



HAL
open science

De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie. Evolution des techniques et des structures de charpenterie aux XIIe-XIIIe siècles.

Frédéric Epaud

► **To cite this version:**

Frédéric Epaud. De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie. Evolution des techniques et des structures de charpenterie aux XIIe-XIIIe siècles.. Publications du CRAHM, Caen, pp.624, 2007. halshs-00368122

HAL Id: halshs-00368122

<https://shs.hal.science/halshs-00368122>

Submitted on 24 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DE LA CHARPENTE ROMANE À LA CHARPENTE GOTHIQUE EN NORMANDIE

1^{re} édition 2007, 2^e édition non révisée 2011

© Publications du CRAHM

ISBN : 978-2-902685-81-3

Première de couverture :

En haut, charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux (Calvados) lors de sa restauration en 1998

En bas, charpente de la grange de la commanderie Sainte-Vaubourg au Val-de-la Haye (Seine-Maritime)

Quatrième de couverture :

Assemblage de pied de ferme principale, grange Saint-Lazare de Beauvais (Oise)

Frédéric ÉPAUD

DE LA CHARPENTE ROMANE À LA CHARPENTE GOTHIQUE EN NORMANDIE

Évolution des techniques et des structures
de charpenterie aux XII^e-XIII^e siècles

Avec la collaboration de Vincent Bernard et Yannick Le Digol
pour le chapitre « Le bois : de la forêt au chantier »

À mes parents

REMERCIEMENTS

CET OUVRAGE constitue l'aboutissement d'une thèse soutenue en 2002 à l'université de Rouen, complétée de travaux de recherche récents. Mes remerciements s'adressent en premier lieu à Mme Anne-Marie Flambard Héricher, professeur d'histoire et d'archéologie médiévales à l'université de Rouen, qui m'a encadré durant le doctorat et a dirigé cette publication. Par sa perspicacité et la justesse de ses conseils, elle a su m'apporter durant ces nombreuses années le soutien moral et la détermination nécessaires à l'accomplissement de ce travail. Je lui en suis profondément reconnaissant.

Je tiens également à témoigner ma reconnaissance à M. Yves Lescroart, inspecteur en chef des Monuments historiques, qui m'a permis d'étudier en 1997, pour ma maîtrise, les charpentes de la cathédrale de Rouen et qui a depuis fortement contribué à la poursuite de mes travaux dans ce domaine de recherche.

J'ai eu la chance de rencontrer Vincent Bernard, chercheur au CNRS, et Yannick Le Digol, responsable du laboratoire DENDROTeck de Rennes, et de collaborer avec eux pour la première partie de ce volume et pour l'analyse dendrochronologique de nombreuses charpentes traitées ici. Leur compétence et leur exigence de qualité ont été pour moi inestimables durant toutes ces années de travail en commun.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude à M. François Fichet de Clairfontaine, conservateur régional de l'archéologie de

Basse-Normandie, qui s'est fortement investi dans cette publication. Je remercie aussi vivement Vincent Bernard pour l'aide matérielle qu'il a affectée à l'édition de ce livre. De même, les nombreuses analyses dendrochronologiques ont pu être réalisées grâce au soutien financier de la Conservation régionale des Monuments historiques de Haute-Normandie, du Service régional de l'archéologie de Basse-Normandie et du Centre de recherches sur les Monuments historiques, qu'ils en soient ici remerciés.

Durant mes années de doctorat et bien après, Sandrine Dutheil a été pour moi d'un soutien moral inappréciable, tant pour ses encouragements que pour les relectures du manuscrit et je tiens à lui manifester ici mon estime la plus fidèle. Mes remerciements les plus vifs vont aussi à Claudine et Christophe Dutheil, ainsi qu'à Michèle Baron pour les corrections apportées à ma thèse.

J'adresse toute ma sympathie et ma reconnaissance la plus sincère à Micaël Allainguillaume et Adrien Dubois des Publications du CRAHM qui ont consacré bien plus que leur temps et leurs compétences au laborieux travail de mise en page et de corrections de cet ouvrage.

L'étude des charpentes n'aurait pu être possible sans l'accord des propriétaires des édifices concernés, qu'ils soient privés ou publics, et je tiens à les assurer de ma profonde reconnaissance.

INTRODUCTION

LE BOIS occupe en Normandie une place fondamentale aussi bien dans le paysage que dans l'architecture. Les relations que les hommes ont tissées avec le bois, matériau privilégié pour le chauffage, la construction, l'outillage, le mobilier, ou les arts notamment, ont marqué profondément les traditions, l'artisanat et les savoir-faire. Le témoignage fourni par les nombreuses constructions médiévales en bois est sur ce point éloquent, malgré les remaniements subis au cours des multiples restaurations et la rareté des vestiges antérieurs au ^{xv}^e siècle. Notre perception de ce paysage architectural médiéval reste toutefois limitée aux très rares travaux de recherche réalisés sur ces constructions. Le peu d'engouement des chercheurs vis-à-vis de l'architecture en bois peut être attribué à la difficulté d'appréhender ces structures transformables à souhait, parfois transportables, au fait qu'elles sont souvent dissimulées, à l'absence d'éclairage des combles, aux problèmes d'accessibilité ou encore à la réticence de certains propriétaires à ouvrir la porte de leurs intérieurs. Le dénigrement du bois serait aussi propre à notre culture latine¹, plus portée sur les constructions de pierre, contrairement aux pays de cultures nordiques ou slaves qui érigent encore aujourd'hui des églises en bois sculptés. Par ailleurs, les techniques de relevé et d'analyse des charpentes font appel à une méthodologie toute différente de celle utilisée pour les élévations de pierre. L'exercice de réflexion et d'analyse structurelle doit faire appel à des notions de statique

propre aux caractéristiques du bois, qui sont très éloignées de celles des édifices maçonnés et dont la maîtrise réclame un minimum de travaux pratiques en charpenterie.

L'objectif de ce livre est d'offrir un aperçu aussi large que possible de l'architecture médiévale en bois en Normandie à travers l'étude archéologique des charpentes les plus anciennes encore en élévation. Selon le glossaire de l'*Encyclopédie des Métiers* des Compagnons charpentiers, le terme de charpente désigne tout ensemble de bois composant l'ossature des combles et la structure des constructions fixes ou mobiles, définitives ou provisoires, et destinées à soutenir des surfaces horizontales, inclinées ou verticales². Ce travail respectera cette définition et se portera donc sur l'étude des charpentes de comble à deux versants, des croupes, des structures à poteaux porteurs comme les granges et les halles, des toitures en appentis, des pans-de-bois et des beffrois. Il abordera également les chaînages en bois noyés dans les maçonneries et destinés à raidir les murs des tours et des églises. Notre intérêt se portera également sur les techniques liées à la conception et la mise en œuvre de ces charpentes afin d'apprécier, d'une part, les outils intellectuels et matériels dont disposaient les charpentiers et pour comprendre, d'autre part, la forme de ces structures, leurs assemblages et le processus de leur évolution.

L'actuelle Normandie, issue de ses délimitations historiques, constitue le cadre géographique idéal pour une telle étude.

1. HUNOT 2001, p. 5.

2. LE PORT 1979, p. 34.

L'architecture romane et gothique de ses monuments manifeste, dans la composition des façades ou la sculpture, un style propre et témoigne d'une certaine originalité artistique dans le domaine de la construction du XII^e au XIII^e siècle. C'est en suivant le fil évolutif de cette architecture normande que l'on tentera de comprendre l'évolution des charpentes, dans un contexte monumental bien déterminé tant sur le plan stylistique que géographique. Cette province regroupe un nombre de charpentes suffisant pour permettre une étude portant sur les deux régions, sans pour autant prendre le risque de tomber dans les écueils du régionalisme ou de la généralisation. Dans l'état actuel des connaissances, l'évolution des techniques de charpenterie ne saurait être appréhendée pour la France entière sans une exploration en profondeur au préalable de leurs conditions d'application dans chaque région, liées aux traditions constructives locales, à l'histoire et l'économie du terroir, à la disponibilité des matériaux, à la richesse des maîtres d'ouvrage, etc. Une technique peut n'être diffusée que deux siècles après son invention, en fonction de la faveur du contexte. Une approche historique de chaque site étudié permettra d'apprécier les conditions d'expérimentation de ces techniques et le contexte territorial de leur diffusion. Le recours aux datations dendrochronologiques sera évidemment nécessaire à l'obtention d'étalons précis dans l'évolution chronotypologique des charpentes et lorsque les analyses le permettront, de données sur la gestion du milieu forestier d'où provient le bois.

Les charpentes étudiées ont été mises en place du XII^e siècle à la fin du XIII^e siècle. Le début de cette période est fixé par les témoins les plus anciens connus à l'heure où nous écrivons ces lignes. Le *terminus* est quant à lui déterminé par un palier bien marqué dans l'évolution des charpentes, correspondant à une maturité structurelle et à l'aboutissement d'un développement caractérisé par la mise au point dans la seconde moitié du XIII^e siècle de l'ensemble des types de charpente qui seront utilisés par la suite jusqu'à la fin du Moyen Âge en Normandie. Ces structures ne connaîtront aux XIV^e et XV^e siècles que très peu de modifications. Il faut attendre la seconde moitié du XVI^e siècle et surtout le XVII^e siècle pour voir apparaître de nouvelles formes de charpente avec un renouveau des structures, des assemblages et des techniques de marquage des bois. Par ailleurs, les XII^e-XIII^e siècles correspondent en Normandie à la transition entre l'architecture romane et l'architecture gothique. On s'efforcera donc de suivre et de comprendre l'évolution des charpentes en fonction de celle de ses supports maçonnés, afin de discerner un éventuel déterminisme, un lien direct ou indirect de cause à effet dans le processus de transformation des structures de comble et des techniques de charpenterie avec l'avènement de l'architecture gothique.

Historique des recherches en France

Le premier travail d'envergure est celui entrepris par Eugène Viollet-le-Duc entre 1854 et 1868 dans son *Dictionnaire raisonné de l'architecture française*³. Bien que les idées avancées par cet auteur paraissent aujourd'hui dépassées, les illustrations demeurent une source de références autant sur le plan didactique qu'esthétique. Il faut attendre soixante ans pour qu'un nouveau travail de synthèse renouvelle la discipline avec l'article d'Henri Deneux sur l'évolution des charpentes du XI^e au XVIII^e siècle publié dans la revue *L'Architecte* en 1927. Bénéficiant d'un corpus plus fourni, cette étude définit pour la première fois les principales étapes d'une évolution chronologique selon un schéma linéaire et cohérent. Il est réédité en 1982 et 1984 par le Centre de recherches sur les Monuments historiques complété de nouveaux plans.

Le volumineux travail de Marcel Le Port réalisé pour l'*Encyclopédie des Métiers* approfondit considérablement les connaissances grâce au regard professionnel qu'il porte sur la charpente et notamment sur l'art du trait, en complément là encore de nouveaux relevés.

Dans le cadre régional, les études sont plus nombreuses. Raymond Quenedey est le premier à publier en 1926 une étude complète sur l'habitation rouennaise en traitant le pan-de-bois avec la charpente du comble du Moyen Âge jusqu'au XIX^e siècle. Des articles isolés témoignent de l'engouement des sociétés savantes pour ce sujet, le plus souvent dans le cadre d'études monographiques comme celle de Marcel Aubert qui travaille sur la charpente de la cathédrale Notre-Dame de Paris en 1945 ou celle de Jules Viatte qui s'intéresse en 1913 aux charpentes combinées aux arcs diaphragmes.

Il faut attendre les années 1970 pour voir réapparaître une certaine émulation dans cette discipline, plus imprégnée d'une vision régionaliste. De 1974 à 1977, Luc-Francis Genicot publie sur les charpentes du XI^e au XIX^e siècle en Wallonie, à la frontière belge. Avec les études sur le Quercy dès 1982, Jean-Luc Obereiner et Christian Lassure inaugurent une nouvelle approche à travers l'architecture vernaculaire en bois et l'analyse de techniques archaïques supra-régionales. De même, dans l'Oise à partir de 1981, la vision ethnologique des travaux de François Calame permet de définir une approche pluridisciplinaire des charpentes. L'étude du transport et du flottage du bois par Marie-Louise Fanchamps en 1966 et Léon Marquet en 1973, les études de tracéologie de Bernard Grenouiller en 1993 et celles de Pierre Mille entreprises dès 1992 sur l'ethnoarchéologie du bois vont dans ce sens. Cette spécialisation tend à s'affirmer dans les années 80 et 90 avec l'étude des particularismes techniques de l'archi-

3. Voir références en bibliographie.

ecture de bois comme celui des pans-de-bois en Normandie analysés par Yves Lescroart ou à Tours par la Société archéologique de Touraine, des assemblages par Manfred Gerner, des sablières sculptées de Bretagne par Sophie Duhem, des techniques liées à la construction par Anne Prache ou des échafaudages en bois par Nicolas Reveyron.

L'approche archéologique alimente à partir des années 1980 les réflexions portant sur l'architecture civile médiévale. L'ouvrage de Jean Chapelot et Robert Fossier sur le village et la maison au Moyen Âge initie cette démarche en réunissant le résultat de nombreuses fouilles. Quelques découvertes majeures comme celles de Charavines dans l'Isère ou plus récemment Pineuilh en Gironde sur des habitats en bois de l'an Mil mettent en évidence l'intérêt de considérer autrement l'architecture en bois en prenant en compte la complexité des structures de fondations, des problèmes statiques des superstructures en bois combinés pour la première fois avec une étude dendrochronologique exhaustive de toutes les pièces architecturales. En Normandie, les fouilles de Jacques Le Maho sur les habitats seigneuriaux des XI^e-XIII^e siècles ont permis d'étendre ce champ d'application tout en définissant les limites et les difficultés de reconstitution des élévations. Dans ce cadre archéologique, l'intérêt pour les matériaux de couverture a commencé à se manifester à travers des articles comme celui de Michel de Bouïard en 1965, puis dans les années 80-90 avec Danuta Molenda pour le plomb ou de Louis Voisin et de Christelle Robin pour les schistes ardoisiers. Ce thème est depuis récurrent dans les études de chantiers du bâtiment comme celles menées par Philippe Lardin en 1995 sur la Normandie orientale ou par Denis Cailleaux en 1999 sur le chantier de la cathédrale de Sens. D'autres orientations ont été suivies depuis 1990 dans le cadre des Monuments historiques par l'architecte en chef Jean-Louis Taupin pour la datation des tuiles et la restitution des couvertures médiévales sur des édifices classés.

Les techniques de datation du bois ont été tardivement appliquées à l'étude des charpentes en France comparée à l'Angleterre, la Belgique, la Suisse ou l'Allemagne. Les premiers travaux de dendrochronologie en France ont été menés dès 1966 dans le Bassin parisien par Madame Leboutet, suivis par ceux d'Yvonne Trénard au sein du CRAM à Caen jusqu'au démantèlement du laboratoire en 1987 et au Centre Technique du Bois à Paris. La première chronologie française sur le chêne paraît en 1985 grâce aux travaux d'Yvonne Trénard et de Jean-Louis Duchateau. Poursuivies au Laboratoire d'Expertise d'Objets d'Art Perrault à Versailles, ces recherches permirent d'étendre la chronologie dans le temps et aux provinces avoisinantes telles l'Oise, la Picardie et la Normandie. L'application de cette science à l'étude du bâti s'est développée surtout avec le laboratoire de Chrono-Écologie de Besançon avec les travaux de Georges-Noël Lambert et de Christian Lavier. Parallèlement, de nouveaux champs de recherche sont explorés comme celui de la dynamique et de la gestion du

couvert forestier par Vincent Bernard du CNRS dont les travaux récents ont permis de dresser un nouveau référentiel dendrochronologique de plus 2300 ans sur le Bassin parisien.

Auteur en 1989 d'une thèse sur l'évolution des toits à deux versants dans le Bassin mosan en Belgique, Patrick Hoffsummer confronte la dendrochronologie avec l'étude historique des charpentes et étend ses travaux au nord de la France. À partir des années 90, l'apport de la dendrochronologie permet à de nombreux médiévistes de s'investir plus avant dans l'archéologie du bâti tels Christian Sapin, Benjamin Saint-Jean Vitus, Pierre Garrigou-Grandchamp ou Jean-Denis Salvègue en Bourgogne. Elle permet d'affiner l'analyse de certains aspects de l'architecture régionale comme en Bretagne depuis 1986 avec les travaux de Gwyn Meirion-Jones, Michaël Jones et Frédéric Guibal ou en Normandie avec les travaux d'Edward Impey sur l'habitat seigneurial. Toutefois, les corpus d'études de maisons médiévales tel celui d'Yves Esquieu et Jean-Marie Peséz, publié en 1998, laissent encore transparaître des lacunes concernant l'étude du pan-de-bois et des charpentes de comble face à leur datation typologique.

L'ouvrage publié par les éditions du Patrimoine en 2002 sur l'évolution des charpentes du XI^e au XIX^e siècle en France du nord et en Belgique regroupe environ 300 relevés de charpentes recueillis par le Centre de recherches sur les Monuments historiques, accompagnés de datations dendrochronologiques et de quelques études monographiques. Ce corpus de référentiels constitue un outil de travail incontournable pour des études comparatives même si l'ouvrage souffre d'une approche typologique à travers une classification généraliste des formes.

Cette ouverture de la discipline aux approches pluridisciplinaires, la confrontation des textes aux données dendrochronologiques et l'emploi des techniques de relevés archéologiques appliquées aux charpentes contribuent à produire dès les années 90 de véritables études exhaustives de charpente comme les travaux de Jean-Yves Hunot sur les charpentes en Anjou qui apportent enfin un véritable regard archéologique sur cette discipline. Les monographies de Daniel Bontemps sur des charpentes des XI^e-XIII^e siècles en Val-d'Oise, Maine-et-Loire et en région Centre publiées en 1984, 1995 et 2002 constituent une véritable référence en la matière pour la pertinence des interprétations et la qualité des relevés.

Un éclatement pluridisciplinaire s'est donc opéré depuis les années 80 dans la recherche en France sur les charpentes médiévales donnant naissance à diverses spécialisations comme en témoigne la multiplication des colloques autour du thème du bois comme ceux tenus à Tours en 1985 sur *Le bois dans la Gaule romaine*, à Saint-Cloud en 1988 sur *Le bois et la ville du Moyen Âge au XX^e siècle*, à Rouen en 1993 sur *Le bois dans l'architecture* ou à Lons-le-Saunier en 1997 sur *Le bois dans le château de pierre*

au Moyen Âge. La prise en compte des charpentes dans l'étude archéologique du bâti est désormais acquise grâce notamment aux développements de la dendrochronologie même s'il apparaît que les spécialistes de cette nouvelle discipline sont encore peu nombreux, en comparaison à ceux du bâti en pierre.

Historique des recherches en Normandie

Arcisse de Caumont, dans sa *Statistique monumentale du Calvados* publiée à partir de 1846, est le premier archéologue à s'intéresser aux charpentes dans ses analyses d'édifices médiévaux. Bien que ses descriptions de charpentes soient rares et limitées à quelques monuments, il témoigne déjà de l'intérêt de considérer la charpente d'un comble comme partie indissociable de l'étude d'un édifice.

L'attention portée à l'architecture romane au début du XX^e siècle a incité certains archéologues comme Jules Viatte à se pencher sur les charpentes apparentes notamment à l'abbaye de Jumièges dans un article publié en 1913. Cette courte étude n'apporte cependant aucune réponse crédible au problème posé par cet édifice et met surtout en relief les lacunes en matière de connaissances des techniques de charpenterie médiévales.

Ces lacunes vont être en partie comblées à partir de 1911 grâce aux travaux de Raymond Quenedey sur le pan-de-bois et les charpentes de comble des maisons rouennaises qui sont les premiers à aborder sérieusement le problème des structures en bois avec un essai de typologie, des relevés et un important travail de recherche d'archives sur la terminologie de charpenterie. Toutefois, les charpentes étudiées ne sont pas antérieures au XV^e siècle et la plupart des interprétations ainsi que les datations typologiques demeurent encore très subjectives.

Il faut attendre 1973 pour voir apparaître un regain d'intérêt pour l'étude des charpentes avec un mémoire de maîtrise sur les granges monastiques médiévales du Calvados soutenu à Paris IV par Élisabeth Cazenave. La question de la charpente y est abordée aussi bien en termes technique que sur l'aspect du plan et du volume. La qualité de ce travail, malheureusement non publié, prévaut aussi bien par la rigueur du raisonnement, les nombreuses références historiques que par la qualité des plans et des dessins.

Le pan-de-bois n'a éveillé l'attention que de très peu d'archéologues et d'historiens de l'art. C'est à Yves Lescroart, alors conservateur des Monuments historiques, que revient le mérite d'avoir mis en évidence, dès 1980, la diversité et la richesse de cette architecture tant sur le plan artistique que sur le plan structurel et technique. Sa contribution sur l'encorbellement, les bois longs et les bois courts, constitue une référence incontournable pour saisir toute la complexité et les difficultés d'interprétation de

cette architecture. Bien que ses travaux soient le plus souvent orientés sur les XV^e-XVI^e siècles, ses études de deux charpentes rouennaises d'édifices civils de la fin du XII^e-début du XIII^e siècle publiées en 1991 et 1995, avec l'archéologue Dominique Pitte, représentent la première véritable ébauche de travail sur notre sujet pour la Normandie. Ces travaux seront d'ailleurs exposés et analysés en partie dans cet ouvrage.

Pour les XI^e-XIII^e siècles, quelques travaux ponctuels ont récemment vu le jour. La thèse de Michel Miguet, publiée en 1995, sur les templiers et hospitaliers en Normandie, mentionne quelques charpentes des XII^e-XIII^e siècles d'églises et de granges céréalières dans le Calvados, l'Eure et la Seine-Maritime avec une approche descriptive toujours prudente en raison de l'absence de datation dendrochronologique. De même, l'article d'Edward Impey, Nat Alcock et Lynn Courtenay publié en 1997 sur la charpente romane de l'église abbatiale Saint-Georges de Boscher-ville constitue une référence qui sera nécessairement réétudiée dans cet ouvrage.

Les fouilles archéologiques entreprises par Jacques Le Maho depuis 1975 sur les habitats seigneuriaux des XI^e-XII^e siècles à Mirville, Notre-Dame-de-Gravenchon, Saint-Martin-de-Boscher-ville en Seine-Maritime et à Appeville-Annebault dans l'Eure par François Fichet de Clairfontaine ont mis au jour nombre de bâtiments à ossature en bois dont la synthèse a été publiée en 1985 puis en 1997 dans les actes du colloque sur *L'Architecture normande au Moyen Âge*. Par ailleurs, les rapports de fouilles préventives d'habitats ruraux en bois des X^e-XII^e siècles, notamment des sites de Bouaffles dans l'Eure ou d'Argentan dans l'Orne, éclairent notre perception d'une architecture vernaculaire qui n'a laissé aucun témoignage en élévation mais dont les traces au sol témoignent d'une grande diversité dans les plans d'édifice et les modes de cloisonnement.

Autre aspect du bois dans l'architecture monumentale, les chaînages présents dans les murs romans ont été abordés succinctement dans une courte étude entreprise par Dominique Pitte, Paola Caldéroni et Jean-Paul Brabant sur le donjon de Brionne, en 1998. Ils témoignent d'une technique de construction répandue dans la France entière, en Angleterre comme en Allemagne, mais que l'on commence seulement à comprendre et à observer.

Enfin, les publications du Centre de recherches sur les Monuments historiques ont présenté en 1982 les plans de charpentes des cathédrales de Lisieux et de Bayeux, réalisés en 1944, et de Rouen exécutés en 1917. Malgré nos recherches – concrétisées par un mémoire de maîtrise soutenue en 1998 à l'université de Rouen et par la publication d'un article dans *Archéologie Médiévale* en 2001 – ces dessins, réédités en 2002, conservent leurs erreurs d'interprétation concernant la charpente de Rouen. La lecture de toutes ces publications met en évidence très clairement les lacunes concernant nos connaissances des

charpentes médiévales en Normandie. Ces travaux sont rares et pour la plupart isolés dans des études monographiques. Faute de référentiels normands, leurs auteurs sont contraints de ne les analyser qu'en comparaison à des modèles extrarégionaux, voire dans certains cas en l'absence de tout référentiel. Cet état de fait oblige le plus souvent les chercheurs à limiter leurs études à un simple descriptif des structures, sans analyser le marquage des bois, les traces d'établissement pas plus que les nombreux indices archéologiques qui permettent de faire une lecture complémentaire de l'édifice.

Présentation des sources, démarches et buts

Nos sources concernent les charpentes des XII^e et XIII^e siècles conservées en élévation en Normandie. Elles regroupent les structures les plus anciennes connues dans l'état actuel de notre recensement, qu'elles soient en place ou à l'état de réemploi. Notre approche vis-à-vis de ces structures est d'ordre archéologique et historique dans le sens où elle répond, d'une part, aux techniques d'étude associant les relevés, la tracéologie et l'expertise dendrochronologique et, d'autre part, à l'étude des textes. Cependant, l'apport des sources manuscrites pour l'étude des techniques de charpenterie antérieures au XIV^e siècle est extrêmement limité. Nous retiendrons bien sûr les archives qui documentent l'histoire des monuments étudiés dans la mesure où elles permettent d'en comprendre la chronologie. Pour certains aspects de la charpenterie médiévale postérieure au XIII^e siècle, nous nous intéresserons à certains textes, notamment des comptes de chantiers comme ceux très fournis de la fabrique de la cathédrale de Rouen. Concernant les représentations iconographiques qui peuvent alimenter la réflexion sur notre sujet et notre période, nous nous attarderons particulièrement sur les dessins de Villard de Honnecourt, certains vitraux et la *Tapisserie de Bayeux*. Des enluminures des XV^e-XVI^e siècles serviront aussi à illustrer notre propos sur des techniques qui ont perduré au-delà du XIII^e siècle.

Tous les témoignages archéologiques de bâtiments repérés par des trous de poteau sont exclus de nos sources. Ce travail de collecte et d'interprétation a déjà été accompli en partie par Jacques Le Maho et publié en 1997⁴. Par ailleurs, les méthodes d'approches et d'analyses de ces traces sont très éloignées de celles destinées aux bois en élévation. Leur étude ne peut donc être confondue avec celle du bâti même si parfois quelques plans de bâtiments, révélés par l'implantation des trous de poteau, serviront à déterminer l'origine et l'évolution de certaines techniques structurelles.

Le recensement des charpentes des XI^e-XIII^e siècles en Normandie, entrepris en 1998⁵, a révélé l'étonnante richesse du patrimoine normand et l'importance du travail de prospection qui reste encore à accomplir pour les inventorier de façon exhaustive. Début 1998, sept charpentes des XII^e-XIII^e siècles étaient officiellement recensées en Normandie à travers des dessins d'Henri Deneux, des publications du Centre de recherches sur les Monuments historiques (cathédrales de Lisieux, Rouen et Bayeux), des rapports de dendrochronologie recueillis dans les dossiers de restauration des Conservations régionales des Monuments historiques (cathédrale de Bayeux), de photos provenant de dossiers des Inventaires du patrimoine (église Saint-Hilaire de Quatremare et grange du Val-de-la-Haye) et d'articles⁶ (église Saint-Georges de Boscherville, maisons au n° 18 rue Saint-Romain et rue Malpalu à Rouen). En juin 1999, après une année complète de prospection, plus de 40 charpentes différentes des XI^e-XIII^e siècles ont été identifiées en Normandie orientale et occidentale. La collecte de ces données a été grandement facilitée par les conseils et les précieuses recommandations d'Yves Lescroart, actuellement inspecteur général des Monuments historiques, qui a une connaissance très étendue du patrimoine architectural normand. Ces prospections n'ont cependant pas été exhaustives et de très nombreux bâtiments médiévaux n'ont pu être visités. Pour compliquer la tâche, des charpentes anciennes intactes peuvent se trouver aujourd'hui dans des bâtiments entièrement remaniés comme la charpente du XII^e siècle de la léproserie de Gravigny dans l'Eure qui se trouve dans le comble d'un édifice d'apparence du XVI^e siècle. Citons aussi l'exemple du bâtiment conventuel du prieuré de Sauseuse dans l'Eure dont les façades en plâtre du XVIII^e siècle dissimulent l'ossature complète d'un édifice en bois du XIV^e siècle, sur deux niveaux avec une charpente de comble en place. L'exemple le plus étonnant demeure celui du logis de l'abbaye de Saint-Amand à Rouen dont la façade en plâtre du XVIII^e siècle dissimulait jusqu'en 1984, sur une hauteur de trois étages, un pan-de-bois du XIII^e siècle avec une charpente voûtée d'origine dans le comble.

Il est dès lors difficile de dresser un inventaire exhaustif des charpentes médiévales car cela réclamerait un travail de prospection étalé sur plusieurs années. Par ailleurs, de nombreuses charpentes restent difficiles à appréhender comme les beffrois de clochers qui ne présentent pas d'assemblage caractéristique, les pans-de-bois qui sont difficilement datables en l'absence d'analyses dendrochronologiques et de même, en milieu rural, les nombreux témoins de l'architecture vernaculaire comme certaines chaumières qui, derrière une apparence anodine, remontent parfois au XV^e siècle.

4. LE MAHO 1997.

5. ÉPAUD 1999.

6. IMPEY, ALCOCK et COURTENAY 1997 ; PITTE et LESCROART 1991 et 1995.

La sélection des charpentes étudiées dans cet ouvrage s'est fondée sur plusieurs critères. Le premier repose évidemment sur la conjonction de caractères structurels déterminants (absence de contreventement, de triangulation, forme des assemblages, équarrissage des bois, marquage des assemblages, section des bois, etc.). Le deuxième critère s'appuie sur les datations dendrochronologiques qui se sont parfois avérées indispensables pour des charpentes d'apparences tardives comme celles de la grange de Heurteauville et de l'abbatiale de Fécamp qui pouvaient se confondre avec des réalisations des XV^e-XVI^e siècles. Enfin, le recours aux textes d'archives n'a malheureusement jamais servi à dater précisément une charpente mais, dans certains cas, a contribué à orienter notre attention vers une fourchette chronologique comme pour l'église de Neuf-Marché, bien documentée pour les XI^e-XII^e siècles.

Dans le cadre de ce travail, plus de cinquante charpentes ont fait l'objet d'une analyse dendrochronologique. Plusieurs d'entre elles se sont révélées postérieures au XIII^e siècle et ont donc été exclues de cet ouvrage. Ces expertises ont été financées par la Conservation régionale des Monuments historiques de Haute-Normandie, le Centre de recherche sur les Monuments historiques (cathédrale de Bayeux, Chanu, Val de la Haye, Crouttes, Bonport et Sainte-Marie-aux-Anglais) dans le cadre de la publication du second volume sur les charpentes du XI^e au XIX^e siècle⁷, et le Service régional d'archéologie du Calvados. Elles ont été réalisées pour la plupart par le laboratoire CNRS de l'UMR 6566 de Rennes, et pour quelques autres par le CEDRE de Besançon (Crouttes, Sainte-Marie-aux-Anglais), Archéolabs (cathédrale de Bayeux) et le laboratoire CNRS de l'UMR 6565 de Besançon (cathédrale de Rouen).

Notre corpus comprend 49 charpentes étudiées dont deux en réemploi et deux disparues mais analysées tout de même à partir de documents graphiques ou photographiques antérieurs à la destruction. Sur ces 49 charpentes, 40 sont datées par dendrochronologie. Ces charpentes regroupent des structures de combles à deux versants, à comble fermé ou apparentes, voûtées ou à plafond, sur poteaux porteurs ou sur murs gouttereaux, des croupes polygonales et rondes, des appentis, un beffroi et un pan-de-bois. Elles représentent l'ensemble des structures en bois des XII^e-XIII^e siècles recensées à l'heure actuelle en Normandie (fig. 1). Seuls quelques éléments réemployés de charpente, atrophiés et inexploitable, n'ont pas été étudiés.

À partir des observations archéologiques tirées de l'étude des charpentes de ce corpus et des expertises dendroarchéologiques réalisées par le laboratoire de Rennes, on abordera dans un premier volet, en collaboration avec Vincent Bernard, les questions qui traitent de la sylviculture aux X^e-XIII^e siècles.

À travers des exemples précis, nous tenterons de comprendre certains aspects de la gestion sylvicole, du potentiel forestier et de l'approvisionnement des chantiers en bois d'œuvre. Cette approche dendroarchéologique permettra, en partie, de définir le contexte écologique dans lequel se tenaient les chantiers de charpenterie aux XII^e-XIII^e siècles, à savoir la production des bois d'œuvre (traitement sylvicole des chênaies, cycles d'exploitation forestière), leur prélèvement (sélection sur pied, abattage, transport) et leur mode d'emploi selon leur physiologie (bois de bodge, bois tors, bois vert...).

Dans un deuxième volet, nous nous intéresserons aux différentes techniques de mise en œuvre des bois, de la taille au sol au levage définitif sur les murs. Pour cela, on tentera de déchiffrer les traces laissées sur ces bois afin de suivre et de comprendre le déroulement des multiples opérations du chantier. Ainsi, à partir des restitutions de tracés d'épure, nous tenterons de percevoir le processus de conception et de création des charpentes. L'analyse des marques d'assemblage et de leur implantation sur les bois autorisera dans certains cas l'identification des modes de marquage des différentes équipes de charpentiers, ce qui nous permettra de comprendre l'organisation des chantiers et le partage des tâches entre ces équipes pour la réalisation d'une charpente. L'approche tracéologique nous renseignera sur les types d'outils utilisés pour la taille des bois, des assemblages ou le tracé des assemblages. Les observations portées sur le chevronnage des traces du lattis de couverture serviront à l'analyse des modes de couverture des édifices pour la période qui nous intéresse.

À la suite de ces données, nous tenterons de suivre l'évolution architecturale des structures des charpentes du XII^e au XIII^e siècle. À partir des plus anciens témoins conservés en élévation en Normandie et sur ses marges, nous chercherons à définir les principes fondamentaux qui régissent la conception et la composition des charpentes romanes ainsi que leurs principales caractéristiques, tant sur le plan des assemblages que sur celui de la répartition des charges, de la pente des toits ou des plafonds apparents. Nous essayerons de comprendre comment, avec l'avènement du gothique en Normandie dès le XII^e siècle, les charpentes se sont adaptées à la mise en place de la travée dans les édifices comme au développement des voûtes maçonnées. Les modifications des assemblages, de la pente des toits et de l'espacement des fermes retiendront également notre attention. Les défauts de conception et les archaïsmes présents dans certaines structures permettront d'apprécier le degré de compétence de leurs maîtres d'œuvre face à ces innovations et de mesurer ainsi les limites de leur savoir-faire.

Nous nous pencherons enfin sur les perfectionnements de la charpente gothique au XIII^e siècle avec l'adoption de la triangulation, de nouveaux dispositifs de report des charges qui amenèrent ces structures à une plus grande maturité technique et

7. HOFFSUMMER (dir.) 2007.

une meilleure stabilité. Nous tenterons de percevoir le cheminement des progrès accomplis en quelques décennies pour adapter les charpentes à l'évolution d'une architecture en pleine mutation et de saisir à travers ces réalisations la pensée technique des maîtres d'œuvre de charpenterie.

Suite à ces études, nous présenterons les monographies consacrées aux charpentes retenues dans notre corpus et qui ont servi à alimenter ces réflexions. Ces monographies présentent l'étude détaillée de l'histoire de l'édifice, de ses élévations et bien évidemment de ses structures charpentées avec les relevés qui s'y rattachent. Ces analyses sont spécifiques et adaptées à chacune de ces charpentes : les structures les plus riches en informations archéologiques ont été entièrement relevées, pièce par pièce (cathédrales de Rouen, Lisieux, Bayeux, église de Neuf-Marché...) tandis que d'autres, de moindre intérêt ou inaccessibles, ont fait l'objet de travaux moins approfondis, au même titre que les recherches en archives concernant l'histoire de ces édifices. Ce choix s'est opéré surtout en fonction de leur

ancienneté, de la diversité ou de la complexité des techniques mises en œuvre. Les éventuels rapports de parenté pouvant être établis entre plusieurs charpentes ont également retenu notre attention. En effet, une épure similaire entre deux structures ou la présence de plusieurs charpentes distinctes et contemporaines au sein d'un même édifice (comme la cathédrale de Bayeux qui conserve six charpentes mises en place successivement sur 25 ans) revêt un intérêt tout particulier à l'égard des éventuels transferts de technologies entre chantiers. Notre choix s'est porté aussi sur les réemplois de charpentes qui permettent de restituer l'état primitif de la construction comme la nef du XI^e siècle de la cathédrale de Rouen dont ne subsistent plus que les bois réemployés de sa charpente.

Certaines charpentes inaccessibles par leur hauteur ou trop altérées n'ont donc été relevées que partiellement avec le plan, la coupe longitudinale d'une travée et de quelques fermes, en complément de photographies. Il en est de même pour les charpentes qui présentaient peu d'informations archéologiques et dont l'analyse s'est limitée à une simple description.

Pour une bonne compréhension des commentaires qui vont suivre, des renvois aux figures des études monographiques sont souvent nécessaires (exemple : Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 5), lorsque les charpentes de ce corpus sont évoquées. De même, certaines illustrations sont dupliquées dans cet ouvrage afin de limiter ces renvois quand la charpente est abordée sous différents aspects.

Tous les relevés, les tableaux et les photos sont de l'auteur, sauf mention contraire.

Abréviations :

BMR : Bibliothèque municipale de Rouen
BnF : Bibliothèque nationale de France
AD Calvados : Archives départementales du Calvados
AD Eure : Archives départementales de l'Eure
AD Orne : Archives départementales de l'Orne
AD Seine-Maritime : Archives départementales de Seine-Maritime
AMR : Archives municipales de Rouen
Arch. Nat. : Archives nationales de France
CMH : Commission des Monuments historiques
CRMH : Centre de recherches sur les Monuments historiques
GRAPC : Groupe de recherches archéologiques du pays de Caux
SDAP : Service départemental de l'Architecture et du Patrimoine
SRA : Service régional de l'archéologie

LE BOIS : DE LA FORÊT AU CHANTIER

Vincent BERNARD*, Frédéric ÉPAUD et Yannick LE DIGOL**

C E CHAPITRE regroupe l'ensemble des informations tirées de l'analyse des charpentes de notre corpus, menée conjointement sous le regard archéologique et dendrochronologique. Dans cette perspective, cette publication constitue la première approche dendro-archéologique pour l'époque médiévale en France. Cette nouvelle discipline, qui permet d'optimiser au maximum l'information conservée par le matériau-bois, nécessite l'implication des questions archéologiques dans la réflexion dendrochronologique, et réciproquement, la dendrochronologie se doit d'intégrer les observations archéologiques, de même que l'apport des textes anciens. Dans cette vision, il est bien évident que la dendrochronologie, aussi précise soit-elle, ne peut se résumer à une simple datation, comme c'est malheureusement souvent le cas. En revanche, si l'on veut apporter localement des éléments de réponse aux questions du potentiel forestier et suivre les étapes successives de la préparation des bois, de la gestion sylvicole au transport des bois au chantier, il est indispensable de disposer au préalable :

- de relevés archéologiques exhaustifs et critiques des charpentes et des bâtiments étudiés, incluant la mise en évidence des phases de construction, des reprises et des éléments réemployés ;
- des mensurations et des descriptions morphologiques et physiologiques précises des bois architecturaux ;
- d'un relevé des indices de mise en œuvre des structures (marques, traces d'établissage, indices de levage, sens du chevillage, orientation des mi-bois...).

Cette recherche sous-entend qu'un temps énorme doit être consacré à l'analyse des données, mais aussi et surtout au terrain. On ne peut donc pas prétendre réaliser à la fois l'ensemble de ces observations et le prélèvement des échantillons dendrochronologiques en une ou deux journées, de même qu'on ne pourra prétendre faire une étude de charpente sur la seule lecture des marques de charpentier. L'étude des bois normands médiévaux que nous proposons ici résume donc plus de dix ans de recherche conduite sur environ 30 édifices répartis en Haute et en Basse-Normandie (fig. 1), soit 49 charpentes distinctes dont on retrouvera l'essentiel des informations dans les thèses de Frédéric Épaud¹ et Vincent Bernard². Sur ces 49 charpentes, 40 ont pu bénéficier d'une analyse dendrochronologique, réalisée le plus souvent par le laboratoire de l'UMR 6566 à Rennes (fig. 2a et b), mais aussi pour quelques autres par le CEDRE de Besançon et Archéolabs de Saint-Bonnet-de-Chavagne. Ces analyses ont été financées par la Conservation régionale des Monuments historiques de Haute-Normandie, le Service régional d'archéologie de Basse-Normandie et le Centre de recherche sur les Monuments historiques.

* Chercheur CNRS, UMR 6566, Civilisations Atlantiques et Archéosciences, Rennes.

** Laboratoire DENDROTech, Rennes.

1. ÉPAUD 2002.

2. BERNARD 1998.

3. HOFFSUMMER (dir.) 2007.

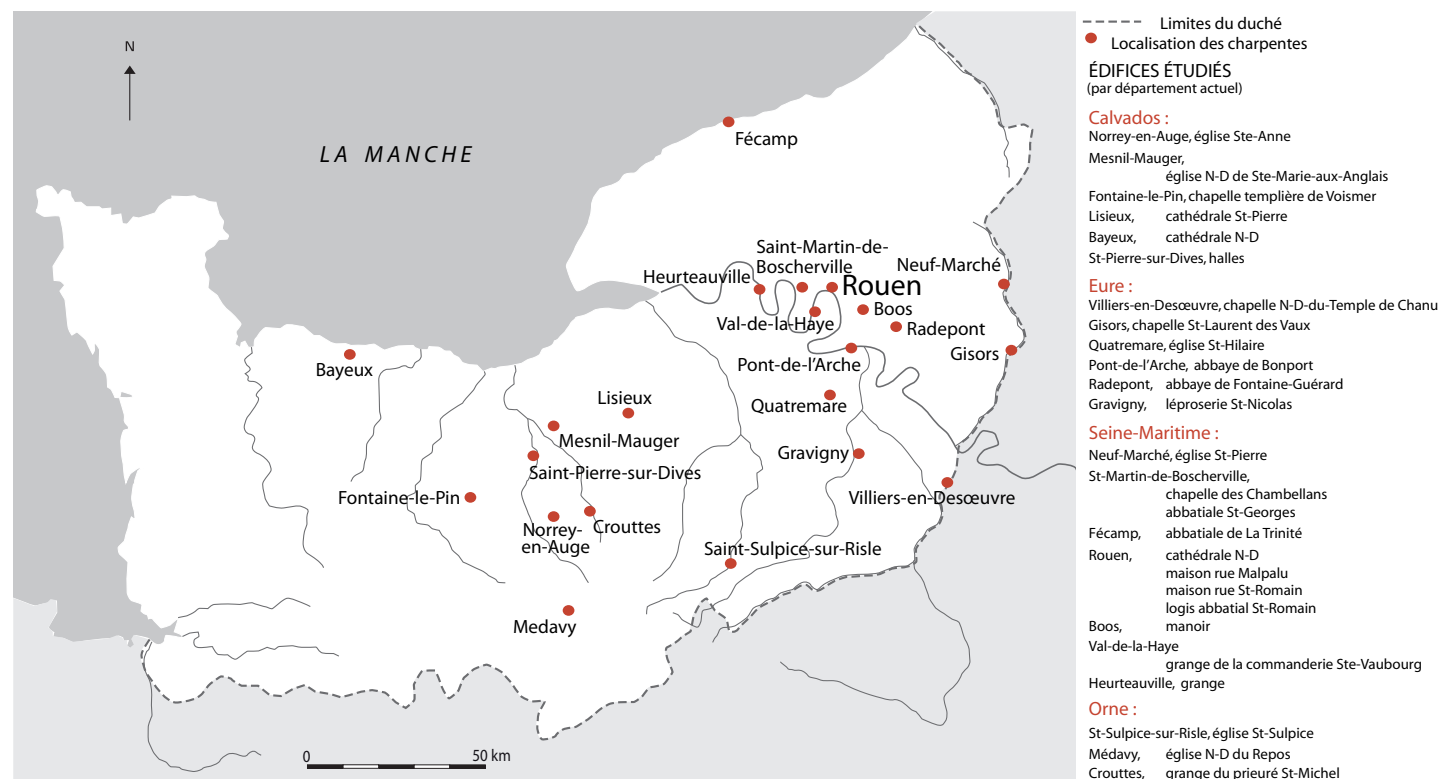


Fig.1 : Carte de localisation des sites étudiés en Normandie.

Morphologie des bois utilisés, évaluation des besoins et des surfaces forestières

À l'exception d'une dizaine de bois débités à la scie dans la charpente du croisillon sud de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d), et des bois fendus à la hache dans la charpente de la chapelle de Chanu (1183-1192d) dans l'Eure, toutes les charpentes des XI^e-XIII^e siècles de ce corpus sont réalisées avec des bois de brin, c'est-à-dire des bois ayant conservé le cœur de l'arbre, équarris à la hache. Chaque long bois nécessite donc l'abattage d'un arbre. Ce mode de débitage, en respectant le mieux la section initiale de l'arbre, donne des pièces de construction bien plus résistantes mécaniquement, que ce soit en flexion, en compression ou en traction, que des éléments fendus, refendus ou sciés. Le fort potentiel forestier, mais surtout les modes de gestion sylvicole (*infra*) développés aux XII^e et XIII^e siècles permettaient d'assurer, en quantité suffisante, cet approvisionnement des chantiers en bois de brin.

Tous ces bois conservent leur aubier et souvent leur écorce, notamment en tête de pièces. Ils comportent aussi de nombreuses flaches⁴ au niveau des arêtes, à tel point qu'il est rare qu'une pièce

présente quatre arêtes vives sur toute sa longueur. Ces flaches témoignent d'un équarrissage minimal au plus près du bois et prouvent que le diamètre des arbres abattus correspondait exactement aux besoins des charpentiers et à la section de la pièce désirée. Si la grume est tordue, l'équarrissage à la hache suit le fil du bois en respectant ses déformations de manière à ne pas trancher les fibres, évitant ainsi que le bois ne se redresse et se déforme. Cet équarrissage minimal permet aussi de réduire le temps de travail de taille ainsi que les pertes de bois.

La sélection de l'arbre sur pied s'effectue donc à partir des mesures précises de la pièce recherchée. Ainsi, le diamètre et la hauteur de l'arbre à abattre sont conditionnés par la section et la longueur de la pièce à façonner. Pour ce qui concerne l'évaluation de la longueur, elle est mesurée à partir d'un mètre environ du pied de l'arbre, car il est dit que le pied est impropre en charpenterie. En réalité, cette coupe en hauteur, qu'induit probablement l'utilisation de la cognée avec un angle d'attaque plus ou moins ouvert selon la section de l'arbre, semble favoriser les rejets de souche et donc la régénération des parcelles forestières exploitées, comme nous le rappelle A. Corvol-Dessert⁵. À la lumière de nos

4. Vestiges de la surface du tronc sous l'écorce.

5. CORVOL-DESSERT 1991.

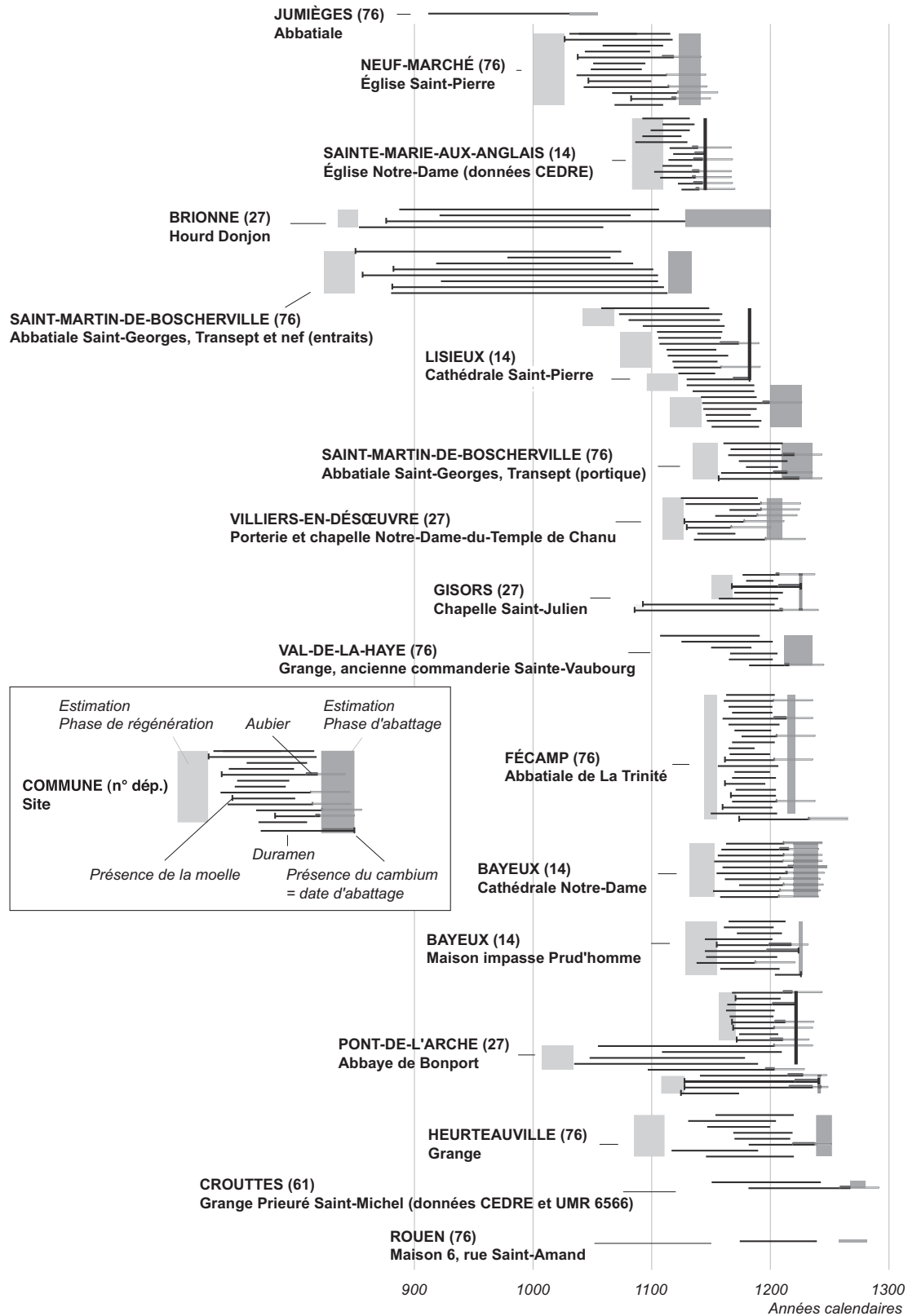


Fig. 2a : Bloc-diagramme des chronologies construites à partir des principales charpentes des XI^e-XIII^e siècles présentées dans cet ouvrage (V. Bernard et Y. Le Digo).

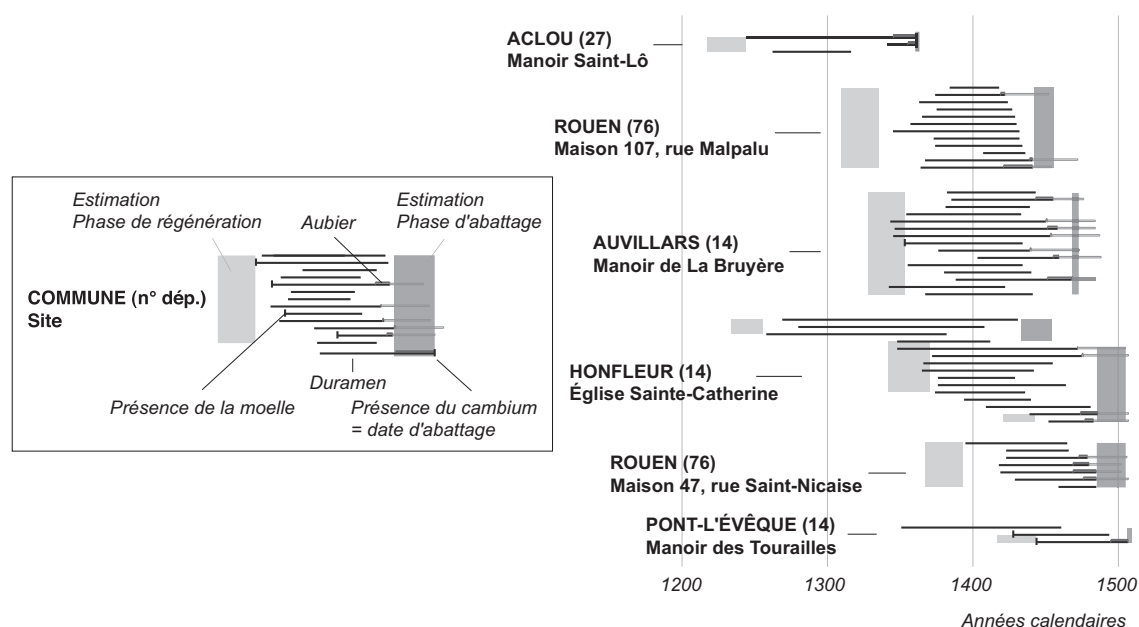


Fig. 2b : Bloc-diagramme des chronologies construites à partir des principales charpentes des XIV^e-XV^e siècles évoquées dans cet ouvrage (V. Bernard et Y. Le Digol).

observations dendrologiques, il est impossible de déterminer à quelle hauteur l'arbre a été coupé. En revanche, l'excentricité de la moelle, chez des bois de brin qui présentent par ailleurs des cernes de croissance supérieurs à 3 mm par an pendant les trente premières années d'existence de l'arbre, ne laisse que peu de doute sur un mode de reproduction par rejet de souche.

L'utilisation de mesures pour la sélection des arbres sur pied permettait donc de répondre précisément aux besoins de la charpente. Cette standardisation des dimensions et le nombre réduit de mesures par charpente rendaient ce travail de sélection plus rapide. Ainsi, on compte en général trois à quatre mesures distinctes par charpente gothique : une pour les entrails, une autre pour les poinçons ou autres fortes pièces et une dernière pour les chevrons et les raidisseurs. Pour les charpentes romanes, deux mesures seulement sont employées, l'une pour les entrails et la seconde pour les chevrons et l'ensemble des raidisseurs. Cette présélection en séries normalisées, parfaitement maîtrisée pour la charpente romane de Neuf-Marché (Seine-Maritime) par exemple avec deux mesures seulement, était indispensable dès lors qu'une structure charpentée était composée d'un nombre élevé d'éléments uniformes et d'une suite homogène de fermes interchangeables. L'abattage des bois, en séries standardisées définies par ces mesures et en quantités préalablement établies par le maître charpentier, permettait également de limiter au strict minimum la consommation en bois d'œuvre.

Les mesures de bois utilisées par les charpentiers peuvent être assimilées dans le domaine de la taille de pierres à des molles ou

patrons qui permettaient, par la standardisation et la fabrication en série des pierres d'appareil et des membres moulurés, de dissocier la taille de la pose. La diffusion de cette méthode de production a entraîné de profonds changements dans l'organisation et le déroulement des chantiers de construction par la réduction des pertes de pierre, du coût de transport, et la généralisation d'un appareil régulier constitué exclusivement d'éléments préfabriqués⁶.

Ces mesures de bois, évoquées en 1144 par l'abbé Suger pour la recherche des douze entrails de la charpente du chevet de l'église abbatiale de Saint-Denis, témoignent de l'utilité de cette pratique pour la sélection des bois par les bûcherons :

M'étant rapidement débarrassé de toutes autres obligations, je partis de très bon matin et me rendis en toute hâte avec nos charpentiers munis des mesures des poutres, à la forêt qu'on appelle Iveline. Comme nous traversions nos possessions de la vallée de Chevreuse, nous fîmes venir les gardiens de nos forêts qui connaissaient aussi très bien les autres forêts et nous leur demandâmes de dire, sur la foi du serment, si nous y trouverions, fut-ce au prix d'un grand travail, des poutres de cette longueur. Ils ne firent que sourire et ils auraient ri s'ils avaient osé ; ils s'étonnaient que nous ne sachions pas que rien de tel ne pourrait être trouvé dans toute la région... Mais

6. KIMPEL 1977, p. 199.

| Édifice | Charpente | Dimensions dans oeuvre en m. | Nombre total de grumes | Proportion de grumes par mesure (diamètre et longueur) | | | |
|---|----------------------------------|------------------------------|------------------------|--|----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | | | | |
| Neuf-Marché, église Saint-Pierre 1127-1133d | Chevrons-formant-fermes (romane) | 5,3 x 6 | 44 | 16 cm 7 m | | 32 cm 8 m | |
| | | | | 82 % | | 18 % | |
| Paris, église Saint-Pierre de Montmartre 1164/1174d | Chevrons-formant-fermes (romane) | 28 x 8,2 | 218 | 18 cm 6 m | | 40 cm 10 m | |
| | | | | 85 % | | 15 % | |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre 1183-1208d | Chevrons-formant-fermes | 100 x 8,4-9,6 | 937 | 22 cm 8,6 m | | 47 cm 10,5 m | |
| | | | | 97 % | | 3 % | |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame 1220-1250d | Chevrons-formant-fermes | 98 x 8,7-9 | 1019 | 22 cm 9 m | 25 cm 9,9 m | 32 cm 8 m | 42 cm 11 m |
| | | | | 56 % | 37 % | 3 % | 4 % |
| Rouen, cathédrale Notre-Dame 1227-1232d | Chevrons-formant-fermes | 130 x 9,8 | 1200 | 22 cm 9,5 m | 24 cm 8 m | 54 cm 11,5 m | |
| | | | | 92 % | 4 % | 4 % | |
| Beauvais, grange de la léproserie Saint-Lazare 1220d | Chevrons-formant-fermes | 47 x 22 | 760 | 24 cm 8,8 m | 38 cm 6,3 m | 70 cm 10,3 m | |
| | | | | 91 % | 8 % | 1 % | |
| Fécamp, église abbatiale de La Trinité 1217-1223d | Mixte | 110 x 8,7 | 776 | 23 cm 8,3 m | 26 cm 8 m | 28 cm 8 m | 38 cm 10,5 m |
| | | | | 81 % | 5 % | 5 % | 9 % |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : dortoir et chauffoir 1221d | Chevrons-formant-fermes | 70 x 10,6 | 530 | 23 cm 8,9 m | 26 cm 7,1 m | 44 cm 6,2 m | 55 cm 11,2 m |
| | | | | 91 % | 2,4 % | 4,2 % | 2,4 % |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : réfectoire 1240/1241d | Fermes et pannes | 30 x 9,7 | 280 | 22 cm 9,2 m | 30 cm 8 m | 34 cm 7 m | 38 cm 7 m |
| | | | | 72 % | 18 % | 3,5 % | 3,2 % |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : grange 1228-1230d | Fermes et pannes | 38 x 9 | 244 | 20 cm 9 m | 25 cm 9 m | 30 cm 7,7 m | 43 cm 10,3 m |
| | | | | 58 % | 21 % | 17 % | 4 % |
| Heurteauville, grange 1237/1243d | Fermes et pannes | 46 x 7,9 | 260 | 23 cm 7,7 m | 28 cm 9,6 m | 38 cm 9,2 m | |
| | | | | 62 % | 34 % | 4 % | |

Tableau de la consommation en bois d'œuvre des charpentes par mesure.

nous, avec l'audace de notre foi, nous entreprîmes de chercher dans toute la forêt; et vers la première heure, nous trouvâmes une poutre qui avait la taille convenable. Que dire de plus? Vers la neuvième heure ou peut-être plus tôt, à travers les buissons, l'épaisseur

des forêts et les fourrés de ronces, nous avions marqué douze poutres, c'est-à-dire exactement celles qui nous étaient nécessaires⁷...

7. SUGER, *De consecratione* (3), cité et traduit dans PANOFSKY 1967, p. 61.

Ce texte, qu'il faut interpréter avec beaucoup de précaution quant à l'évocation de la rareté de bois d'œuvre de forte section et de grande longueur, demeure cependant très explicite sur les mesures apportées par le maître d'ouvrage dans la forêt et présentées aux bûcherons.

L'identification de ces mesures dans des charpentes de plusieurs centaines de grumes permet d'apporter des informations précieuses sur les modalités d'approvisionnement des grands chantiers et leur consommation en bois d'œuvre.

La charpente de l'église **Saint-Pierre de Montmartre** à Paris, datée de 1164-1174d, présente une structure typique des charpentes romanes avec une succession de fermes identiques espacées de 0,92 m (8,20 m de portée d'entrait) et des versants inclinés de 39,5°. Deux mesures distinctes ont été requises pour l'exécution de cette charpente entièrement faite en bois de brin : une première pour les chevrons, poinçons, poteaux, jambes de force et sablières, tous de 13 x 12 cm de section et de longueur inférieure ou égale à 6 m ; une seconde pour les entrails, de 34 x 22 cm de section maximale pour une longueur de 10 m. Outre les entrails, toutes les pièces constituant les fermes peuvent donc être obtenues à partir de grumes de 18 cm de diamètre et longues de 6 m maximum. En considérant que l'abattage des bois se limite à des grumes de 6 m de long maximum pour la première mesure, chaque ferme consomme 5 grumes comprises entre 5,30 m et 6 m de long : 2 x 6 m (chevrons), 2 x 2,8 m (poteaux), 1 x 4 m (poinçon), 1 x 4,5 m (faux-entrait), 2 x 1,3 m (jambe de force). Une grume de 40 cm de diamètre et longue de 10 m est requise pour l'entrait. Ainsi, pour la nef de 30 m de long (33 fermes), la construction de la charpente romane a consommé **218 grumes** (165 + 20 [sablières] + 33 [entrails]) dont 85 % issus d'arbres de 18 cm de diamètre pour 6 m de long et 15 % d'arbres adultes de 40 cm de diamètre pour 10 m de long.

Les charpentes à chevrons-formant-fermes de la **cathédrale de Lisieux**, mises en place entre 1183d et 1206d, présentent une structure identique sur tous ses grands vaisseaux avec une charpente tramée de fermes indépendantes non contreventées. Les fermes comme la section des bois demeurent en effet conformes à un unique tracé d'épure entre le chœur, les deux bras du transept et la nef à l'exception des portées d'entrait qui varient de 8,45 m à 9,60 m. Les calculs sur la consommation en bois d'œuvre de ces charpentes⁸ ont permis de mettre en évidence l'utilisation de trois mesures distinctes seulement pour la sélection des grumes :

- 47 cm de diamètre (bois de 28 x 38 cm de section moyenne) et 10,50 m de long pour les entrails ;
- 22 cm de diamètre (17 x 14 cm de section moyenne) et de 8,60 m de long pour les entrails retroussés ;

- 20,5 cm de diamètre (15 x 14 cm de section moyenne) et 8,60 m pour tous les autres bois.

Pour une ferme principale, il fallait cinq grumes de 20,5 cm de diamètre et de 8,60 m de long maximum⁹, une grume de 22 cm de diamètre et de 6,60 m de long pour le faux-entrait, et une grume de 47 cm de diamètre et de 10,50 m de long pour l'entrait. Pour une ferme secondaire, il faut compter les mêmes grumes à l'exception de celle destinée à l'entrait principal (compris le rajout de 2 m de long pour les blochets). En comptabilisant aussi les grumes nécessaires aux sablières, on dénombre globalement (les 2^e et 3^e mesures pouvant être communes) pour les charpentes de la nef (66 fermes), des deux croisillons du transept (26 et 22 fermes) et du chœur (34 fermes plus la croupe absidiale), sachant que les longueurs cumulées de toutes les grandes toitures mesurent 100 m de long, une consommation totale de **937 grumes**. Sur ces bois, 97 % des arbres abattus présentent un diamètre de 22 cm en moyenne et de 8,60 m de long, et 3 % seulement de fort diamètre de 47 cm et de 10,50 m de long.

Cette consommation de bois de fort et faible diamètre se retrouve dans les mêmes proportions pour les charpentes gothiques à chevrons-formant-fermes de la **cathédrale de Rouen**, dont la charpente de la nef a été mise en place vers 1230d et pour les autres vaisseaux avant 1250. Sa structure est plus complexe que celle de Lisieux et réclame davantage de bois pour ses dispositifs longitudinaux de report des charges. Sachant que les grandes toitures mesurent 100 m de long de la façade occidentale à l'abside, la consommation en bois d'œuvre – détaillée plus loin en monographie – est basée sur quatre mesures : 54 cm de diamètre sur 11,50 m de long pour les entrails et les entretoises, 31 cm sur 8 m pour les poinçons, 26 cm sur 4 m maximum pour les poteaux, et 22 cm sur 9,50 m maximum pour tous les autres bois. Une ferme principale consomme 9 grumes (une pour chacune des trois premières mesures et six pour la quatrième), une ferme secondaire 5 (toutes de la quatrième mesure) et 5 autres pour les éléments longitudinaux d'une travée (une de la première mesure pour les entretoises et quatre de la quatrième mesure pour les liens et liernes longitudinales). On dénombre ainsi pour la construction des charpentes de la nef, des deux bras du transept et du chœur, dont la structure était identique à celle de la nef, **1 200 grumes** en considérant les réemplois romans de la nef. Sur tous ces bois, 92 % correspondent à des bois de 22 cm de diamètre et de 9,50 m de long, 4 % de 24 cm de diamètre en moyenne et de 8 m de long et 4 % de bois de 54 cm de diamètre pour 11,50 m de long.

La **grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais**, longue de 47 m sur 22 m de large hors œuvre, est couverte d'une

8. Ces calculs sont détaillés dans la monographie consacrée plus loin à cet édifice.

9. Chevrons : 2 x 8,60 m ; écharpes : 2 x 3,80 m ; contrefiches : 2 x 1,70 m ; sous-chevrons : 2 x 4,50 m, jambes de force : 2 x 1,10 m.

| Édifice | Charpente | Dimensions (longueur x largeur) en m. | Nombre total de grumes | Nombre de grumes par mesure (diamètre et longueur) | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|--|---------------------------|---|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | 23 cm 8,9 m | 26 cm 7,1 m | 44 cm 6,2 m | 55 cm 11,2 m | |
| Dortoir 1221d | Chevrons- formant-fermes | 62 x 10,6 | 462 | 420 | 11 | 20 | 11 | |
| | | | | 91 % | 2,4 % | 4,2 % | 2,4 % | |
| Chauffoir 1221d | Chevrons- formant-fermes | 8,50 x 7,8 | 68 | 60 88 % | 3 4,5 % | 2 3 % | 3 4,5 % | |
| Réfectoire 1240/1241d | Fermes et pannes | 30 x 9,7 | 280 | 22 cm 9,2m | 30 cm 8 m | 34 cm 7 m | 38 cm 7 m | 50 cm 11,6 m |
| | | | | 201 72 % | 50 18 % | 10 3,5 % | 9 3,2 % | 10 3,5 % |
| Grange 1228-1230d | Fermes et pannes | 38 x 9 | 244 | 20 cm 9 m | 25 cm 9 m | 30 cm 7,7 m | 43 cm 10,3m | |
| | | | | 142 58 % | 52 21 % | 40 17 % | 10 4 % | |

Tableau de la consommation en bois d'œuvre des bâtiments de l'abbaye de Bonport (Pont-de-l'Arche, Eure).

| Édifice | Charpente | Longueur | Nombre total de grumes | Nombre de grumes rapporté à 100 m de long |
|---|-----------------------------|----------|------------------------------|---|
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre 1183-1206d | Chevrons- formant-fermes | 100 m | 937 | 937 |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame 1215-1250d | Chevrons- formant-fermes | 98 m | 1019 | 1040 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : dortoir et chauffoir 1221d | Chevrons- formant-fermes | 70 m | 530 | 757 |
| Rouen, cathédrale Notre-Dame 1230d | Chevrons- formant-fermes | 130 m | 1200 | 923 |
| Fécamp, église abbatiale de La Trinité 1217-1223d | Mixte | 110 m | 776 | 705 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : grange 1228-1230d | Fermes et pannes | 38 m | 244 | 642 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : réfectoire 1241d | Fermes et pannes | 30 m | 280 | 933 |
| Heurteauville, grange 1237-1243d | Fermes et pannes | 46 m | 260 | 565 |

Tableau comparatif des consommations selon le type de charpente (fermes et pannes / chevrons-formant-fermes) et leurs dimensions.

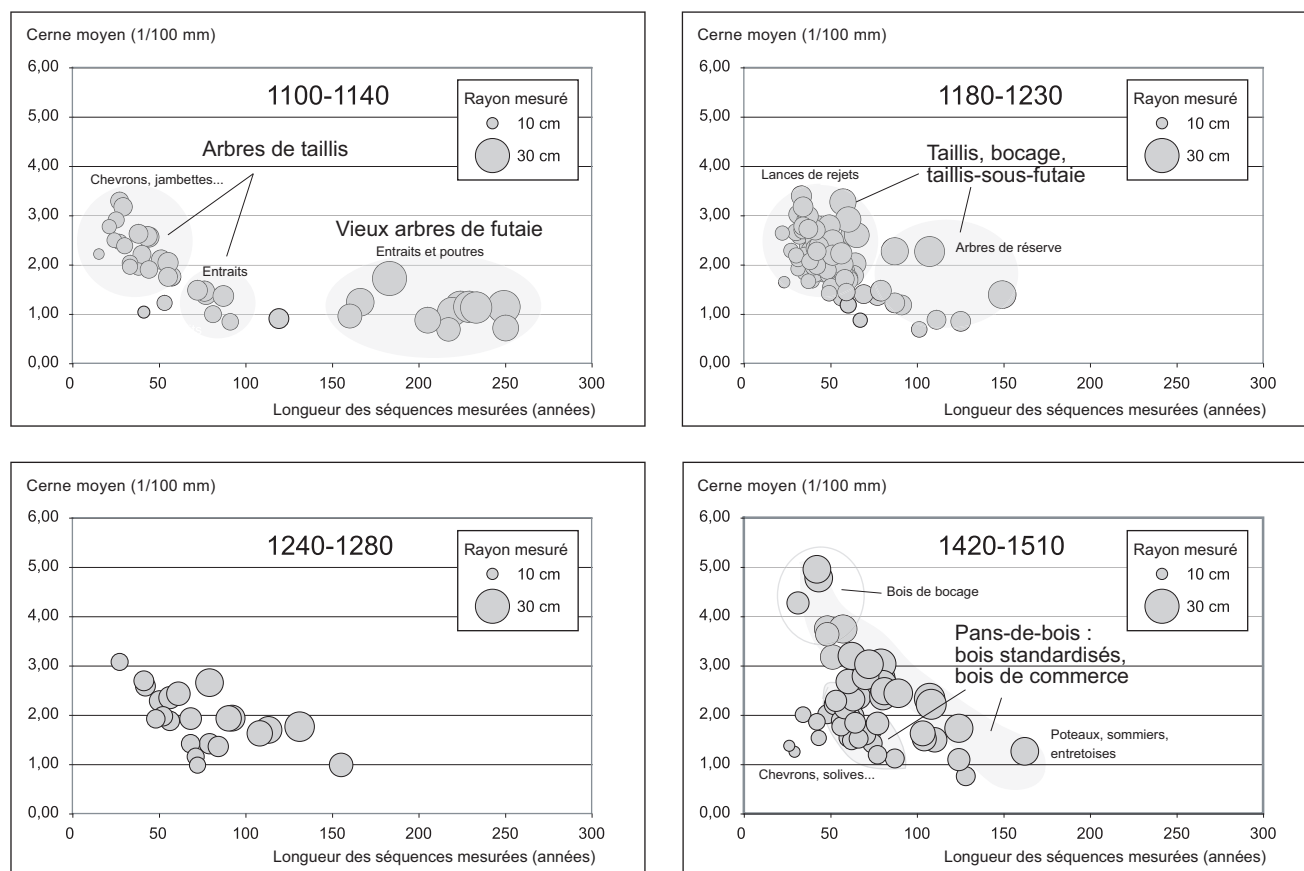


Fig. 3 : Caractérisation dendrologique des chênes normands employés entre le début du XI^e et celui du XVI^e siècle (grosse pastille en bas à droite : arbre de grosse section, âgé et à croissance lente; grosse pastille en haut à gauche : gros arbre, jeune et à croissance rapide) (V. Bernard).

charpente à chevrons-formant-fermes datée de 1220d qui a réclamé l'abattage de 760 arbres dont 91 % de grumes de 24 cm de diamètre, longs de 8,80 m, 8 % de 38 cm de diamètre et de 6,30 m de long et 1 % de bois de 70 cm de diamètre et de 10,30 m de long. Tous les échantillons prélevés en divers points de la charpente confirment une croissance homogène des bois, abattus durant l'automne-hiver 1219-1220d, témoignant ainsi d'une coupe massive des 760 arbres.

La charpente à fermes et pannes de l'abbatiale de La Trinité de Fécamp a été mise en place sur la nef entre 1217 et 1223d. À supposer que les charpentes du chœur et du transept, construites avant 1217 et aujourd'hui disparues, étaient identiques à celles de la nef, sachant que les vaisseaux mesurent, comme à la cathédrale de Rouen, près de 100 m de long du pignon occidental à l'abside, on dénombre pour la construction des grandes charpentes 776 grumes dont 81 % de bois de 23 cm de diamètre sur 8,30 m de long, 5 % de bois de 26 cm de diamètre, 5 % de 28 cm, et 9 % de bois de 38 cm de diamètre sur 10,50 m.

Enfin, il reste le cas très intéressant de l'abbaye de Bonport dans l'Eure où toutes les charpentes sont d'origine et pour

lesquelles nous savons grâce à la charte confirmant la fondation que tous les bois ont été prélevés dans la forêt de Bord située aux portes de l'abbaye.

À travers ces quelques exemples représentatifs des principaux stades de l'évolution des grandes charpentes du XII^e et des premières décennies du XIII^e siècle, on constate que les charpentes à chevrons-formant-fermes consomment plus de 90 % de bois de faible diamètre, voisin de 22 cm, pour une longueur de 8 à 9 m, le reste correspondant à des bois de moyen et fort diamètres et de grande longueur comme pour les entrails avec une moyenne de 50 cm de diamètre et 11 m de long. Tous ces bois ont été équarris *a minima*, les ubiers étant souvent présents aux arêtes des pièces. Comparée aux charpentes romanes, on note que la consommation de bois de forte section et de grande longueur, notamment pour les entrails, se réduit considérablement entre le XI^e et le XIII^e siècle, mais que les bois de moyenne section et de grande longueur augmentent en proportion, à cause notamment du redressement des pentes de toit (fig. 3).

Quant aux charpentes à fermes et pannes gothiques du début du XIII^e siècle, elles utilisent en quantité 35 % de moins de grumes

| Édifice | Nb. tot. grumes | long. charpente | % grumes section < 30 cm | % grumes section > 30 cm | évaluation surface futaie jardinée (ha) | évaluation surface taillis/s-futaie (ha) |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|---|--|
| Lisieux, cathédrale 1183-1206d | 937 | 100 | 97 | 3 | 46,8 | 33,4 |
| Bayeux, cathédrale 1215-1250d | 1019 | 98 | 93 | 7 | 51 | 36,4 |
| Rouen, cathédrale 1230d | 1200 | 130 | 96 | 4 | 60 | 42,8 |
| Beauvais, grange Saint-Lazare 1219/1220d | 760 | | 91 | 9 | 38 | 27 |
| Fécamp, abbatale 1217-1223d | 776 | 110 | 91 | 9 | 39 | 27,7 |
| Bonport, dortoir et chauffoir 1221d | 530 | 70 | 93,4 | 6,6 | 26,5 | 19 |
| Bonport, réfectoire | 280 | 30 | 72 | 28 | 14 | 10 |
| Bonport, grange | 244 | 38 | 79 | 21 | 12,2 | 8,7 |
| Heurteville, grange | 260 | 46 | 96 | 4 | 13 | 9,3 |
| TOTAL | 6006 | 622 | | | 300,5 | 214,3 |

Tableau d'évaluation des surfaces forestières exploitées pour quelques bâtiments normands (V. Bernard).

qu'une charpente à chevrons-formant-fermes gothique du type de Rouen, toutes proportions gardées, et peuvent véritablement être considérées comme économiques, même si elles consomment davantage de bois de moyenne section, comprise entre 25 et 30 cm de diamètre, toujours pour des grandes portées.

Ce qui est remarquable dans ces grandes charpentes à chevrons-formant-fermes gothiques, c'est l'homogénéité physiologique des bois utilisés avec 90 % de bois de même diamètre, de même longueur mais surtout de droit fil. Dans ce contexte, l'apparition de bois tors à Bayeux n'en sera que plus significative et nécessitera donc quelques explications (*infra*). L'abattage de plusieurs centaines d'arbres rectilignes et de faible diamètre, voisin de 22 cm, suggère l'idée de « coupes massives » dans des forêts homogènes. Le cas de la grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais est, à ce titre, explicite : les analyses dendrochronologiques montrent que l'ensemble des 760 arbres a été abattu durant l'automne-hiver 1219-1220d. Sur ces bois, 91 % (700 arbres) ont 24 cm de diamètre et présentent exceptionnellement un profil tors similaire, ce qui tendrait à démontrer qu'une unique grande campagne d'abattage s'est déroulée dans une seule futaie, vaste, homogène et entretenue.

Au regard des sites étudiés, et probablement à l'échelle de la Normandie, cela sous-entendrait que le potentiel forestier était suffisamment abondant et bien géré pour permettre, simultanément, l'approvisionnement de centaines de chantiers de construction sur un laps de temps somme toute assez bref, entre 1210 et 1230 par exemple (fig. 2a). Cette intensité dans l'activité de construction a forcément des répercussions sur le milieu forestier, sa structuration

et son entretien. D'autant plus que le cas de la Normandie n'est pas isolé et s'inscrit parfaitement dans le schéma de diffusion de l'architecture gothique du Bassin parisien, avec les cathédrales de Paris (chœur et nef : 1220d), de Meaux (chœur : 1224-1225d), ou les églises de Saint-Martin-des-Champs à Paris (ancien réfectoire : 1215-1220d), de La Madeleine à Troyes (1216-1221d), d'Étampes (croisillon nord : 1207-1217d) ou de Puisieux dans le Loiret (1210d)¹⁰. Dans ce contexte, quel est l'état des forêts normandes? Quels modes de gestion permettront de fournir suffisamment d'arbres sur une période aussi brève? Quelle est l'étendue des surfaces forestières sollicitées pour ces grands chantiers? Si les deux premières questions sont longuement abordées à travers cet ouvrage, nous allons maintenant tenter de proposer quelques pistes de réflexion pour la troisième (voir tableau ci-dessus).

La fréquentation des sous-bois par du bétail nous évite toute comparaison hâtive entre l'aspect des forêts médiévales et celui des forêts actuelles. En effet, l'introduction d'animaux domestiques en forêt, comme on peut encore en voir dans certains massifs en Angleterre par exemple, suppose un véritable nettoyage des sous-étages arborés, un entretien des clairières et une densité d'arbres sans doute moins forte qu'aujourd'hui, du fait de l'abroustissement des jeunes plants et des rejets (fig. 4). Cela suppose aussi *a contrario* des parcelles de jeunes bois mises en défens.

À partir des classes d'âge et de diamètre des arbres employés dans les principaux édifices déjà évoqués, on aurait tendance à

10. HOFFSUMMER 2002.



Fig. 4 : Évocation d'une forêt médiévale : bovidé en pâture-sous-futaie (New Forest, Hampshire, Grande-Bretagne).
On notera un sous-bois relativement dégagé où les grands arbres s'imposent aux dépens d'une régénération spontanée (cl. V. Bernard).

voir, dans l'écrasante proportion d'arbres jeunes, de même âge, à croissance rapide et très élancés, une gestion en taillis. Toutefois, la présence d'individus plus gros et plus vieux au sein de cette population suggérerait plutôt un traitement en taillis-sous-futaie (voir *infra*). On pourrait donc considérer que les estimations de rendement à l'hectare réalisé par la sylviculture moderne présenteraient un niveau maximal qui ne pouvait être atteint au Moyen Âge que lorsque les réglementations interdisaient l'accès des parcelles en cours de régénération aux ovi-capridés, aux équidés et autres bovidés. Bien sûr, tous les arbres cultivés dans une même parcelle, de section identique et parvenus à maturité ne sont pas utilisables pour les besoins de ces chantiers, à moins de rencontrer un contexte local aussi particulier que celui de Bayeux (voir *Bayeux : une ville médiévale au milieu du bocage?*). Par conséquent, les abaques que définissent les forestiers actuels¹¹ pourraient illustrer les surfaces médiévales « utiles » à une construction, mais dans le cas de rendements optimisés (fig. 5).

Ainsi, dans le cas de la cathédrale de Lisieux par exemple, si 20 à 28 arbres de 22 cm et 4 à 9 de 47 cm sont présents par hectare selon le traitement sylvicole, on peut envisager qu'il fallait 46,8 ha

maximum d'une futaie jardinée¹² et seulement 33,4 ha maximum d'un taillis-sous-futaie pour entreprendre la totalité des charpentes. Pourtant, cette trentaine, voire cette quarantaine d'hectares de forêt ne sera pas abattue en une fois, puisque la mise en place des différentes parties de l'édifice s'étale sur 23 ans. Cet étalement du chantier permet donc une meilleure répartition des coûts, mais implique aussi une gestion plus rigoureuse du domaine forestier.

La même remarque s'applique à la cathédrale de Rouen, où les 42,8 à 60 ha employés comprennent les bois appartenant à la phase de la fin du XII^e, mais remployés au XIII^e siècle. Ces évaluations deviennent bien plus impressionnantes lorsqu'elles concernent un édifice dont on sait que les abattages sont limités dans le temps : pour la cathédrale de Bayeux, en un laps de temps d'à peine 5 ans, près d'un millier d'arbres ont été abattus pour les charpentes du chœur, du déambulatoire, des chapelles et du bras sud du transept¹³. Ici, les conséquences sur les forêts environnantes devaient être particulièrement visibles, puisque 36,4 à 51 ha sont ouverts au sein d'un paysage déjà clairsemé. De même,

11. LEMPS 1951 ; PERRIN 1946.

12. Ce type de futaie tend à s'approcher au maximum d'un modèle « naturel », où toutes les classes d'âge et de diamètre sont représentées.

13. Ce calcul ne prend pas en compte le bras nord (1250d) intégré dans le tableau des consommations en bois d'œuvre.

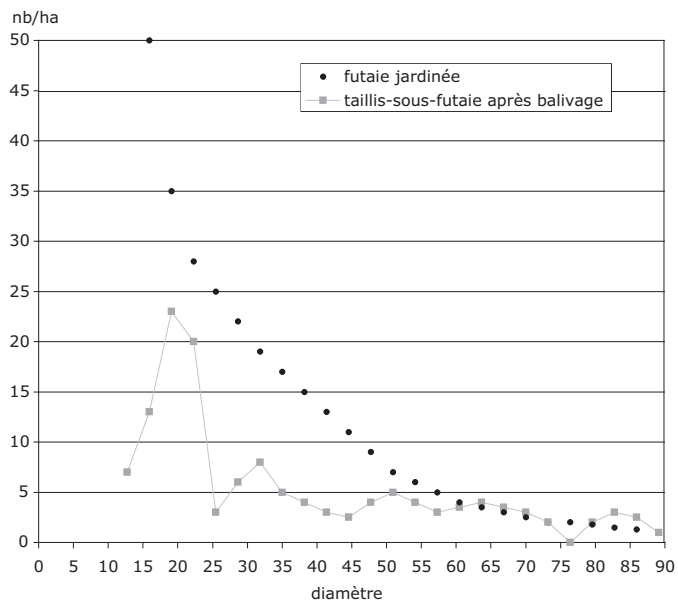


Fig. 5 : Courbes théoriques du nombre d'arbres à l'hectare par diamètre et par type de traitement sylvicole (d'après LEMPS 1951) (V. Bernard).

à Beauvais, la campagne d'abattage des fûts nécessaires à la couverture de la grange Saint-Lazare n'a duré que le temps de l'hiver 1219/1220. Ce chantier, digne de celui d'une cathédrale, donne toute la mesure des besoins en bois et des surfaces forestières mises à contribution : 760 fûts pour 27 à 38 ha. Et ces évaluations ne prennent en compte ni le lattage, ni les échafaudages, ni toute la menuiserie inhérente à ce type de chantier.

Finalement, à l'échelle d'une région (si l'on considère que Beauvais est en Normandie!), 9 bâtiments monumentaux dont les constructions se répartissent sur une soixantaine d'années, entre 1180 et 1240, ont consommé un minimum de 6 000 chênes couvrant de 200 à 300 ha. Compte tenu de la dynamique économique, probablement démographique et constructrice, il aura fallu toute la vitalité des espèces forestières, toute la rigueur de gestion des exploitations, mais aussi toute la force du droit pour que la forêt médiévale en Normandie, comme dans le reste du Bassin parisien, ne soit pas totalement dévorée par les activités humaines en plein essor.

Une juridiction au service des forêts médiévales?

Il est encore difficile aujourd'hui d'avoir une estimation de l'étendue des forêts normandes aux XI^e-XIII^e siècles et de suivre leur évolution face aux grands défrichements qui ont marqué l'ensemble du territoire. Vers la fin du Moyen Âge, les principales

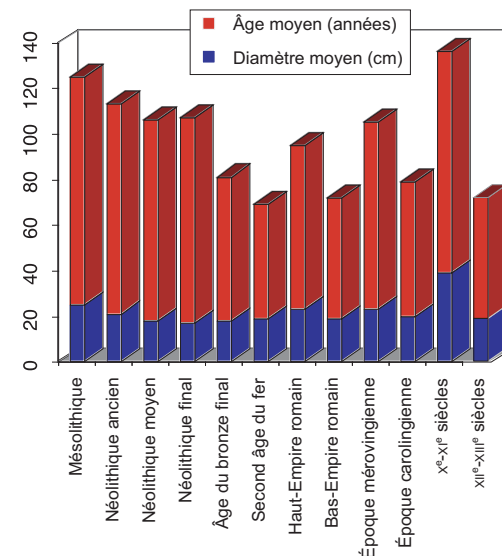
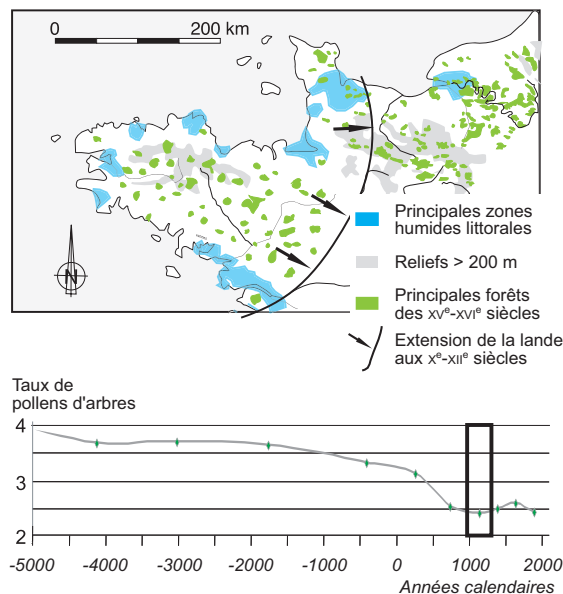


Fig. 6 : Synthèse des données paléoenvironnementales concernant la Bretagne et la Normandie pendant le Moyen Âge classique. En haut : carte de localisation des forêts de la fin du Moyen Âge (d'après ROQUELET 1984); avancée d'un front de défrichement XI^e-XIII^e faisant place à une végétation de lande (flèches; d'après GAUDIN 2004).

Au milieu, distribution diachronique des flux de pollens d'arbres (GAUDIN 2004) : c'est après l'an Mil que les enregistrements polliniques arboréens sont les plus faibles. En bas, caractéristiques dendrologiques des arbres dans le Bassin parisien : si la tendance d'âge décroît progressivement à travers le temps, les arbres semblent profiter de l'ouverture du milieu forestier par une production radiale plus forte. En conséquence, pour des sections constantes, les matériaux de construction récoltés arrivent à « maturité » plus rapidement en période de défrichement (V. Bernard).

étendues forestières demeurent sur les pourtours du Val de Seine, dans le Vexin normand, le pays de Bray, l'Eure, l'Orne et le nord Cotentin¹⁴.

Malheureusement, les analyses palynologiques restent bien silencieuses pour ces périodes, du fait d'un pas de temps bien plus large que celui que nous utilisons ici et du fait de conditions souvent peu propices à la conservation de spores fossiles. De ce fait, les rares taux de pollens d'arbres obtenus pour la Normandie médiévale sont anecdotiques et ne nous éclairent que très incomplètement sur l'état des forêts des XI^e-XIII^e siècles. Ainsi, les reconstitutions paléo-environnementales concernent ou bien la partie normande du Massif armoricain¹⁵, ou bien Rouen et sa région¹⁶. La vision est pour le moins contrastée, puisqu'en effet, si la présence des forêts reste tangible dans la partie septentrionale, en revanche, le Cotentin semble suivre la même tendance d'ouverture du milieu naturel qu'en Bretagne, avec une nette progression de formations s'apparentant à de la lande (fig. 6).

Dans les secteurs moins fragilisés par les activités humaines, jusqu'à la fin du XIII^e siècle, la gestion des forêts royales était placée sous la tutelle des baillis et sénéchaux dont les prérogatives étaient rattachées à une forêt particulière¹⁷. À partir du XIV^e siècle, les procédures de protection et de contrôle des forêts royales se multiplient sous la pression de l'autorité royale qui cherche parallèlement à mettre en place une nouvelle administration forestière pour réglementer de façon plus stricte les usages des coutumiers. Cette administration des eaux et forêts, gérée par de nouveaux officiers à la tête desquels siégeait dès 1287 le maître des eaux et forêts, devait s'assurer de la bonne exploitation des ressources disponibles en contrôlant les usagers et en réprimant les éventuels abus¹⁸. Plusieurs ordonnances promulguées dans le courant de la première moitié du XIV^e siècle visaient à résoudre les nombreux conflits de juridictions qui subsistaient entre ces premiers maîtres et les baillis, sénéchaux, prévôts et vicomtes dont les fonctions se trouvaient modifiées. Vers 1355-1360, une nouvelle autorité fut instituée en la personne du souverain maître et général réformateur des eaux et forêts du royaume. Cette réforme devait annoncer la célèbre ordonnance des eaux et forêts de Charles V promulguée en juillet 1376 à Melun qui édictait de nouveaux règlements concernant le contrôle de la gestion des officiers, leurs obligations d'inspections et de visites, les ventes et, entre autres, les attributions judiciaires des verdiers. Elle prévoyait notamment de faciliter la livraison en bois d'œuvre pour l'armement et les constructions royales. Cependant, ces règlements furent peu respectés et d'autres ordonnances suivirent, apparemment tout aussi inefficaces. Cette

situation perdura jusqu'au milieu du XV^e siècle, après les victoires de Charles VII sur l'occupant anglais.

Les réformations de forêts qui découlent des ordonnances du XIV^e siècle témoignent de cette volonté de maintenir les droits du souverain face aux empiètements des usagers¹⁹. Elles évoquent surtout, à l'instar des nombreuses ordonnances promulguées au cours de ce siècle (février 1319, février 1346, juillet 1376, mars 1389, septembre 1402) des difficultés dans les modalités d'approvisionnement en bois d'œuvre et de chauffage, et non forcément une crise du potentiel forestier. Ce constat a déjà été fait en Touraine pour le XV^e siècle où la spéculation des marchands, les problèmes d'approvisionnement, les difficultés politiques et économiques ont entraîné une forte augmentation du prix du bois sans qu'il y ait eu pourtant de pénurie en bois d'œuvre liée à une crise forestière²⁰.

Toutefois, ces informations souvent tardives, maintes fois ressassées, sont bien maigres et ne nous éclairent que très indirectement sur l'aspect des parcelles exploitées, sur les modalités et les rythmes de gestion des espaces forestiers. Ainsi, s'il est probable que la mise en réserve de semenciers ait pu être pratiquée spontanément lors d'exploitation de taillis depuis des périodes fort anciennes, en revanche le terme de baliveau n'apparaît qu'au XII^e siècle²¹. Qu'en est-il réellement dans notre aire d'étude? Est-il possible de définir d'autres principes sylvicoles, non plus sur la base d'écrits hérités du Moyen Âge, mais sur des éléments observables à travers les séries de cernes de croissance d'arbres anciens? Ce sont ces aspects que nous allons tenter d'éclaircir maintenant.

Traitements sylvicoles des chênaies

Il semble *a priori* délicat d'établir, à partir de fûts sélectionnés par l'homme plus ou moins loin du lieu de leur utilisation, l'aspect du peuplement forestier dont ils sont issus et de déterminer par exemple s'ils proviennent d'une futaie²², d'un taillis-sous-futaie²³ ou d'une futaie-sur-souche²⁴. En effet, on a pu voir

19. DELISLE 1851, p. 337-338.

20. JACQUET 2003, p. 349.

21. BARY-LENGER et NEBOUT 1993, p. 332.

22. La futaie se caractérise par une reproduction à partir de semences. Selon leur traitement, les arbres qui en seront issus pourront être de même âge (futaie équienne), ou d'âges différents (futaie jardinée ou irrégulière). *Ibid.*, p. 554.

23. Le régime de taillis-sous-futaie se compose d'un peuplement de deux étages : un étage inférieur où le taillis, issu de rejets de souches équiennes complétés par des brins issus de semences, occupe la majeure partie de sa surface et un étage supérieur regroupant les arbres de futaie ou de réserve d'âges gradués.

24. L'expression de « futaie-sur-souche » habituellement employée est en principe impropre, puisqu'une futaie est générée à partir de graines. Hors, dans ce cas, ce taillis sélectionné ou vieillissant est issu d'un récépage (rejets de souche). *Ibid.*, p. 554; LANIER 1994, p. 80.

14. ROQUELET 1984.

15. GAUDIN 2004.

16. BERNARD 1998.

17. ROQUELET 1984, p. 2-4.

18. *Ibid.*, p. 18.

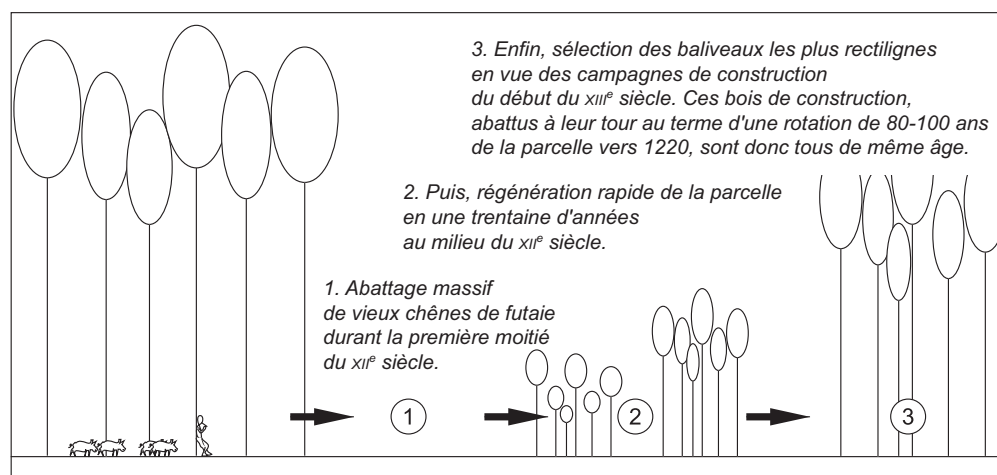
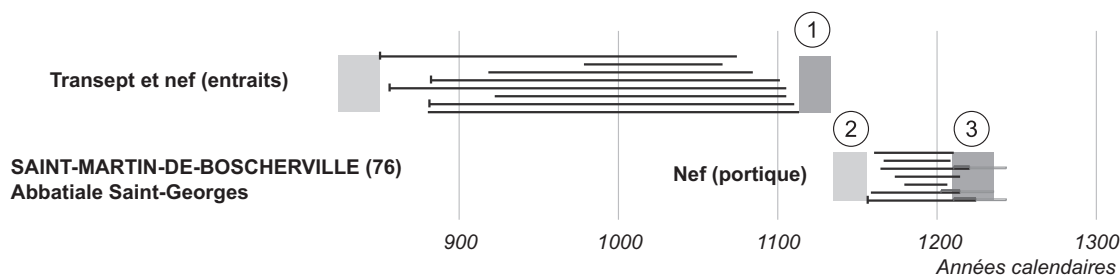


Fig. 7 : Interprétation du processus de régénération d'une futaie (en bas) à partir des données dendrochronologiques (bloc-diagramme; en haut) de Saint-Martin-de-Boscherville (V. Bernard).

précédemment que, selon le type de pièce, le type de charpente ou les dimensions de l'édifice à couvrir, un module identique sera respecté pour l'ensemble des entrants, des chevrons... Cela signifie que les forêts devaient être en mesure de fournir simultanément des milliers de troncs de longueur et de section quasi-standardisées. Il en découle nécessairement un traitement spécifique des surfaces gérées selon un rythme qui n'a plus rien de naturel, et cela depuis des temps bien antérieurs à l'époque médiévale²⁵. Certes, on observe une lente augmentation de l'âge des arbres utilisés dans l'architecture normande jusqu'au tournant de l'an Mil, qui pourrait traduire un recul démographique et un regain forestier. Mais, nous verrons plus loin que cet apparent abandon est en réalité marqué par différents signaux qui prouvent bien le contrôle de l'homme sur la production d'arbres de belle venue.

À la lumière de trois exemples, on peut proposer quelques pistes de réflexions sur la structure et le régime d'exploitation des parcelles forestières entre le IX^e et le XIII^e siècle.

Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime), abbatale Saint-Georges (850-1224) (fig. 7)

Deux phases d'abattage/construction mettent l'accent sur deux étapes importantes dans l'aménagement de l'abbatale que nous connaissons aujourd'hui : la première se situe entre 1112 et 1130 pour la phase romane, la seconde entre 1224 et 1227 pour la phase gothique. La phase romane de Saint-Martin concentre, avec le hourd du donjon de Brionne, la totalité des bois les plus gros et les plus âgés de notre corpus avec des individus pouvant atteindre 60 cm de diamètre et 300 ans. Leur croissance moyenne lente évoque celle d'arbres de haute futaie en phase de sénescence, soumis à une forte concurrence, peut-être avec des individus plus jeunes présents au sein du peuplement, mais dont nous n'avons pas gardé physiquement la trace (*infra*). Ces 60 vieux chênes environ utilisés à Saint-Martin-de-Boscherville pour la totalité des entrants d'une longueur de 11,50 m appartiennent vraisemblablement à une phase de régénération antérieure à 850. Une telle quantité d'arbres de belle venue implique obligatoirement un traitement en futaie (ou taillis-sous-futaie?) des parcelles où ils vivaient. Dans la première moitié du XII^e siècle,

25. BERNARD 1998.



Fig. 8 : Évocation d'une haute futaie de chênes selon un modèle du XIII^e siècle (New Forest, Hampshire, Grande-Bretagne). Les sous-bois sont ici entretenus par le bétail, qui maintient ponctuellement des zones d'assez faible densité d'arbres. On comprend dès lors que le recépage constituait le mode privilégié de régénération des surfaces forestières (cl. V. Bernard).

la trouée pratiquée au sein du couvert forestier lors de l'abattage de ces grands arbres, dont le houppier devait largement limiter le développement de plants plus jeunes dans les sous-étages, a permis une entrée massive de la lumière, favorisant ainsi la régénération en quelques années seulement de la parcelle grâce à de nouveaux plants et au recépage d'arbres de peu de valeur (fig. 8). Cette alternance « abattage-régénération » est parfaitement visible à Saint-Martin-de-Boscherville, puisque 80 ans plus tard, lors de travaux dans la charpente de la nef, ce sera cette nouvelle génération d'arbre, qui, arrivée à maturité pour donner des troncs rectilignes d'une vingtaine de centimètres de section, sera exploitée. Nous entrons alors avec cette charpente dans une nouvelle aire, grande consommatrice en bois de toute nature, mais pour ce qui nous concerne plus spécifiquement ici, en bois d'œuvre parfaitement standardisés.

Chanu, Gisors, Fécamp, Bayeux... et tant d'autres (1150-1230) (fig. 9)

Les difficultés que rencontre la dendrochronologie pour dater de courtes séries de cernes provenant de structures à la charnière des

XII^e et XIII^e siècles sont bien réelles et traduisent une généralisation de l'exploitation du taillis. S'il est traditionnellement convenu de considérer que la forêt a reculé à la suite des « grands défrichements », ce n'est pas l'interprétation la plus plausible qui vient à la lecture de nos données. Ainsi, entre 1200 et 1230, on va voir dans un grand nombre de charpentes du nord-ouest de la France l'emploi quasi-systématique d'arbres d'un diamètre d'une trentaine de centimètres maximum pour 80 cernes au plus. Et leur abattage quasi simultané sur l'ensemble du territoire au début du XIII^e siècle accentue encore l'impression de brièveté et de généralisation du phénomène. Que ce soit à Bayeux, à Villiers-en-Désœuvre, à Fécamp, à Gisors, à Lisieux, à Rouen (cathédrale), à Saint-Martin-de-Boscherville déjà cité ou à Amiens²⁶ (boulins de la cathédrale) et à Beauvais (grange Saint-Lazare)²⁷ en Picardie, tous les bois coupés sont issus d'une phase de régénération datant du milieu du XII^e siècle. Indirectement, si l'on suit le principe « abattage-régénération », nous avons, avec l'arrivée de ces bois jeunes, le négatif d'une phase d'abattage dont ils sont issus,

26. PRACHE 1995.

27. Analyse dendrochronologique inédite menée au laboratoire de Rennes par Y. Le Digol et V. Bernard, 2006.

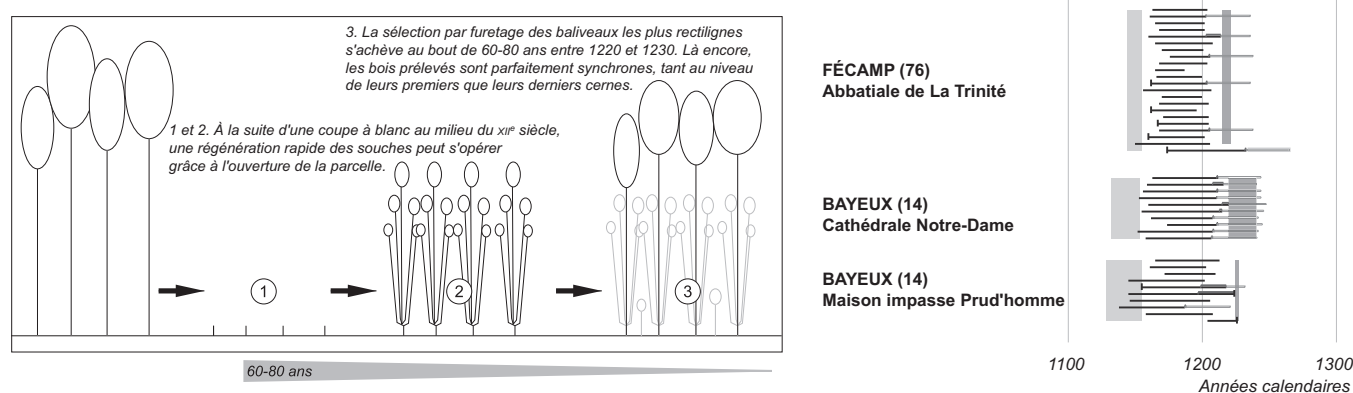


Fig. 9 : Interprétation du processus de régénération d'un taillis (à gauche) à partir des données dendrochronologiques (bloc-diagramme ; à droite) de Fécamp et Bayeux (V. Bernard).

parfaitement contemporaine de l'abbatiale romane Saint-Georges de Boscherville avant 1150. C'est donc dans cet horizon chronologique qu'il faut rechercher :

- soit une grande période de défrichement, mais dans ce cas, les surfaces ouvertes n'ont pas été entretenues et elles ont été aussitôt regagnées par la forêt, ce qui n'est pas le but recherché *a priori* ;
- soit un essor architectural/économique plus ancien que celui que nous avons déjà décrit pour le début du XIII^e siècle. Des édifices comme ceux de Neuf-Marché, Sainte-Marie-aux-Anglais ou Brionne pourraient représenter cette expansion au sein de notre corpus.

Quoi qu'il en soit, on peut mesurer ici les effets d'une période d'expansion démographique et de grande activité constructrice nécessitant la production rapide, dans des cycles plus brefs, d'arbres longilignes.

Le taillis et le recépage utilisent la capacité d'essences, comme le chêne, à produire des rejets de souches, dès la saison végétative qui suit l'abattage d'un arbre. Les tiges directement issues des souches voient leur croissance largement accélérée par les réserves nutritives stockées dans le système racinaire, mais aussi par la concurrence qui s'établit entre les différents rejets pour accéder à la lumière (fig. 10). Ainsi, les croissances de bois issus de rejets de souches se caractérisent-elles par une vigueur végétative durant 20 à 30 ans, suivie d'un ralentissement rapide du fait même de la concurrence²⁸. Leur développement reste malgré tout spectaculaire et les fûts produits en quelques dizaines d'années seulement constituent un matériau de construction idéal. À titre d'exemple, il faudra 250 à 300 ans pour qu'un arbre soumis à une forte concurrence atteigne 60 cm de section, 150 à 200 ans pour un arbre de futaie, et seulement 90 à 100 ans pour une lance de rejet

sélectionnée au sein d'une cépée. Sachant qu'un arbre atteint sa hauteur maximale en une cinquantaine d'années, des sujets abattus entre 60 et 80 ans n'ont pu que gagner en épaisseur²⁹ pendant 10 à 30 ans supplémentaires.

L'utilisation d'arbres issus de peuplements équiens³⁰ ne sous-entend pourtant pas obligatoirement des fûts de diamètre identique. Bien sûr, la sélection exercée par l'homme lors de furetages³¹ favorisera certains standards entre 22 et 25 cm par exemple. Ainsi à Lisieux, où les chantiers de construction des différentes charpentes de la cathédrale ont nécessité 937 grumes au total, 97 % présentaient une section de 22 cm. Toutefois, les 3 % restant, de bien plus forte section (47 cm), sont rigoureusement du même âge que les autres et appartiennent de toute évidence à la même population. Dans ce cas, ces sujets dominants ont été conservés au sein de cépées en vue de besoins particuliers, comme ici pour façonner les entrails.

Le recours à cette pratique forestière empirique du taillis s'avère ainsi justifié, répondant parfaitement aux exigences des maîtres d'œuvre du XIII^e siècle, que ce soit pour des édifices de taille modeste ou de grande envergure. Toutefois, la conduite de parcelle en taillis doit prévoir le renouvellement de souches qui peuvent s'épuiser assez rapidement. Aussi, il était important de favoriser le développement de nouveaux plants à partir de semences, mais aussi de ne pas abattre le chêne trop bas sous peine d'interdire tout recépage³². Cette

29. GASSMANN 1999, p. 62.

30. C'est-à-dire de même âge.

31. « Traitement ancien consistant à récolter, à chaque passage dans le taillis, l'un ou l'autre rejet de chaque cépée, mais jamais la totalité. En principe, on récoltait les rejets ayant atteint ou dépassé une grosseur fixée d'avance ». BARY-LENGER et NEBOUT 1993, p. 553.

32. CORVOL-DESSERT 1991.

28. BILLAMBOZ 1987.



Fig. 10 : Au sein d'un taillis, les gabarits des arbres produits sont relativement standardisés, du fait des coupes à blancs et de cycles d'exploitation bien réglés. Ici, taillis de 10 à 15 ans (Ille-et-Vilaine) (à gauche). D'autres formes de taillis, bien plus clairsemés (à droite), offrent des tiges aux courbures parfois avantageusement employées, comme dans le cas du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux (cl. V. Bernard).



observation pourrait être rapprochée d'un document iconographique célèbre, tiré des *Moralia in Job* (fig. 11), où l'on voit un moine attaquant un arbre à la hache à une hauteur inhabituelle pour nous, occidentaux du XXI^e siècle qui n'avons jamais connu que la tronçonneuse ou le passe-partout. Doit-on y déceler un souci de pérenniser les ressources forestières, ou une contrainte imposée par l'angle d'attaque de la hache sur un gros arbre ou plus simplement une liberté prise par l'illustrateur ? Toujours est-il qu'en marge de ces exploitations de taillis, d'autres formes de gestion sylvicole vont apparaître, prévoyant par exemple la « retenue de bayveauts estallons », à laquelle incitera l'ordonnance de Charles V plus d'un siècle plus tard.

Pont-de-l'Arche (Eure), abbaye de Bonport (1035-1240) (fig. 12)

Ainsi, le taillis-sous-futaie fera son apparition de manière sporadique dès cette période comme à l'abbaye de Bonport en 1240 ou à Saint-Lazare en 1219/1220d. Cette pratique favorise, par l'entrée de lumière dans la parcelle après suppression d'arbres

Fig. 11 : Moine en train d'abattre un arbre (*Moralia in Job*, Dijon, Bibliothèque municipale, ms. 173 fol. 41r). Ici, il est intéressant de remarquer la hauteur de l'entaille d'abattage.

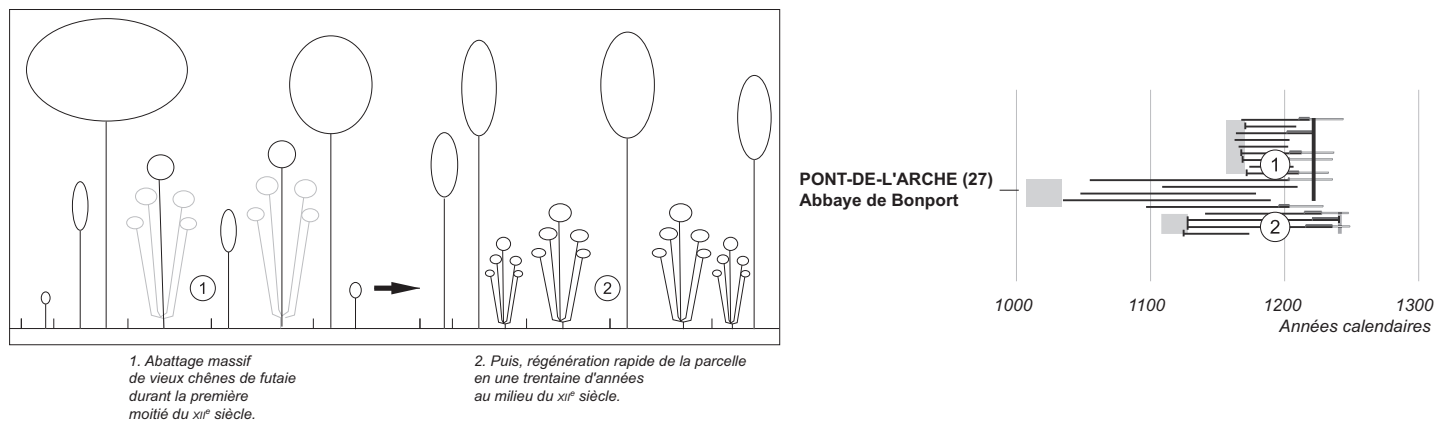


Fig. 12 : Interprétation du processus de régénération d'un taillis-sous-futaie (à gauche) à partir des données dendrochronologiques (bloc-diagramme) de Pont-de-l'Arche (à droite) (V. Bernard).



Fig. 13 : Ici, quelques grands semenciers sont conservés au sein d'une parcelle de taillis, afin d'assurer la régénération, mais aussi la pérennité de la surface forestière (forêt de Paimpont, Ille-et-Vilaine) (cl. V. Bernard).

dominants ou de peu de « valeur »³³, d'une part la germination de graines et de ce fait le renouvellement de la population, et d'autre part la croissance radiale d'arbres laissés sur pied comme semenciers (fig. 13). C'est de cette manière que l'on observe, parmi les bois datés de ces deux sites, un mélange regroupant une majorité d'arbres d'une soixantaine d'années issus de taillis, si l'on en juge par le synchronisme de leurs moelles, et en proportion plus faible, des arbres deux fois plus vieux, de 120 à 135 ans, correspondant aux arbres de réserve arrivés à maturité. Les plus gros seront utilisés prioritairement comme entrants de longues portées ou comme entretoises, les plus jeunes pour toutes les autres pièces de la structure. Un cycle complet d'exploitation d'une parcelle avoisine donc 120 à 130 ans, ce qui implique deux rotations de 60 années chacune dans la parcelle, correspondant exactement à l'âge des rejets de souches exploités. Si l'on considère les règles d'exploitation qui s'établiront progressivement au cours du Moyen Âge classique, formalisées à partir des XIII^e-XIV^e siècles, 8 à 10 baliveaux par arpent devaient être conservés afin d'assurer le renouvellement et la pérennité de la surface forestière³⁴. Il n'est donc pas étonnant que ces quelques semenciers abattus en fin de rotation de « parcelle » soient tellement minoritaires au sein de notre corpus et ne représentent finalement que 5 à 10 % à peine des arbres utilisés.

33. Cette notion repose bien évidemment sur un conditionnement parfaitement actuel!

34. MILLE 1996; d'après ISEMBERT 1828.

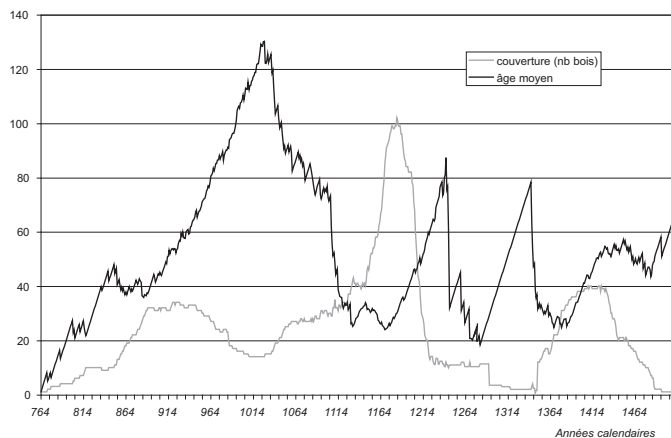


Fig. 14 : En gris : couverture en nombre de bois datés par an de la courbe de référence dendrochronologique propre à la Normandie médiévale. En noir : courbe des âges moyens des échantillons intégrés à cette référence (V. Bernard).

Cycles d'exploitation forestière et gestion sylvicole

Les grandes tendances (850-1510) (fig. 14)

Entre le début du XI^e siècle et le XIII^e siècle, soit en deux siècles à peine, on observe une nette accélération des rythmes d'exploitation forestière. Ainsi, la synthèse des données dendrochronologiques médiévales normandes, qu'elles proviennent de charpentes en place ou de sites archéologiques, montre, pour l'ensemble des arbres employés dans l'architecture, un âge moyen assez élevé proche de 120 ans sur l'ensemble de la période. Cependant, sur ces deux siècles, cette tendance présente de nombreuses fluctuations. Ainsi, vers 1080, il ne sera plus que de 80 ans, pour chuter encore en 1140 jusqu'à 30 ans. En 1180, le point le plus bas de notre courbe d'âge est atteint avec des arbres de 20 ans en moyenne. Cette plongée vertigineuse marque indéniablement un très fort impact anthropique sur le potentiel forestier. Brusquement, un contrôle des abattages ou un ralentissement de la dynamique de construction semble s'imposer à la transition des XII^e et XIII^e siècles, puisque progressivement jusqu'en 1220, les chênes exploités vont atteindre l'âge de 80 ans en moyenne. Cet âge va à nouveau tomber à 20 ans en 1270 avec l'explosion des constructions urbaines. Pour ce qui concerne le XIV^e siècle, les données sont trop peu nombreuses pour nous éclairer en quoi que ce soit sur la situation des forêts durant la guerre de Cent Ans. Comme le rappelle un vieux dicton normand « *le boys revient avec l'Anglois* », les forêts auraient connu une relative extension en raison du net ralentissement des chantiers de construction durant ces troubles, et ce malgré quelques courtes périodes de reprise économique. Dès la fin de la guerre, au milieu du XV^e siècle, on

entre dans une période de forte reconstruction et l'âge des arbres employés dans l'habitat urbain remontera à 60 ans en moyenne. Toutefois, nous ne disposons que de données concernant des maisons à pans-de-bois, et sachant que ce type d'édifice réclame désormais des bois très standardisés, cette vision des forêts peut se trouver biaisée par rapport à la situation réelle (fig. 3) (1420-1510).

On passe donc d'une situation bigarrée avant 1150, où tous les cas de figure semblent envisageables, depuis l'utilisation des bois les plus vieux jusqu'aux bois les plus jeunes à une situation remarquable par son homogénéité à travers l'ensemble du territoire normand dès la fin du XII^e siècle, avec des bois répondant parfaitement aux normes imposées par l'architecture gothique. Il est d'ailleurs intéressant de noter que l'apparition d'un nouveau type de charpente dès le début du XIII^e siècle, la charpente à fermes et pannes, plus économe en bois *a priori* que celle à chevrons-formant-fermes, ne modifie en rien le point d'inflexion de la courbe des âges des bois abattus, et ne libère donc en rien la pression imposée aux surfaces forestières exploitées. Entre expérimentation, habitudes et symboliques, la charpente à chevrons-formant-fermes a encore de longues années devant elle. Et il est vrai que les rares maisons à pans-de-bois du XIII^e siècle qui nous sont parvenues ne reflètent que très partiellement l'explosion architecturale des villes et des campagnes.

Entretien des parcelles

Lorsque les bois sont exploités dans des cycles courts de 80 ans maximum, il est rare que les séquences dendrochronologiques, trop brèves, nous permettent de restituer tout le travail en amont, de sélection des sujets d'avenir, retenus par exemple lors d'un furetage. Traditionnellement, nos constatations ne pouvaient se limiter qu'à l'utilisation de bois de taillis. Pour tenter de reconstituer ces différentes étapes préalables à l'abattage, des arguments d'ordre dendrologique nous ont permis d'avancer un certain nombre d'hypothèses relatives aux pratiques sylvicoles conduisant à l'éclaircie ou à l'entretien d'une parcelle ou au guidage d'un arbre d'avenir au moyen d'un élagage.

L'étude des entrants romans de l'abbatiale Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville est, à ce titre, tout à fait originale et a permis de regarder les bois médiévaux d'une manière bien différente, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans la reconstitution de pratiques forestières anciennes. Les 15 entrants de très forte section et de grande longueur, tronçonnés pour certains au XVIII^e siècle, nous permettaient, pour une fois, de prélever une tranche complète de poutre (fig. 15). Cela ne sous-entend pas qu'il faut désormais sectionner l'ensemble des entrants de nos églises, cathédrales et autres châteaux. Pourtant, les événements enregistrés durant la vie de ces arbres pendant plus de 200 ans



Fig. 15 : Section transversale de chêne (28 x 35 cm) provenant d'un entrain roman de Saint-Martin-de-Boscherville. On notera le grand nombre de cernes chez des individus qui pouvaient atteindre 200 à 300 ans. Dans la partie inférieure de la poutre, deux rainures recevaient les planches du plafond des années 1130 (cl. V. Bernard).

gènèrent de nombreux stress de croissance qu'une traditionnelle carotte de bois n'aurait sans doute pas permis d'observer. En effet, sur l'ensemble de nos échantillons, une trentaine de cicatrices formées à la suite de blessures des troncs d'arbres à différentes périodes est apparue (fig. 16). Si ces bourrelets cicatriciels concernent tous les bois de Saint-Martin, en revanche, ils ne se développent que ponctuellement et non sur toute la circonférence, ce pourquoi il est difficile de les mettre en évidence à partir d'un carottage. Ainsi, les prélèvements 02 et 03 en présentent à eux seuls respectivement 10 et 7, alors que d'autres, comme les prélèvements 8, 12 et 13 n'en ont que 3 chacun.

Une fois les séquences dendrochronologiques synchronisées et datées, il apparaît que plusieurs de ces anomalies interviennent simultanément. On peut signaler par exemple que celles des années 918, 963, 981, 1022 et 1050 affectent toutes au minimum 3 arbres. La nature de ces cicatrices est assez diverse : on retrouve d'une part des blessures qui ont entraîné un arrachage limité de l'écorce (fig. 16; Stmb02.3 et 03.1) et d'autre part, différents

types de nœuds comme d'anciens gourmands ou broussins³⁵ transformés en chicots (Stmb02.2) ou en nœuds recouverts (Stmb14.1, 02.1 ?). Plusieurs hypothèses peuvent être proposées ici.

La première donnerait à ces traumatismes des causes naturelles : foudres, insectes, gélivures, frottis ou écorçages pratiqués par des animaux sauvages. Cependant, la foudre, les attaques d'insectes et les gélivures ne provoquent pas ce type de stigmates. On peut donc raisonnablement les écarter. Quant aux traces laissées par les cervidés notamment, elles pourraient ressembler aux blessures observées à Saint-Martin-de-Boscherville, mais sont généralement de plus grande dimension. De même, le cerf s'attaquera prioritairement aux jeunes arbres. Dans le cas qui nous intéresse, il s'agit d'arbres à différents stades de développement. On ne peut donc exclure totalement cette solution pour ces chênes dans leur phase juvénile, même si certaines de ces blessures devaient se situer à plusieurs mètres du sol.

Une deuxième hypothèse verrait une intervention d'origine humaine : coupes d'éclaircie, plaies engendrées lors d'une exploitation forestière lors de la chute d'un arbre ou lors de son débardage, frottis ou écorçages pratiqués par des animaux domestiques, émondage, élagage... (fig. 17 et 18). Ici, il est bien sûr tentant de rapprocher ces cicatrices d'une activité anthropique, d'autant plus que ces arbres proviennent de secteurs exploités par l'homme depuis plusieurs millénaires. Prenons donc point par point ces différentes possibilités de traumatisme.

Les coupes d'éclaircies, qui stimulent la croissance radiale des arbres laissés sur pied, se caractérisent en dendrochronologie par de brusques augmentations de la largeur des cernes. Ce cas de figure reste peu sensible à Saint-Georges, si ce n'est autour de 920 : on observe en effet simultanément chez plusieurs individus un changement dans la tendance de croissance. Or, il se trouve qu'entre 918 et 922, 5 blessures chez 5 chênes différents sont bien visibles. Cette corrélation entre une ouverture ponctuelle de la parcelle et des cernes cicatriciels chez plusieurs sujets est une piste d'interprétation probable et suggère que tous les arbres blessés simultanément appartiennent vraisemblablement à la même parcelle.

Pour ce qui concerne les blessures engendrées par du bétail, nous ferons les mêmes remarques que précédemment pour les animaux sauvages, à ceci près que de nombreux textes rappellent la sévérité des réglementations touchant au pacage des troupeaux en forêt afin de ne pas compromettre la régénération des sous-bois³⁶.

35. Les gourmands et les broussins constituent différentes formes de pousses le long d'un tronc d'arbre.

36. « Mais comme l'animal est dangereux pour le bois, le droit de pâturage, dans les forêts communales ou publiques, est limité dans le temps, voire nié. » REDON 1996, p. 135. Cependant, « pour une période plus tardive (vers 1402), le coutumier d'Hector de Chartres rapporte que les habitants d'une vingtaine de paroisses autour de Briouze, ainsi que de nombreux "francs usagers" bénéficiaient d'importants droits de panage dans la forêt du Mont-d'Hère, aujourd'hui disparue. Mais d'autres animaux étaient élevés en grand nombre dans la région de Briouze

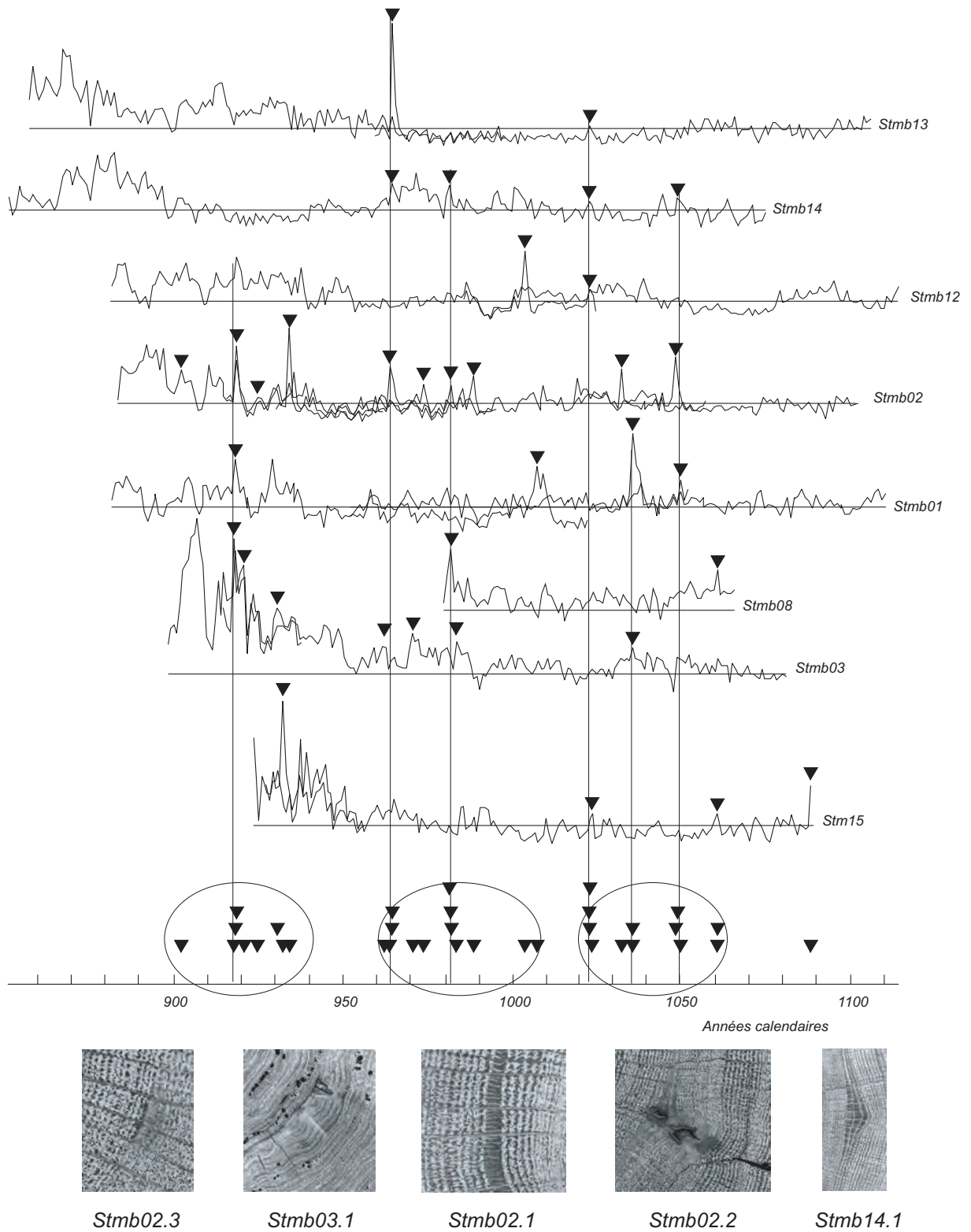


Fig. 16 : Cernes cicatriciels, blessures, nœuds et autres négatifs de coupes d'éclaircie (▼) enregistrés en cours d'existence par les chênes romans de Saint-Martin-de-Boscherville (V. Bernard et Y. Le Digol).



Fig. 17 : Blessures et anomalies de croissance observées chez des chênes actuels à la suite d'ouvertures du milieu et comparables à celles qui ont été enregistrées à Saint-Martin-de-Boscherville. De gauche à droite et de haut en bas : blessure consécutive à un débardage en cours de cicatrisation; cicatrice laissée par l'élagage d'une branche; à la surface du tronc d'un semencier, des chicots (branches mortes) apparaissent à la suite d'un re-développement du taillis dans les sous-étages; les broussins se concentrent sur les parties du tronc nouvellement exposées à la lumière; la chute d'arbres provoque fréquemment des arrachements d'écorces sur ceux qui restent sur pied (cl. V. Bernard).

Malgré tout, cette possibilité ne peut pas être totalement négligée.

Concernant maintenant l'émondage et l'élagage, la première de ces pratiques est bien connue depuis que plusieurs études dendrochronologiques ont été menées en parallèle sur des chênes bocagers vivants et sur des bois de constructions carolingiens et du bas Moyen Âge du nord-ouest de la France³⁷. Les stress liés à

comme en témoigne un curieux droit de cornage. Une enquête effectuée par ordre du roi en 1306 signale qu'il s'agit d'une "droiture que le roy prend deux ans en deux ans en la baronnie de Breouze et est la droiture telle que chacun homme qui a bestes aumailles, bestes a laine, porcs et chevrès payent par chacune beste aumaille, 16 d., pour chacune beste a laine 2 d., pour chacun porc 2 d., pour chacune chèvre 2 d., et ont toutes ces bestes patunage par toutes les terres le roy, gisantes et friches", ARNOUX et MANEUVRIER 2003, p. 18; DUCEPPE-LAMARRE 2006, p. 47-53.

37. BERNARD, RENAUDIN et MARGUERIE 2006.



Fig. 18 : Une image d'Épinal des exploitations forestières au Moyen Âge : le cernage des arbres sur pied (Isla Riesco, Patagonie, Chili). Cette pratique permettait, entre autres choses, de gagner rapidement des zones de pâturage sur la forêt. Malheureusement, hormis la toponymie de certains lieux en « cernoys », les traces archéologiques de telles pratiques restent absentes (cl. V. Bernard).

la suppression de toutes les branches d'un arbre sont bien plus violents et diffèrent totalement de nos observations. Cependant, l'élagage, beaucoup moins traumatisant, est aussi beaucoup plus difficile à mettre en évidence puisqu'il faut que le prélèvement dendrochronologique soit opéré au niveau de la branche sectionnée. Nous n'avons pas rencontré ce cas de figure à Saint-Martin-de-Boscherville; en revanche, un des tronçons prélevés sur un entrain de l'église de Neuf-Marché peut illustrer cet aspect (fig. 19). Si l'équarrissage médiéval de la pièce a supprimé les cernes qui recouvraient la plaie laissée par la coupe d'une branche, le bourrelet de cicatrisation est encore en partie visible. La difficulté est de savoir si cette branche a été coupée par un forestier pour améliorer l'allure de l'arbre ou par un berger pour donner du feuillage à ses bêtes. Toutefois, le rapport déjà établi à Saint-Martin entre la présence de blessure et des coupes d'éclaircie pourrait l'être également avec l'apparition de nœuds à la suite de ces périodes de régénération. En effet, dans les années qui succèdent l'abattage d'arbres en périphérie de nos chênes, des broussins et des gourmands se développent à la surface des troncs qui retrouvent la lumière. Mais ces jeunes pousses dépérissent et meurent habituellement assez vite du fait de la reprise de la végétation des sous-étages, sans quoi elles sont coupées lorsqu'elles deviennent gênantes.

Une dernière hypothèse consisterait en une solution (normande?) intermédiaire. Cette option doit être conservée, même si la convergence et le synchronisme de différents phénomènes, de même que l'apparition de trois phases bien distinctes en 900-930, 960-990 et 1020-1060 nous poussent davantage vers une cause anthropique.

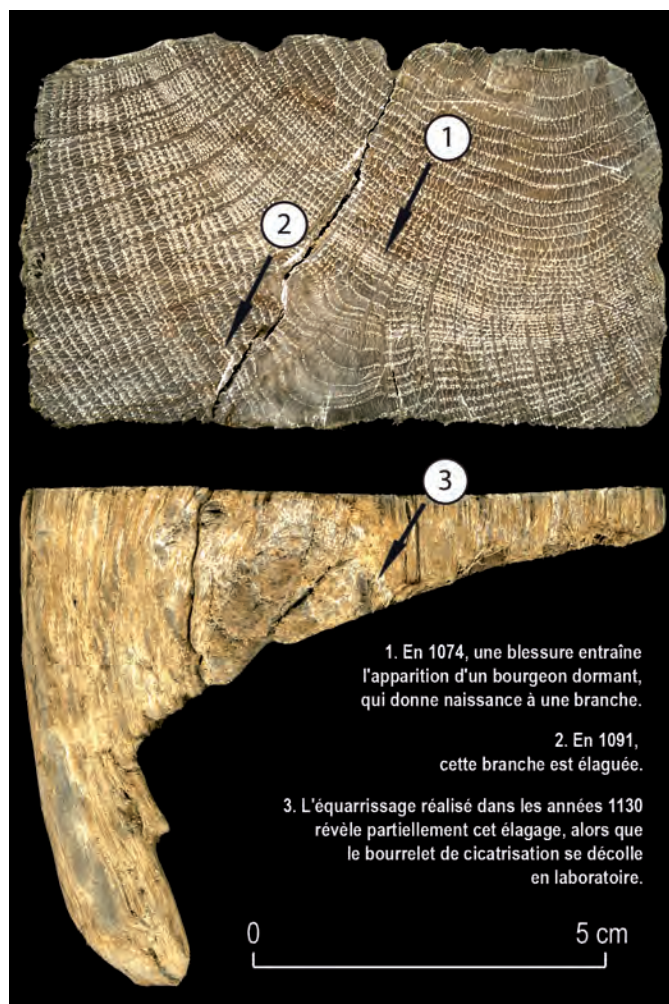


Fig. 19 : Plan transversal (haut) et tangential (bas) d'un fragment d'entraît en chêne provenant de la croupe de l'église de Neuf-Marché (cl. V. Bernard).

On pourrait donc voir à travers Saint-Martin-de-Boscherville un cas pratiquement unique de sélection et de mise en réserve d'arbres d'avenir, probablement à l'intérieur d'un taillis-sous-futaie, et cela, bien avant que soient édictées les grandes réglementations forestières. D'autres bois provenant également de sites des X^e-XII^e siècles dans des contextes très divers présentent des stigmates tout à fait comparables à ceux décrits ici, que ce soient les pieux des pêcheries du X^e siècle de Saint-Lô-d'Ourville (Manche)³⁸, des éléments de charpente de Neuf-Marché, ou certaines pièces architecturales de l'habitat aristocratique de

Pineuilh (Gironde)³⁹ mises en œuvre entre 977 et 1137. Après le XIII^e siècle, les cernes cicatriciels se font apparemment de plus en plus rares au sein de nos corpus d'échantillons dendrochronologiques. Faut-il voir ici une spécificité dans les traitements sylvicoles, les modes d'abattage ou d'extraction des arbres, ou encore des modes de faire-valoir agro-pastoraux propres à cette période en attente de réformes forestières? Toujours est-il que les négatifs d'une gestion précoce du potentiel forestier proche de Saint-Martin-de-Boscherville peuvent être mis en rapport avec la présence, sur le site même, de la famille des Chambellans de Normandie, l'une des plus puissantes du duché, et notamment un certain Rabel, officier du duc Robert le Magnifique (1027-1035) et commandant de la flotte ducal⁴⁰, dont un des ports secondaires était Boscherville. Il est probable que, vu ses fonctions, Rabel a pu recevoir de nombreux dons du duc en guise de rémunération, parmi lesquels se trouvaient peut-être des forêts.

Les essences de bois utilisées en charpenterie

La détermination de la plupart des essences de bois employées dans une charpente peut se faire à l'œil nu, sans observation microscopique, grâce aux différents plans anatomiques rendus accessibles par le travail des charpentiers. Ainsi, les mortaises et les différents types d'assemblages permettent d'accéder aux coupes radiales, transversales et tangentielles du bois, indispensables à une bonne expertise.

Le chêne, généralement pédonculé (*Quercus pedunculata Ehrh*) ou rouvre (*Quercus sessiliflora Smith*) dans la moitié nord de la France, possède un bois bien caractéristique, même s'il est très difficile de séparer les deux espèces anatomiquement, en l'absence de fruit, de feuille ou d'écorce. *In situ*, il se reconnaît aisément grâce aux nombreux rayons ligneux visibles (fig. 15) en section radiale prenant l'aspect de traits brillants formant dans le plan transversal une « maille » chatoyante caractéristique. De même, les petits vaisseaux poreux du bois initial (ou bois de printemps), visibles en section transversale au sein des cernes et placés perpendiculairement à eux, apparaissent sous l'aspect de minuscules flammèches (fig. 20).

Les nombreuses déterminations réalisées sur place ou à l'occasion d'analyses dendrochronologiques ont maintes fois démontré que le chêne est la seule essence employée dans les charpentes médiévales normandes (hors contexte vernaculaire, pour lequel les indices sont maigres, reconnaissons-le! voir *infra*).

38. PCR « Exploitation des milieux littoraux en Basse-Normandie » (coord. C. Billard, DRAC-SRA Caen et V. Bernard, CNRS C2A Rennes).

39. Fouille dirigée par F. Prodéo, INRAP.

40. LE MAHO et WASYLYSZYN 1998, p. 12.

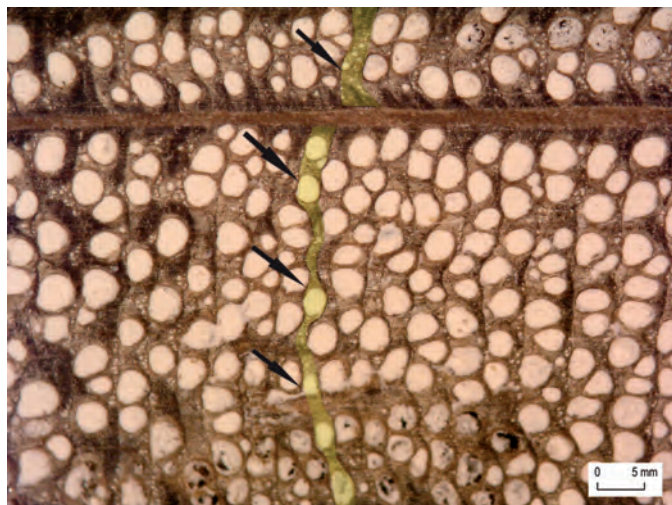


Fig. 20 : Section transversale de chêne. On remarquera les rayons ligneux (axe horizontal) et la structure poreuse des cernes (axe vertical), notamment dans la partie du bois formée au cours du printemps (gros pores). Ces caractères anatomiques particulièrement évidents à l'œil nu rendent le bois de chêne aisément identifiable. Pourtant, certaines années, comme 1137, de grande sécheresse, signent tous les bois normands des XII^e et XIII^e siècles d'un minuscule cerne (flèches) qu'il est parfois bien difficile de repérer (cl. V. Bernard).

Le chêne constitue, en effet, le matériau de prédilection des charpentiers en raison de propriétés mécaniques exceptionnelles qui lui permettent de travailler aussi efficacement en traction, qu'en flexion ou en compression. De ce fait, les forestiers lui ont réservé un traitement privilégié et cela, depuis le néolithique, si bien que sa large répartition géographique le rend accessible partout. On comprend dès lors que son emploi dans le bâtiment est attesté aussi bien dans le nord de la France, qu'en Bourgogne, en Anjou ou en Belgique⁴¹. Pour la Normandie, quelques textes confirment cette prédominance notamment les comptes de la fabrique de la cathédrale de Rouen qui mentionnent du XIV^e au XVIII^e siècle l'emploi systématique d'« arbres de chesne » pour les travaux de construction ou de réparation des charpentes⁴². De même, au sein des niveaux archéologiques médiévaux du XII^e siècle, la suprématie du chêne se confirme à Rouen, place de la Pucelle ou place du Théâtre des Arts⁴³. Notons cependant que les fondations d'une tour d'enceinte de la ville, construite au début du XV^e siècle place du Rectorat, employaient pour l'essentiel des pieux de hêtre. Mais les contraintes mécaniques imposées à ces pieux battus nous éloignent sensiblement de ce qui nous préoccupe ici.

Il faut bien évidemment reconnaître l'usage d'autres essences dans des régions où le climat ne favorise pas le développement du chêne comme dans les zones montagneuses qui emploient le mélèze au XI^e siècle⁴⁴, l'épicéa ou le sapin dans le Puy-de-Dôme au XIII^e siècle⁴⁵ pour des charpentes de combles.

Force est donc de constater que, dans nos contrées septentrionales, la priorité est toujours donnée au chêne. L'emploi d'autres essences pourra alors traduire ponctuellement des contextes naturels, socio-économiques, techniques ou culturels complexes, dont l'imbrication sera parfois bien difficile à démêler. Bien que cela ne soit pas encore avéré par la dendrochronologie en Normandie, il est fort probable qu'au Moyen Âge le peuplier, le bouleau, le charme, le tremble, le frêne ou l'orme ont été employés dans l'architecture vernaculaire comme cela se pratiquait à l'époque moderne et contemporaine, dans l'Eure par exemple pour les charpentes de chaumières⁴⁶. Une grange-étable du XVII^e siècle située dans une ferme à Jumièges en Seine-Maritime est entièrement construite en orme. Le frêne est parfois mentionné dans les textes du XV^e siècle pour servir de poteau ou d'étau rapporté lors de restaurations⁴⁷.

Rappelons enfin que l'emploi du châtaignier dans les charpentes médiévales, en France septentrionale, demeure une légende sans fondement puisqu'aucune structure réalisée avec ce bois n'a été identifiée à l'exception d'un cas isolé qui confirme la règle : la charpente à fermes et pannes de l'église de Champagne-sur-Oise, datée de 1233/1234d par le laboratoire de Rennes. En effet, le châtaignier ne présente pas comme le chêne de rayons ligneux multisériés qui assurent la cohésion radiale des cernes. Ainsi, du fait de roulures fréquentes, les cernes se délitent facilement, donnant un bois peu résistant aux efforts transversaux et peu favorable à la taille et aux travaux de charpenterie, à moins de surdimensionner les sections des pièces. Ses propriétés fissiles l'autorisent cependant à être utilisé par les feuillardiers ou cercliers, lattiers et autres métiers du bois de fendage. Il peut aussi être employé dans les planchers comme solives et sommiers si ces derniers sont dépourvus d'assemblage. De même pour certaines toitures constituées d'un simple chevronnage, posé sur des pannes ancrées dans les murs, comme dans certains habitats du Massif central.

En ce qui concerne les chevilles utilisées dans les charpentes, il s'agit exclusivement de chêne à l'exception de deux chevilles en noisetier identifiées dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen, vers 1230d, en pied de triangulation. Ces chevilles étaient destinées à renforcer précisément cet assemblage qui, sur

41. HOFESUMMER 1989a, p. 236; LE PORT 1987, p. 370 et 375; GARRIGOU-GRANDCHAMP et SALVÉQUE 1995, p. 39; HUNOT 2001, p. 28.

42. AD Seine-Maritime, G 2483, G 2508, G 2505, etc.

43. BERNARD 1998.

44. PARRON et TILLIER 1995, p. 257-261.

45. RENAUD et SÉRAPHIN 1999, p. 210-217.

46. Information aimablement fournie par M. Roland Tison, couvreur à Boisney (Eure).

47. AD Seine-Maritime, G 501bis, G 470. Cité dans LARDIN 1995, p. 60.

les autres fermes, était bloqué avec des chevilles en fer. En effet, cet assemblage résiste à des efforts de traction considérables puisqu'il permet de suspendre l'entrait au moyen du poinçon. Le noisetier, par la très forte cohésion transversale de ses fibres, devait donc assurer convenablement cette résistance, au moins de manière provisoire, au même titre que les chevilles en fer qui ne devaient pas être en nombre suffisant pour cheviller tous ces assemblages.

Chênes bocagers⁴⁸, chênes tors : des bois de construction adaptés?

On connaît les réserves habituelles des historiens à propos de l'idée d'un bocage antérieur au XV^e siècle⁴⁹. « On sait combien, par exemple, la célèbre phrase de Wace sur "ceux des plaines et ceux du bocage" a été interprétée de manière différente par les auteurs de ces cinquante dernières années. Il est vrai qu'au XIII^e siècle, le terme de "bocage" est encore utilisé pour désigner un espace boisé ou cerné de bois, encore peu aménagé. C'est dans ce sens que le mot est utilisé vers 1260 dans la grande enquête sur le domaine royal : *"sus le castel du Pont Audemer, IX acres et demie de bois de la Souleite lesqueles doivent remaneir en boscage"*. Toutefois, le fait que le terme "bocage" désigne au Moyen Âge une réalité géographique et paysagère différente de celle à laquelle il s'applique aujourd'hui ne suffit pas à affirmer que le bocage – dans le sens où nous l'entendons actuellement – n'existe pas au XIII^e siècle⁵⁰.

Malgré toutes ces réserves, en ce qui nous concerne, nous emploierons les termes de « bocage » et de « haie » par facilité de langage pour désigner un milieu boisé ouvert susceptible de produire des arbres dont les faciès morphologiques et dendrologiques présentent de grandes similitudes avec ceux qui peuvent être observés sur des arbres du bocage moderne⁵¹ (fig. 21).

Dans les régions où les espaces forestiers ont été réduits depuis longtemps à la portion congrue, comme en Bretagne⁵², dans le Cotentin ou dans le pays d'Auge⁵³, le bois, quel que soit son aspect, est précieux, surtout s'il est de grande longueur. Aussi, les constructeurs des cathédrales de Bayeux, Dol-de-Bretagne ou Saint-Brieuc, qui ont employé abondamment des arbres émondés et tors, ont eu recours aux ressources que leur fournissaient



Fig. 21 : Chênes bocagers après émondage dans le bassin de Rennes (Ille-et-Vilaine). Des poutres aux boursouflures en tout point comparables aux nœuds visibles ici ont été observées dans les charpentes de la cathédrale de Bayeux (cl. V. Bernard).

localement les terres incluses dans les biens fonciers ecclésiastiques. Cette remarque nous renseigne sur deux aspects. Le premier est qu'un traitement similaire devait être réservé aux arbres, que leur propriétaire soit religieux ou laïc, aisé ou de revenu modeste. On peut donc raisonnablement envisager que l'allure des paysages de ces secteurs était globalement homogène, sans qu'une silhouette d'arbre ne puisse forcément trahir la raison sociale de son possesseur. Le second est que le paysage devait être suffisamment ouvert et pauvre en futaies pour limiter l'approvisionnement en bois d'œuvre aux seuls bosquets, haies et autres zones marginales.

Car il ne faut pas pour autant s'imaginer que le bois de bocage, actuellement déclassé, marquerait nécessairement le statut modeste de son propriétaire et aurait été employé au

48. BERNARD 1998; BERNARD, RENAUDIN et MARGUERIE 2006.

49. ANTOINE 2002; ANTOINE et MARGUERIE à paraître; PICHOT 2001; ZADORA-RIO 1968.

50. ARNOUX et MANEUVRIER 2003, p. 13.

51. BERNARD 1998; BERNARD, RENAUDIN et MARGUERIE 2006.

52. GAUDIN 2004.

53. ARNOUX et MANEUVRIER 2003, p. 9.

mépris des nombreux défauts de tels bois⁵⁴, mais aussi au détriment de la robustesse de la structure. Il semble évident que l'état des ressources forestières locales, mais aussi les réglementations qui en limitent l'accès, transparaissent à travers le recours à ce type particulier de bois d'œuvre. Pourtant, l'homme a su tirer parti au mieux des défauts d'un matériau qui, loin d'être la panacée, a pourtant été largement exploité pour des constructions prestigieuses ; il a su tourner à son avantage courbures, nœuds, fourches naturelles pour en faire les véritables atouts de ce matériau. Malgré tout, ces défauts constituent autant de points faibles au sein des structures, et les constructeurs, aussi ingénieux et inventifs soient-ils, n'ont pas toujours pu ou su les éviter.

Si la notion de qualité est bien relative selon des critères de mode, selon les réseaux d'approvisionnement ou selon les nécessités, cette remarque s'applique particulièrement bien aux bois produits par l'homme au sein de haies, de pâturages, de bocages ou de pâtures-sous-futaie. En cela, l'approche dendrochronologique n'est pas aisée car, comme le rappelle justement Andrée Corvol-Dessert⁵⁵, l'essentiel de la production de bois issus des haies et des taillis vise moins à construire, réparer ou chauffer l'habitat qu'à fournir les énormes quantités de fagots indispensables pour cuire le pain. De ce fait, les troncs d'arbres dont on garde la trace restent moins nombreux que la masse considérable des fagots fournis. Et les critères anatomiques seuls nous sont de peu de secours lorsqu'il s'agit de distinguer les produits d'un recépage et d'un émondage, ou ceux d'une haie bocagère et d'un taillis. Finalement, ces deux pratiques se différencient par la hauteur de la coupe : les branches sont rendues accessibles au bétail dans un cas, alors qu'on les leur soustrait dans l'autre.

Fort heureusement, grâce à la signature dendrologique de l'émondage, le doute n'a plus sa place lorsqu'on aborde les périodes médiévale ou moderne. Nous disposons ainsi d'arguments à la fois typologiques et anatomiques pour démontrer que de telles pratiques bocagères ont été développées dans des régions du nord de la Loire, dès l'époque carolingienne. Bien sûr, le Bassin parisien est loin de représenter actuellement dans sa globalité un secteur typiquement bocager, même si on peut observer en Thiérache ou dans le pays de Bray par exemple des haies et des arbres émondés. Cependant, l'idée d'un émondage carolingien en divers points de notre zone d'étude semble désormais admise.

Bayeux : une ville médiévale au milieu du bocage ?

Le cas de la ville de Bayeux des XII^e-XIII^e siècles est tout de même singulier, puisque d'un côté, à la cathédrale, on profite de la courbure naturelle des arbres pour adapter au plus près la charpente à la maçonnerie semi-circulaire du déambulatoire, mais, pour des besoins plus classiques, le chantier est approvisionné en chevrons de grande longueur (8 m), qui tranchent particulièrement avec les bois précédents, à tel point qu'il semble impossible pour un même milieu de produire à la fois des éléments trapus et courbes, et d'autres longilignes.

D'un autre côté, la maison canoniale impasse Prud'homme (1226d), autre possession de l'évêché, présente dans sa charpente les mêmes bois tors, parfaitement contemporains de ceux de la cathédrale. Ici, si la courbure des jambettes et des aisseliers a été mise à profit lors du lambrissage de la charpente pour donner à l'ensemble un cintre élégant, en revanche, les chevrons n'ont rien de rectiligne et ne sauraient être comparés à ceux de la cathédrale dans leur allure et leur réaction à la flexion. Les longues pièces de couverture de la cathédrale répondaient, à n'en point douter, à des besoins, voire à une commande spécifique. Mais, les terres de l'évêque étaient-elles suffisamment étendues, variées et bien gérées pour fournir ce genre de matériau ? Pour l'heure, seules des études d'archives pourraient nous éclairer sur ce point. Quoi qu'il en soit, les chevrons de la cathédrale répondaient à une contrainte mécanique, pour une très grande hauteur de comble. Quant aux chevrons de la maison canoniale, des bois tors ont été privilégiés du fait des plus faibles portées et probablement de la proximité des lieux d'approvisionnement, réduisant ainsi le coût du transport et celui du matériau, mais surtout du fait de la dissimulation de l'ossature de la charpente et de la nature des bois par le lambrissage de la voûte. La même remarque peut s'adresser aux bois tors employés dans la cathédrale, cachés dans des combles obscurs, ouverts seulement aux regards de quelques artisans ou de rares dendrochronologues.

Ainsi, le bois de haie ou de bocage est utile et accessible. Il comporte beaucoup de qualités mécaniques qui en font le bois d'œuvre par excellence du monde rural des pays de bocage, mais aussi de l'architecture navale. Quant à ces défauts, ils se limitent souvent à l'aspect esthétique et c'est le plus souvent une méconnaissance globale du bois qui conduit à des lésions des pièces ou de la structure. Loin de constituer un bois noble de menuiserie, il s'agit au contraire d'un bois indigène et rustique, idéal pour les charpentes, faute de bois de droit fil et de hautes futaies.

Lorsque les limites du potentiel forestier ne permettaient pas d'effectuer un choix du matériau selon les exigences du chantier ou des canons en cours à l'époque, le bois de haie ou de bocage

54. Nœuds, escarres, départs de branches, sinuosité des fûts...

55. CORVOL-DESSERT 2002, p. 49.



Fig. 22 : Bois tors du déambulatoire (1225d) de la cathédrale de Bayeux.

contribuait à pallier ce défaut d'approvisionnement (fig. 21). En effet, les charpentes du croisillon nord (1250d), du déambulatoire (1225d) de la cathédrale et de la maison canoniale de l'impasse Prud'homme (1228d) présentent en grande majorité des bois tors (fig. 22). Leur torsion était telle que les charpentiers ont dû modifier les assemblages et la disposition de certains éléments pour pouvoir insérer ces bois dans la superstructure (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 75-77). Parfois, des greffes ont été nécessaires sur des chevrons pour corriger leur déviation ou pour prolonger leur extrémité. Certains poinçons n'ont pu être assemblés en tête des chevrons, de même pour des écharpes aux chevrons, où parfois l'écharpe est constituée de deux pièces au lieu d'une. Il semble donc que ces bois, habituellement délaissés lors de la sélection des arbres sur pied en raison des difficultés de leur mise en œuvre, ont été abattus pour combler une carence en bois d'œuvre de droit fil. Il convient de remarquer cependant que les charpentes construites avec ces bois tors n'ont pas connu de désordres statiques particuliers du fait de la nature de ces bois. En revanche, les problèmes sont plus fréquents lors de la mise en flexion d'arbres émondés.

Il est intéressant de noter que ce particularisme s'observe spécifiquement à Bayeux sur trois charpentes distinctes de la première moitié du XIII^e siècle et dans une moindre mesure aussi dans la charpente du bras sud (1223-1226d) de la cathédrale où la torsion des bois est moins prononcée mais où la forte varia-

bilité des sections a été corrigée à la scie. Il est probable que l'éloignement des grands massifs forestiers par rapport à cette ville explique cette difficulté d'approvisionnement et justifie l'emploi massif de bois tors, peut-être issus du « bocage » bayeusain, en tout cas d'un milieu forestier peu dense laissant la place aux chênes pour s'épanouir en largeur plus qu'en hauteur. La présence de nombreux départs de branches ne laisse que peu de doutes quant à cette hypothèse. Sachant d'autre part que l'évêché était le principal commanditaire de ces charpentes, on ne saurait incriminer une éventuelle indigence pour l'approvisionnement de ces chantiers mais plutôt une caractéristique générale du potentiel forestier limitrophe de Bayeux.

L'emploi de bois tors a toujours su respecter la morphologie de l'arbre dans la construction, et les déformations naturelles du bois sont toujours mises à profit au sein de la charpente dans la mesure où elles offrent un avantage particulier pour la mise en œuvre d'une structure biaise, oblique ou courbe. Les jambes de force, aisseliers et entrails retroussés de la charpente voûtée de l'église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais (Calvados), mise en place vers 1144d, ont une courbure naturelle qui s'intègre parfaitement dans le profil de la voûte (Mesnil-Mauger, église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais, fig. 6). De même, les poteaux des bas-côtés de la grange de la léproserie Saint-Lazare à Beauvais (fig. 23), les



Fig. 23 : Bois tors de la grange Saint-Lazare de Beauvais (1219/1220d).
On note comment les bois ont été disposés selon leur courbure pour répondre au mieux à la reprise des charges ou pour épouser les contours des maçonneries.

sablères hautes et basses du portique du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 28) ou les goussets du hourd du château de Laval⁵⁶ (fig. 24), ont tous été taillés dans des bois naturellement cintrés. Dans certains cas, leur courbure a été spécifiquement recherchée à cet effet et la sélection des arbres sur pied à l'aide de mesures préétablies a permis de pourvoir à un besoin précis. Cette déformation naturelle se transforme, par l'usage particulier qui en est fait, en une qualité rare recherchée en tant que telle. Si l'on en juge par l'abondance des bois d'émondes parmi les membrures de charpentes navales depuis le XVI^e siècle⁵⁷, il paraît évident que la courbure naturelle de ces arbres a été mise à profit, alors même que des traités de sylviculture et de



Fig. 24 : Enrayure du hourd de Laval. Des arbres naturellement cintrés ont été spécialement recherchés pour ce chantier. La présence de noeuds et de départs de branches abondants, ainsi que de cernes cicatriciels, suggère l'emploi d'arbres de lisière et/ou de haie (cl. V. Bernard).

charpenterie marine des XVIII^e et XIX^e siècles⁵⁸ préconisent la sélection d'arbres forestiers tors ou expliquent la manière de les conduire de façon à les rendre courbes. Il s'avère ainsi que les bois bocagers ou de lisière présentent, en plus de leurs formes, toutes les qualités requises pour la charpenterie, à savoir la dureté et la résistance du fait de croissances rapides. De même, leurs fibres entremêlées fournissaient des bois ne se fendant pas⁵⁹.

L'adaptation des bois au profil des maçonneries témoigne de l'étroite coordination dans l'élaboration des travaux entre le maître d'œuvre de maçonnerie et celui de charpenterie dès le début du chantier, avec la définition d'un projet commun et d'un programme d'abattage. Ainsi, les charpentes de la chapelle de Chanu (1183-1192d), de la chapelle des Vaux (1224d) à

56. BERNARD et LE DIGOL 2004, rapport d'analyses dendrochronologiques inédit, UMR 6566 C2A, Rennes : 15 p.

57. BERNARD 2001 ; DONGUY *et al.* à paraître.

58. Voir DUHAMEL DU MONCEAU 1764.

59. BALLU 2000



Fig. 25 : Entrait courbe assurant le franchissement de l'extrados des voûtes maçonnées (disparues), chapelle de Vaux, Gisors (Eure), 1224d.

Gisors et de l'église de Quatremare (début XIII^e siècle) dans l'Eure sont posées sur des voûtes particulièrement bombées, pénétrant profondément dans le comble (fig. 25). Les entrails de ces charpentes sont taillés dans un bois tors dont la courbure naturelle épouse au mieux celle de la voûte sous-jacente et qui suppose que la sélection de l'arbre sur pied prévoyait la forme de ces voûtes non encore construites.

Parfois, l'impossibilité de trouver le bois tors adéquat, notamment des entrails courbes de grande portée, obligeait les charpentiers à adopter des solutions alternatives peu fonctionnelles comme le rehaussement de l'entrait par rapport aux sablières à la chapelle de Vaux (1224d) à Gisors, au cœur de Sainte-Marie-aux-Anglais (début XIII^e siècle) ou à Fontaine-le-Pin dans le Calvados (fin du XII^e siècle) où la charpente couvrant les voûtes est tout simplement dépourvue d'entrait.

Des bois denses, madrés, noueux, fourchus...

L'emploi d'arbres émondés dans deux sites du haut Moyen Âge ne semble pas anodin si l'on considère la nature particulière des

aménagements en bois qui les accueillait : en effet, à Belle-Église dans l'Oise et à Saleux dans la Somme, ces bois ont été découverts dans des biefs, au niveau des vannes de deux moulins. La rareté de ce type de bois avant le XV^e siècle tendrait à indiquer que les contraintes liées à la pression de l'eau et à la rotation de la roue à aube étaient si fortes qu'elles nécessitaient le recours à des bois denses, madrés et noueux. D'ailleurs, plusieurs restaurations hivernales ont été observées à Belle-Église, ce qui montre bien la force du courant en période de pluies abondantes, les efforts infligés aux parties mobiles mais aussi l'érosion des pièces de bois⁶⁰.

Les contraintes mécaniques qui pesaient à la fin du XII^e siècle sur les pièces du beffroi de Bayeux étaient au moins aussi importantes (fig. 26). Pour cette raison, la carrée du beffroi est entièrement constituée de poutres de chênes madrés et surdimensionnés, avec un diamètre des arbres estimé à 80 cm environ, et qui présentent d'abondants stress de croissance. La fibre ainsi entremêlée donne un bois très résistant à la compression, ce qui permettait à la fois de supporter la masse et la violence du branle des quatre cloches en action. La présence d'éléments taillés dans

60. BERNARD 1998a.



Fig. 26 : Poteaux d'ossature taillés dans un bois d'émonde particulièrement noueux. Beffroi de la cathédrale de Bayeux, 1195d.

de l'orme, réputé chez les charrons pour sa grande résistance, n'est pas non plus ici anodine.

À Laval, dans la maison à pan-de-bois sise au 9-11, Grande-Rue, bâtie en 1462⁶¹, l'essentiel des pièces constituant les niveaux de sol et la charpente de comble proviennent à l'évidence d'un massif forestier parfaitement géré dans des cycles d'au moins 120 ans. En revanche, les gros poteaux d'angles qui supportent en compression l'essentiel des charges du bâtiment ont été sélectionnés au sein d'un peuplement lâche favorisant la production de troncs trapus, branchus et noueux au détriment de fûts longilignes. On imagine assez bien ce type d'arbre se développer au sein de haies.

Ces arbres, qui se développent sans véritable concurrence du fait de la faible densité de leurs peuplements, présentent parfois des hauteurs parfaitement ridicules. Ainsi, lorsque les ressources

locales sont pauvres en sujets de grandes dimensions, l'approvisionnement des chantiers valorise au maximum le potentiel mis à disposition. C'est pour cette raison que les fourches des arbres sont fréquemment conservées de façon à augmenter la longueur de fût utile pour atteindre une portée suffisante comme au manoir de Mézarnou à Plouneventer (Finistère) ou à l'abbaye de Bonport (Eure). À Guingamp dans la maison Merien Chero, la fourche a été placée cette fois à califourchon sur un poteau d'angle de la structure à pan-de-bois pour servir d'équerre et maintenir ainsi fermement l'angulation du bâtiment. Plus rarement, lorsque des arbres fourchus ne sont même pas disponibles, le système racinaire de l'arbre sera extrait par « culée noire », de façon à utiliser la plus grande longueur possible⁶².

Pourtant, des défauts majeurs dans la structure anatomique du bois de haie sont bien souvent la cause de lésions, voire de fractures de pièces d'architecture. C'est le cas notamment lorsque des chancres se forment à la suite d'émondages répétés : la cicatrisation est alors incomplète, ouvrant ainsi la voie aux pourritures et aux attaques de champignons dans l'aubier, mais aussi dans le bois de cœur. Et lorsque ces arbres sont employés horizontalement comme sommier dans un niveau de sol, et qu'une charge vient les mettre en flexion, les fractures sont presque inéluctables. De même, les troncs qui présentent un aspect vrillé se voient fragilisés par un équarrissage qui va entamer l'intégrité d'une fibre torse, déjà sensible aux variations d'humidité. Des fentes longitudinales sont alors bien visibles et se forment de préférence le long des petits cernes provoqués par les émondages. En effet, la structure anatomique du cerne du chêne présente une grande hétérogénéité, entre un bois de printemps, à gros vaisseaux et de faible densité, et un bois d'été à petits vaisseaux et de forte densité. Cela explique ainsi que les chênes à croissance rapide, qui présentent une forte proportion de bois d'été dans leurs cernes, sont plus denses, plus lourds et plus résistants que les bois à croissance lente. Compte tenu du fait que le stress de l'émondage oblitère pendant 2 à 3 ans le développement du bois d'été, on comprend que la présence tous les 9 à 12 ans d'une zone de bois tendre⁶³ au sein d'un bois dur puisse entraîner ce type de faiblesse statique sur des éléments de grande portée.

En conséquence, les réparations tardives à l'aide d'étais, de greffes de bois neufs ou de cerclages de fer sont abondantes et témoignent une fois encore, lorsque les poutres défectueuses n'ont pas été remplacées complètement, des soucis liés à l'approvisionnement en bois. Le cas

62. L'abbaye Saint-Aubin à Angers conserverait, dans l'une de ses charpentes, un arbre extrait par « culée noire ». Communication orale de O. Girardclos, CEDRE, Besançon.

63. La masse volumique d'un chêne à croissance lente avoisine les 600 kg/m³, contre pratiquement 1 t/m³ pour un chêne à croissance rapide.

61. LE DIGOL et BERNARD 2003.



Fig. 27 : Entrait rompu lié à la présence d'un nœud. Église de Quatremare (Eure), début du XIII^e siècle.

de la rupture de l'entrait de la charpente de l'église de Quatremare du début XIII^e siècle dans l'Eure est assez éloquent (fig. 27). Mais on notera tout de même que les problèmes mécaniques apparaissent le plus souvent bien après la mise en œuvre de la structure, lorsqu'une charpente doit supporter un matériau de couverture plus lourd que celui prévu à l'origine, par exemple quand la tuile ou l'ardoise sont préférées au chaume ou au roseau, ou quand un niveau de sol déjà très lourd subit une recharge lors d'une réfection.

Bois « vert », bois sec

Contrairement aux recommandations des traités de charpenterie écrits depuis le XVI^e siècle par des architectes, des lettrés et non par des charpentiers, l'emploi quasi systématique de bois verts semble aujourd'hui avéré pour l'ensemble des constructions médiévales⁶⁴. Le comportement physiologique d'un bois évolue selon la teneur en eau contenue dans ses fibres. Un bois fraîchement abattu présente une teneur en eau proche de 100 %. Lors de la mise en place d'une charpente, les fentes de dessiccation apparaissent sur

les bois dès lors que leur taux d'humidité chute pour trouver un équilibre avec celui de l'air ambiant du comble. Pour un bois stocké à l'extérieur avec une humidité relative de l'air à 90 %, il atteint un taux d'équilibre de 30 % environ après plusieurs années pour un bois de 20 x 20 cm de section⁶⁵; placé à l'intérieur au sec avec une humidité relative de 60 %, il l'atteint à 12 ou 13 %⁶⁶ beaucoup plus vite qu'en extérieur. Passée en dessous de 30 %, cette chute provoque une rétractation des fibres qui est d'autant plus grande et plus longue dans le temps que les cernes sont larges⁶⁷. Ce séchage se produit après la mise en place de la charpente et la pose de la couverture, quand le taux d'humidité du bois s'équilibre avec celui du comble. Les fibres ligneuses se rétractent alors sur les plans transversaux de la pièce, avec un retrait tangentiel plus important que le retrait radial, limité par les rayons. Le retrait longitudinal est quasiment nul, de l'ordre de

65. ABRAHAM, BRINDEL-BETH, FLORENTIN et MAISONNEUVE 1993, p. 74.

66. BARY-LENGER et NEBOUT 1993, p. 142.

67. Pour le lambris, les bardeaux et autres pièces de menuiserie obtenues par fendage, les bois à cernes étroits sont privilégiés non pas en raison du retrait moindre de leurs fibres et d'une durée de séchage plus courte, mais parce que leur croissance lente et régulière, lorsque le bois est de forte section et dépourvu de nœud et de départ de branche, se prête plus facilement au fendage radial, sans trop de pertes. En effet, les déformations des planches sur maille sont quasi nulles, mais cela tient plus au plan de débitage qu'au type de croissance.

64. HOFFSUMMER 1989a, p. 271; HUNOT 2001, p. 34; ORCEL et DORMOY 1995, p. 211; TRÉNARD 1992, p. 69; MILLE 1996; CHAPELOT 2003.



Fig. 28 : Marque d'assemblage déformée par une fente de séchage.
Cathédrale de Rouen, 1227-1232d.

0,01 % pour une variation de 1 % d'humidité, contre 0,1 à 0,4 % pour les retraits transversaux⁶⁸. Dès lors, quand le retrait intervient, les traces d'établissement laissées sur la surface des bois se voient déformées par des fentes de séchage. C'est effectivement ce qui a pu être observé pour de nombreuses marques d'assemblage et de traces d'équarrissage, comme des cupules de doloire ou des traits de scie, traversés et déformés par des fentes de séchage (fig. 28). Ces observations sont presque systématiques dans le cadre de nos recherches sur les charpentes médiévales. Il apparaît d'autre part que si des fentes de séchage étaient apparues avant l'établissement des bois, les charpentiers auraient inscrit les marques d'assemblage non pas sur ces fentes mais à côté. De plus, les flancs de nombreux bois qui étaient droits et parallèles

lors de leur taille ont perdu leur planéité d'origine en raison du retrait. Pour toutes ces charpentes des XI^e-XIII^e siècles, le séchage des bois s'est donc effectué peu de temps après leur mise en place.

Il convient d'apporter une nuance à ce propos. Les fentes apparaissent lors de la chute du taux d'humidité du bois lorsqu'il s'équilibre avec celui du comble. Ce retrait peut intervenir plusieurs années après la coupe de l'arbre si ce dernier est stocké en extérieur à l'air libre. Vu les conditions pluviométriques en Normandie, un bois d'œuvre stocké dehors peut maintenir très longtemps son taux d'humidité au-dessus de 30 %, taux au-dessous duquel le retrait intervient. Ceci n'interdit donc pas le stockage d'un bois pendant plusieurs années et un retrait de ses fibres lié à la différence du taux d'humidité du comble, après son levage, des années donc après son abattage. Pour que ce stockage en extérieur soit parfaitement efficace et assure une bonne conservation du bois, le bois doit être équarri et posé sur cales pour l'isoler du sol. Il pourra alors être utilisé au bout de plusieurs années, sans risque de déformation ni de dessiccation. En revanche, à même le sol et non purgée de son aubier, la pièce pourrait rapidement après son abattage⁶⁹.

La déformation des marques d'assemblage par des fentes de séchage n'est donc pas une preuve de l'emploi d'un bois «vert», abattu récemment, mais plutôt d'un bois «frais» dont le taux d'humidité vient de chuter brutalement, ce qui n'interdit pas un stockage. Le cas de la cathédrale de Bayeux, que l'on développera un peu plus loin, est éloquent : sur le bras nord, la charpente a été mise en place en 1250d mais elle comprend une dizaine de bois abattus en 1218d⁷⁰, issus vraisemblablement du surplus d'un précédent chantier. Ce cas reste exceptionnel : dans la plupart des cas où les datations dendrochronologiques ont pu être corrélées avec des sources textuelles, on constate que les bois sont utilisés dans l'année qui suit l'abattage. Les bois de la charpente de la nef de la cathédrale de Lisieux ont été abattus en automne-hiver 1182-1183d et l'évêque Arnoul évoque son achèvement dans une lettre écrite entre 1182 et 1184⁷¹. À Auxerre, les bois du chœur de la cathédrale ont été datés de 1235-1236d et les *Gesta* des évêques d'Auxerre indiquent une fin du chantier en 1234⁷². Les études textuelles menées sur le chantier de la cathédrale de Sens ou de l'abbaye de la Chaise-Dieu confirment pour les XIV^e et XV^e siècles la mise en place de bois d'œuvre aussitôt après leur abattage ou dans l'année qui suit⁷³. Les datations dendrochronologiques et les

69. Je remercie Jean-Michel Huré, forestier en Auxerrois, pour cette information.

70. Archéolabs réf. ARC95/R1722D.

71. ERLANDE-BRANDENBURG 1978, p. 146.

72. HOFFSUMMER 2002, p. 100.

73. CAILLEAUX 1999, p. 370; COSTANTINI 1996, p. 95.

68. ABRAHAM, BRINDEL-BETH, FLORENTIN et MAISONNEUVE 1993, p. 75.

millésimes de charpentes se correspondent aussi dans la plupart des cas comme pour les halles de Questembert dans le Morbihan, datées de 1674-1675d et millésimées en 1676⁷⁴.

La rapidité d'exécution des charpentes après l'abattage s'explique par des raisons techniques puisque l'emploi de bois frais facilite le travail de taille à la hache, que ce soit pour l'équarrissage, le creusement des entailles, des mortaises ou le percement des trous de cheville à la tarière. *A contrario*, l'emploi délibéré de bois secs pour une charpente suppose un entreposage de plusieurs centaines de grumes protégées de l'humidité, sous abri. Le surcoût que représenterait ce stockage pendant des années, avec l'entretien, la surveillance et la location des terrains serait trop lourd pour la gestion d'un chantier. De plus, il est difficile d'anticiper de plusieurs années sur les besoins d'un chantier de charpenterie. L'emploi de bois secs n'est donc conciliable ni avec la pratique de la taille, ni avec les réalités économiques d'un chantier.

Il convient de rappeler toutefois que l'emploi de bois verts ne s'appliquait pas à tous les métiers du bois. Les menuisiers utilisaient souvent des bois séchés pour leurs travaux comme en 1467 pour la fabrication des stalles du chœur de la cathédrale de Rouen : « *A Jehan Boucher huchier marchand de aes demourant a la rue percie a Rouen pour l'achat de XXVI aes de quesne scechez de dix pies de long et de deux pousses de refait ou environ pour servir en planches desdictes chaeres parmy d'autres aes verts* »⁷⁵. Il aurait été du plus mauvais effet de voir des stalles – ou tout autre mobilier réservé à l'élite – se déformer ou être dotées d'assemblages disjoints du fait d'un séchage mal contrôlé. De même, les pièces de retables richement sculptées ou encore les panneaux de bois⁷⁶ peints imposaient, évidemment, un traitement différent de celui réservé aux bois de charpente. Il est vraisemblable que les nombreuses légendes concernant le séchage des bois proviennent de la confusion entre les métiers de charpentier et de menuisier, dont la spécificité d'utiliser des bois « menus », n'apparaîtra pas avant le XIV^e siècle⁷⁷.

Notons aussi que les chevilles étaient obtenues par fendage de bois verts comme en témoigne un compte de 1553 qui mentionne l'achat pour une charpente rouennaise d'« *une piece de boys vert a faire des chevilles pour les crevons* »⁷⁸. En effet, le clivage d'un bois frais est plus aisé que celui d'un bois sec, sous peine de le voir se casser net.

Le stockage des bois

Après ce que nous venons de décrire, l'emploi de bois secs semble parfaitement incompatible avec les techniques de taille ou l'économie d'un chantier. Toutefois, on peut rencontrer quelques cas d'utilisation de vieux bois issus de stocks très volumineux, comme par exemple, ceux prévus pour des cathédrales où plusieurs charpentes sont montées successivement. Presque inévitablement, des surplus transitent d'un chantier à un autre, sur des intervalles plus ou moins longs.

L'exemple du **bras nord du transept de la cathédrale de Bayeux** illustre très bien ce propos : sur les 15 prélèvements dendrochronologiques, cinq proposent un abattage l'hiver 1217/1218d et les dix autres 1250d environ. Aucune différence dans la section des pièces, la structure ou le marquage des assemblages ne permet de distinguer ces deux lots de bois au sein de la charpente. Ils ne présentent aucune trace de réemploi (entaille ou mortaise vide, marque d'assemblage isolée...) et sont par ailleurs dispersés aléatoirement dans la charpente. En complément des bois abattus en 1250d pour les besoins de ce chantier, les charpentiers ont donc récupéré des bois provenant du surplus d'un précédent chantier de la cathédrale. Tous les bois abattus en 1250d sont tors, contrairement à ceux de fil droit abattus en 1218d qui ont servi notamment pour plusieurs poinçons. Il est donc possible que ces bois stockés aient été délibérément récupérés pour combler un manque de bois droits nécessaires à la charpente. La mise en œuvre de ces vieux bois est identique à celle des bois verts, et leur séchage s'est effectué après la pose des bois, ce qui suppose un stockage de plus de 30 ans à l'extérieur dans de bonnes conditions hygrométriques.

Un cas similaire a été rencontré dans les charpentes de la cathédrale Saint-Paul à Liège où des bois provenant de la première campagne de construction (vers 1251) n'ont été employés que 50 ans plus tard, lors de la campagne suivante en 1300⁷⁹.

Si quelques rares cas de réemplois peuvent être attribués à des bois achetés à des marchands⁸⁰, il semble que l'entrepôt permanent ne puisse non plus correspondre à la réalité du commerce du bois d'œuvre puisque toutes les mentions d'achat de bois pour la fin du Moyen Âge et l'époque moderne témoignent de livraisons effectuées juste après l'abattage et précédant de peu le chantier de charpenterie. Pour la construction de la charpente du croisillon sud de la cathédrale de Sens en juin-juillet 1497, les bois ont été sélectionnés, abattus et équarris au cours de l'année précédente⁸¹. En 1530, les bois achetés à Loys Godes, marchand de bois à Rouen, pour refaire la charpente du chœur

74. Étude réalisée par le laboratoire de Rennes pour la Conservation régionale des Monuments historiques en vue de la publication du second volume sur les charpentes de combles dans l'ouest de la France (HOFFSUMMER [dir.] à paraître).

75. AD Seine-Maritime, G 2502. Les « *aez* » désignent des planches.

76. LAVIER 2002

77. ROGER 1995.

78. AD Seine-Maritime, G 2548.

79. HOFFSUMMER 1989a, p. 230.

80. ORCEL et DORMOY 1995, p. 211.

81. CAILLEAUX 1999, p. 370.

de la cathédrale de Rouen, furent abattus et livrés l'année même⁸². Seuls les bois destinés aux échafaudages et aux engins furent coupés, entreposés et montés pendant les 3 ans qui précédaient le levage de cette charpente⁸³. De même, entre 1759 et 1762, pour les travaux de restauration des charpentes de la cathédrale de Rouen, les bois ont été achetés à un marchand de Rouen dont le toisé daté de 1759 mentionne spécifiquement la quantité et les dimensions des pièces livrées à la fabrique⁸⁴. Les analyses dendrochronologiques réalisées sur ces bois, reconnaissables par leur dimension et leurs marques de marchand, ont permis de confirmer un abattage dans l'année 1759⁸⁵. Il ne s'agissait donc pas de bois provenant d'un stock mais bien d'une coupe destinée à approvisionner une commande précise dans un délai relativement court. Toujours en dehors de notre période, les bois achetés en 1648 à un marchand pour la construction d'une charpente de l'abbaye de Fontevraud ont été datés par dendrochronologie de la même année⁸⁶.

Ces témoignages semblent toutefois traduire une réalité permanente du commerce du bois d'œuvre qui suppose l'impossibilité de gérer des entrepôts et des stocks importants sur le long terme mais aussi la difficulté de fournir de grandes quantités de matériaux dans un délai relativement court. De toute évidence, ce commerce de bois d'œuvre s'effectue à flux tendu et les bois stockés répondent à des commandes à court terme. D'autre part, le risque de voir pourrir une grume à l'air libre obligeait ces marchands à pré-équarrir ces bois pour les conserver dehors plus longtemps. Les bois commandés en 1478 à quatre marchands de bois pour la construction de la librairie de l'archevêché de Rouen étaient stockés sur les quais de Seine, sur le lieu de déchargement des bateaux, et livrés déjà pré-équarris en merrains avant d'être retaillés pour l'ouvrage⁸⁷. Il semble donc que l'utilisation exceptionnelle de vieux bois secs relève davantage du pragmatisme occasionnel que d'une stratégie ou de techniques ancestrales oubliées⁸⁸.

Le réemploi : mythe ou réalité

Contrairement à de nombreuses idées reçues, les réemplois de bois sont relativement rares dans les charpentes médiévales normandes

alors qu'ils sont beaucoup plus fréquents aux I^{er} et II^e siècles de notre ère⁸⁹ comme à l'époque moderne et contemporaine.

Dans la porterie de la **commanderie templière de Chanu, dans l'Eure**, les solives et les planches du plafond qui couvre le passage charretier ont été datées entre 1197 et 1214d, confirmant ainsi que la construction de cet édifice est intervenue peu de temps après l'achèvement de la chapelle, entre 1183 et 1192d. Parmi ces solives, on compte trois bois en réemploi comportant des entailles vides à mi-bois avec ergot, datés entre 1170 et 1209 (Villiers-en-Désœuvre, chapelle Notre-Dame-du-Temple de Chanu, fig. 15). Pour la construction de cette porterie, les charpentiers ont donc réemployé des bois provenant d'une charpente antérieure d'environ 10 ans seulement, contemporaine de la chapelle. D'après la section et les entailles à mi-bois de ces réemplois, ces bois pourraient provenir de l'ossature d'un bâtiment en pan-de-bois. Il est donc fort probable que ce bâtiment en bois a été construit provisoirement, en même temps que la chapelle, lors de l'installation des templiers, en attendant d'être reconstruit en pierre quelques années après, avec la porterie. Il est aussi intéressant de faire un parallèle entre ces réemplois et la médiocre qualité des bois utilisés dans la charpente de cette chapelle templière. En effet, les bois de cette chapelle ont des sections très variées et les plus gros d'entre eux ont été débités à la hache pour être adaptés à la charpente. D'autre part, les planches du plafond sont débitées sur dosse⁹⁰ ce qui suppose de faibles réserves de très gros bois pour se permettre un débit sur maille⁹¹. Cette difficulté de sélectionner des bois de section adéquate signale un problème d'approvisionnement lié, peut-être, aux possessions restreintes des templiers lors de leur installation.

Le cas de réemploi observé dans la charpente élevée vers 1227d sur la **chapelle du Saint-Sacrement dans la cathédrale de Bayeux**, adossée au croisillon nord du transept d'époque romane, est lié quant à lui à des contraintes de chantier. Lors de la reconstruction de ce croisillon nord vers 1250d, la toiture de cette chapelle a été amputée de sa partie occidentale et fermée par une toiture en appentis. Un bois utilisé pour le soutien de cet appentis provient, d'après ces entailles, du chevonnage de la partie occidentale démontée. Les récentes restaurations de ces toitures ne permettent malheureusement pas de savoir s'il y eut d'autres réemplois de ce type.

L'exemple de réemploi sans doute le plus spectaculaire a été observé dans la charpente de la **nef de la cathédrale de Rouen**. Il s'agit en effet du seul exemple connu d'une charpente gothique, levée vers 1230d, réutilisant la totalité des bois de la charpente

82. AD Seine-Maritime, G 2532.

83. AD Seine-Maritime, G 2816, G 2531.

84. AD Seine-Maritime, G 5421, G 2792, G 2794, G 2795.

85. LOCATELLI 1998.

86. HUNOT 2001, p. 35.

87. AD Seine-Maritime, G 2508.

88. Que penser, par exemple, des célèbres sources pétrifiantes dans lesquelles, selon le *vulgum pecus*, nos ancêtres immergeaient les bois pendant des décennies afin de les rendre imputrescibles? Pas grand-chose *a priori*!

89. BERNARD 1998.

90. Fendage d'une grume de part en part qui conserve la moelle au milieu de la planche.

91. Fendage radial (qui suit les rayons du bois) où la moelle est sur la tranche de la planche.

romane antérieure, datée de 1195d. Il ne s'agit donc pas de quelques bois isolés, comme on l'observe le plus souvent, mais bien du réemploi d'une charpente complète (fig. 29) comprenant les chevrons, les entrails, les poinçons et l'ensemble des raidisseurs des anciennes fermes. Vers 1230d, la charpente gothique a été mise en place de l'est vers l'ouest sur les 11 travées de la nef. Le levage, commencé à l'est avec exclusivement les bois de réemploi sur sept travées, se termina sur les quatre travées restantes à l'ouest avec du bois vert. Cet ordre de montage permettait de pouvoir estimer, après le réemploi complet de tous les bois, la quantité de bois verts nécessaires à l'achèvement des dernières travées occidentales. La partie réalisée avec des bois de réemploi et celle en bois verts ont été mises en place l'une après l'autre dans la continuité du même chantier et selon un projet commun. Toutefois, ces deux parties présentent quelques différences de structures notables, imputables au seul fait du réemploi de ces anciens bois.

Lors de ce réemploi, les charpentiers ont été confrontés à un problème majeur. Les bois comportaient tous de nombreuses entailles vides liées aux anciens assemblages et présentaient une section insuffisante pour résister aux contraintes de la nouvelle charpente. Les charpentiers ont donc mis en place certains dispositifs pour pallier ces défauts. Ainsi, les nouveaux assemblages ont été taillés moins profondément que d'habitude pour ne pas fragiliser davantage ces bois. Dans la mesure du possible, les anciennes entailles ont été réutilisées pour les nouveaux assemblages. La faible section des bois a été compensée par des aménagements complexes de report des charges, qui se traduisent par des juxtapositions de fermes principales, des rajouts de poinçons hauts dans les fermes secondaires et des interruptions du cours des liernes longitudinales. Ces dispositifs, qui ne se rencontrent pas dans la charpente réalisée par la suite avec des bois verts, de plus forte section, ont permis de réduire considérablement les charges et de garantir ainsi le réemploi de ces anciens bois.

Cet exemple de réemploi exhaustif de bois est unique à notre connaissance et s'explique peut-être par le fait que ces bois ont été mis en place 30 ans seulement avant leur démontage et que leur réutilisation représentait une économie considérable de matériaux pour le nouveau chantier. C'est peut-être pour ces mêmes raisons que la charpente du chœur de la cathédrale de Paris, levée vers 1220, a réemployé des bois de la charpente précédente, abattus vers 1177d⁹², mais on ignore dans quelles proportions et selon quelle disposition ils furent réutilisés.

Le réemploi aux XI^e-XIII^e siècles reste donc exceptionnel. Les charpentes du transept de l'église abbatiale Saint-Georges de Boscherville, mises en place vers 1120-1130d et refaites entre 1224 et 1229d, n'ont conservé en place que les entrails romans pour des raisons de manutention. Le chevronnage et les éléments



Fig. 29 : Bois de 1195d réemployés dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen, levée entre 1227 et 1232d.

de raidissement des fermes primitives n'ont pas été réemployés. Pourtant, la longueur des chevrons de la nouvelle toiture était identique et la configuration de ces derniers, ne comportant pas d'assemblage du fait du portique, permettait leur réemploi. De même, les charpentes de nombreux édifices entièrement reconstruits à la fin du XII^e et au XIII^e siècle comme la cathédrale de Lisieux ou l'abbatiale de Fécamp ne comportent aucun réemploi.

L'extrême rareté des réemplois durant l'époque médiévale au regard des très nombreuses charpentes édifiées en bois verts contredit l'idée d'une pénurie de bois d'œuvre en Normandie durant cette période. C'est déjà cette idée que semblait traduire la gestion rigoureuse du potentiel forestier, converti en parcelles de taillis dès la fin du XII^e siècle, ce qui permit, en l'occurrence, de couvrir les besoins colossaux en bois des chantiers du XIII^e siècle (voir *supra*). Le réemploi semble également, *a priori*, contradictoire avec une société en plein essor économique, au sein de laquelle les ateliers de charpenterie ont pratiquement atteint leur plus haut niveau de compétence. Ce constat semble s'appliquer jusqu'au XVI^e siècle, période à partir de laquelle les réemplois se multiplient et où la qualité technique des charpentes s'amenuise, plus encore aux XVII^e et XVIII^e siècles.

92. CHEVRIER 1995.

À partir du XVI^e siècle, les réemplois deviennent en effet plus nombreux et parfois plus audacieux qu'auparavant. Certaines charpentes sont en effet réemployées intégralement après un démontage complet de leurs structures et un remontage à l'identique, réutilisant les assemblages et respectant le marquage d'origine. C'est le cas sur la nef de l'église de Villiers-le-Bel dans le Val-d'Oise où la charpente du début du XIII^e siècle a été remontée à l'identique sur la nouvelle nef de style Renaissance. Le réemploi de fermes complètes s'observe aussi parfois, comme dans le manoir de Guisenier dans le Vexin normand, où plusieurs fermes de la charpente voûtée médiévale se trouvent réutilisées dans la structure à fermes et pannes d'époque moderne. L'admiration et le respect vis-à-vis des charpentes médiévales expliquent parfois cette pratique, comme à l'abbaye de Royaumont dans le Val-d'Oise, où l'architecte et restaurateur Vernier semble avoir délibérément réemployé, à la fin du XIX^e siècle, les très belles fermes de la charpente voûtée du XIII^e siècle pour la nouvelle charpente du dortoir des convers⁹³.

Le réemploi des bois des charpentes romanes est plus rare puisque la faible section des bois les rend inadaptés aux nouvelles structures, comme par exemple les chevrons et les éléments de raidissement de l'église de Neuf-Marché de 10 x 11 cm de section. Les pièces de raidissement sont bien souvent trop courtes, de trop faibles sections et entaillées par de trop nombreux mi-bois. De ce fait, ce sont plus généralement leurs entrails qui sont réutilisés en tant que pannes, comme sur la nef de l'abbatiale Saint-Georges de Boscherville, dans le transept de l'abbatiale de La Trinité à Caen, ou dans l'église de Brignancourt dans le Val-d'Oise. Ceux de la charpente de l'église de Saint-Germain-des-Prés à Paris, datée de 1018-1038, ont été réemployés en 1644 dans la nouvelle charpente avec exceptionnellement les chevrons et les éléments de raidissement en raison d'une section plus appropriée (10 x 12 cm). La charpente de la chapelle Saint-Lazare de Gisors constitue un autre cas étonnant, puisqu'elle reprend des entrails romans ré-équarris assez violemment pour les transformer en poinçons, arbalétriers et faux-entrails au sein des nouvelles fermes du XVII^e siècle.

Le choix de la période d'abattage

La coupe des arbres se pratique ordinairement lors de la période de sève descendante, entre le mois de novembre et celui de mars. Durant cette période de repos de végétation, la circulation de la sève est ralentie et la teneur en eau de ses fibres est minimale, ce qui permet à l'arbre d'éviter les risques de gel de ses vaisseaux ligneux.

La plupart des traités de charpenterie du XVIII^e jusqu'au XX^e siècle préconisent cette période pour l'abattage des arbres⁹⁴. Les expertises dendrochronologiques réalisées sur les charpentes normandes ou picardes, lorsque le dernier cerne de croissance est conservé, montrent toujours un abattage en automne-hiver. C'est le cas pour la nef de la cathédrale de Lisieux (automne-hiver 1182/1183), pour la grange de Warnavillers (dans l'Oise, automne-hiver 1189/1190), la grange de la léproserie Saint-Lazare à Beauvais (automne-hiver 1219/1220), la maison canoniale de Bayeux (automne-hiver 1225/1226), le réfectoire de l'abbaye de Bonport (automne-hiver 1240/1241) ou, plus tardivement, le manoir de Saint-Lô d'Aclou dans l'Eure (1360/1361). En Anjou, les analyses pratiquées sur 30 charpentes ont également déterminé un abattage durant la période de repos de végétation⁹⁵, de même dans la région mosane pour un corpus d'une centaine de charpentes du XII^e au XIX^e siècle, à quatre exceptions près, avec parfois une confirmation apportée par des textes d'archives⁹⁶. Les textes normands confirment aussi cette période notamment pour les 10 chênes abattus en forêt Verte en novembre 1468⁹⁷ ou les 216 chênes abattus en forêt de Bord en janvier 1468⁹⁸. Les cas d'abattage hors période de repos de végétation existent mais restent exceptionnels et correspondent à des travaux de réparation réalisés dans l'urgence ou à des dons de bois à acquérir rapidement comme ces cinq chênes de la forêt de Roumare donné par le roi à la fabrique de la cathédrale de Rouen et abattus en juin 1384⁹⁹.

Par rapport à ces observations, il faut toutefois signaler le cas d'arbres dont le feuillage se développe en même temps qu'un nouveau cerne incomplet dès le printemps, malgré un abattage dans l'hiver précédant la coupe! La présence de substances nutritives conservées par l'arbre à l'intérieur du tronc lors d'hivers peu rigoureux peut conduire à ce type d'interprétation faussée. Ce cas a pu être mis en évidence pour la construction du bâtiment seigneurial de Pineuilh (Gironde) planté sur poteaux et daté de l'hiver 980/981¹⁰⁰. Heureusement, cet exemple reste marginal au sein des corpus dendrochronologiques.

Selon Jean-Yves Hunot, la présence d'écorce encore adhérente sur les bois d'une charpente suppose un abattage en hiver¹⁰¹. Le cambium qui génère le dernier cerne annuel de l'arbre serait en effet plus fragile en période de végétation et l'écorce aurait ainsi plus de facilité à se décoller si la coupe

93. ÉPAUD 2006.

94. LE CAMUS DE MÉZIÈRE 1782, p. 135; RONDELET 1802-1817; FOURQUET et RIBOULET 1949, p. 11.

95. HUNOT 2001, p. 34.

96. HOFFSUMMER 1989a, p. 271.

97. AD Seine-Maritime, G 2505.

98. AD Seine-Maritime, G 2505.

99. AD Seine-Maritime, G 2483.

100. LE DIGOL et BERNARD 2005.

101. HUNOT 2001, p. 34.

devait survenir au printemps ou en été. L'observation fréquente de ces écorces dans les charpentes médiévales répondrait de cette caractéristique.

Les raisons qui justifient cette saison d'abattage tiennent des caractères physiologiques du bois lors de son arrêt de végétation. Durant les saisons froides, la circulation de la sève est réduite au minimum dans les vaisseaux ligneux, ce qui signifie une diminution conséquente du poids de l'arbre et de sa teneur en eau. Le transport des grumes se trouve donc facilité, surtout en ce qui concerne le flottage qui réclame, pour le chêne en l'occurrence, une teneur en eau minimale pour assurer un tirant d'eau convenable et une flottabilité suffisante¹⁰². En effet, le transport des grumes par voie d'eau au Moyen Âge se pratiquait parfois sur des rivières à faible débit comme sur certains petits affluents de la Meuse dès le XI^e siècle¹⁰³. L'entretien du lit de la rivière et le dégagement des grosses pierres et d'autres obstacles éventuels se pratiquaient encore au début du siècle sur l'Ourthe en Wallonie pour faciliter le flottage des bois¹⁰⁴. La réduction du taux hygrométrique du bois abattu en hiver facilitait donc considérablement ce type de transport, particulièrement pour une essence comme le chêne dont la masse volumique peut varier de 610 à 980 kg/m³, voire 1170 kg/m³ pour du bois de coeur. Par ailleurs, cette réduction du poids facilitait également les autres modes de transport, par bateaux et par chariots, comme les opérations de manutention et de levage. L'usure et le travail des engins de levage se trouvent ainsi amoindris.

Il faut aussi considérer qu'un bois à faible teneur en eau a une meilleure résistance mécanique qu'un bois abattu en été. Un entrain ou un chevron de longue portée, taillé dans un bois abattu en hiver, a en effet moins tendance à fléchir sous son propre poids que s'il est encore gorgé de sève. De même, les déformations dues au retrait des fibres ligneuses sont plus réduites et donc moins dommageables pour les assemblages si un bois est abattu à 100 % d'humidité. Ce retrait peut en effet engendrer une variation de section, une torsion longitudinale ou un vrillage d'une longue pièce. Il paraît donc logique d'abattre un arbre au moment où son taux d'humidité est au plus bas sachant que sa dessiccation sera d'autant plus lente que sa section sera forte¹⁰⁵. Par ailleurs, l'humidité d'un bois abattu en sève descendante a tendance à se stabiliser plus rapidement à une valeur d'équilibre, ce qui est un gage non négligeable de stabilité.

Le bois de commerce

Nous ne parlerons pas ici des bois d'Illande, employés en Europe pour les œuvres d'art ou les lambris de résidences seigneuriales dès le XIV^e siècle, qui représentent un cas très particulier de commerce à longue distance, depuis les pays baltes jusqu'aux ports hanséatiques, d'un matériau de premier choix¹⁰⁶, mais plutôt des bois destinés spécifiquement à la charpenterie de gros œuvre.

Il est convenu par nombre d'auteurs que l'équarrissage des bois d'œuvre se faisait généralement en forêt de manière à réduire le coût du transport¹⁰⁷. Il convient toutefois d'être prudent car tous les cas de figure existent et l'équarrissage sur le lieu même du chantier se produisait également, surtout avant le développement du commerce du bois au XV^e siècle. D'autre part, il ne faut pas confondre le bois faisant l'objet aux XII^e-XIII^e siècles d'une commande précise de plusieurs centaines de grumes pour la construction d'une grande charpente, nécessitant un tracé d'épure préalable à leur taille sur le chantier, et le bois pré-calibré, ne réclamant aucun tracé d'épure, destiné aux ouvrages standardisés et aux marchands de bois pour la commercialisation de « merrains », commerce qui eut tendance à se développer après le XIV^e siècle à Rouen. De nombreux textes mentionnent en effet des travaux d'équarrissage en forêt mais ceux-ci datent des XIV^e-XVI^e siècles et concernent essentiellement des pièces stéréotypées comme, par exemple, des éléments de cintres. En 1369, les bois destinés à la confection des cintres et des pieux de fondation du pont de Seine à Rouen furent préparés dans la forêt de Rouvray par les bûcherons, en complément d'autres bois achetés à des marchands¹⁰⁸. En 1384, cinq chênes de la forêt de Roumare, offerts par le roi à la fabrique de la cathédrale de Rouen, ont été débités en forêt à la scie par plusieurs « *seur d'ees* » et « *dolé lesdiz cinq quesnes et recheppe et toutes les yssues d'iceulx quesnes qui se pouvoient doler et mectre a merrain* »¹⁰⁹, faute de pouvoir servir immédiatement à la confection d'un ouvrage. À Sens, en 1495-1496, pour la construction du transept de la cathédrale, les bois prévus pour les cintres et les étais furent équarris dans la forêt de Soucy, avant même d'être transportés jusqu'au chantier¹¹⁰. Pour le château de Courtrai à Lille en 1414, des charpentiers équarrissent en forêt des bois destinés à un boulevard (ouvrage bas de terre et de bois) et qui sont ensuite débités sur le lieu du chantier¹¹¹. Il s'agissait ici d'un équarrissage préparatoire et non définitif.

106. LAVIER 2002; POUSSET 1996.

107. HUNOT 2001, p. 38-39; CAILLEAUX 1999, p. 370; LARDIN 1995, p. 124.

108. BnF, ms. fr. 26008.

109. AD Seine-Maritime, G 2483.

110. CAILLEAUX 1999, p. 358.

111. BLIECK 2003, p. 70.

102. MARQUET 1973, p. 171.

103. FANCHAMPS 1966, p. 63.

104. MARQUET 1973, p. 171.

105. ABRAHAM, BRINDEL-BETH, FLORENTIN et MAISONNEUVE 1993, p. 74.

L'équarrissage en forêt était majoritairement destiné aux bois ne nécessitant pas de tracé d'épure, voués aux ouvrages standardisés comme des cintres, des planchers ou des séries de colombes préfabriquées de pan-de-bois. Ce travail de taille préliminaire convenait à la commercialisation des merrains pré-calibrés et pouvant être retaillés sur les chantiers pour les adapter aux ouvrages comme la plupart des éléments des façades en pan-de-bois, si nombreux dans les villes normandes. Le recours aux marchands de bois pour les chantiers du bâtiment est de plus en plus fréquent à partir du début du XV^e siècle comme on le constate aussi en Touraine¹¹² et certains chantiers ne s'approvisionnent plus qu'en merrains achetés à ces marchands comme lors de la construction de la librairie de l'archevêché à Rouen en 1478 où tous les bois destinés au plancher et à la charpente du comble furent achetés à quatre marchands¹¹³. Ces « merrains » correspondaient approximativement aux dimensions réclamées et étaient ensuite ré-équarris sur le chantier. Ces commandes réclament en effet des pièces dénommées « trefs » (entraits), « solluvaux » (solives), « coulombes » (colombes), « chevrons », « sommières », « entretoises », « postz » (poinçons), etc. avec la précision de leur longueur¹¹⁴. Livrés en mars-avril, ces bois furent ensuite « *dolé* [équarris à la doiloire], *assemblé et appareillié en l'ectre de l'église* [cimetière du parvis de la cathédrale] » en juillet-août puis « *amené au lieu de ladite librairie* » [à 100 mètres du cimetière] pour être « *monté et asseoir audit comble* » en septembre¹¹⁵. Ces bois étaient stockés sur « *les cays de Seine* » et livrés déjà pré-équarris avant d'être retravaillés et adaptés à l'ouvrage sur place. L'utilisation de l'espace des cimetières était courante à Rouen, faute de place, pour l'entrepôt provisoire des bois et même le chantier de charpenterie comme en janvier 1469 où 216 chênes ont été mis « *hors du batel et loing de l'eau* [...] *et amené en l'aitre des Jacobins de Rouen* » pour la reconstruction des charpentes de l'église Saint-Jacques des Jacobins¹¹⁶.

L'approvisionnement en merrains n'était possible que dans les contextes urbains impliquant des circuits commerciaux déjà bien éprouvés. Ainsi, les chantiers éloignés des villes et des voies de transport du bois échappaient à ce marché et devaient donc s'approvisionner localement en bois d'œuvre, transportés à l'état de grumes et équarris sur le chantier. De même, aux XV^e-XVI^e siècles, lorsque les grands chantiers réclamaient d'énormes quantités de grumes à livrer dans des délais très courts, les maîtres d'œuvre faisaient rarement appel aux marchands de bois, alors même que les réseaux étaient bien en place. En 1505,

le marchand de bois Jehan Le Roux fut poursuivi en justice pour n'avoir pas pu livrer selon le devis tous les bois nécessaires à l'édification de la charpente du palais de Justice de Rouen¹¹⁷. En 1469, lors de la construction de la charpente de l'église Saint-Jacques des Jacobins de Rouen, déjà évoquée précédemment, 216 « *arbres de chesnes* » furent abattus et transportés jusqu'au chantier à l'état de grumes, sans transaction par un marchand¹¹⁸. Ainsi, même aux XV^e-XVI^e siècles, les grandes charpentes qui réclament un abattage massif de plusieurs centaines d'arbres s'approvisionnent directement en forêt avec un équarrissage des grumes sur le chantier même, selon les cotes définies par l'épure tracée sur le sol.

Aux XII^e-XIII^e siècles, ce mode d'approvisionnement direct en grume, de la forêt au chantier, était vraisemblablement systématique même pour des chantiers situés en bord de Seine, comme en 1198 pour la construction de Château Gaillard aux Andelys pour lequel le rôle de l'Échiquier de Normandie rapporte : « Aux bûcherons qui abattaient et écorçaient les arbres pour ledit travail [...] Aux charpentiers qui débitaient ledit merrain pour lesdits travaux après qu'il fut apporté sur le chantier [...] »¹¹⁹. Sur le site de Pineuilh en Gironde¹²⁰, la présence, dans les niveaux de rejets des occupations des X^e, XI^e et XII^e siècles, de gros éclats de bois portant l'écorce, démontre là encore que les grumes étaient acheminées sur place pour y être équarrées et façonnées. Toutefois, leur proportion relativement modeste au sein des déchets, de même qu'un réemploi fréquent des bois d'architecture d'une phase à l'autre, suggéreraient une gestion parcimonieuse des ressources ligneuses, depuis les plus gros éléments jusqu'aux plus petits utilisés comme combustible. Cette proximité entre l'atelier de taille des bois et le lieu de construction a aussi été démontrée sur le site de Charavines en Isère, du XI^e siècle¹²¹.

Sur le chantier, l'équarrissage s'effectuait à proximité de l'aire d'épures, établie au pied de l'édifice, épure dont le tracé permettait de donner aux pièces les dimensions et le profil définitif. Le lignage tracé sur les bois pour préparer la taille des assemblages était parfois destiné à délimiter l'équarrissage comme pour les bois de la charpente du dortoir de l'abbaye de Bonport, en 1221d, dont les tracés au noir de charbon ont été conservés, ce qui prouve la proximité de cette opération.

Notons enfin que les observations faites sur les bois des charpentes de ce corpus n'ont révélé aucun artefact pouvant se rapporter à un transport quelconque : choc, écorchure, trace de cordage, éraflure ou autre. Si cet équarrissage avait dû s'effectuer

112. JACQUET 2003, p. 336.

113. AD Seine-Maritime, G 2508.

114. AD Seine-Maritime, G 2508.

115. AD Seine-Maritime, G 2508.

116. AD Seine-Maritime, G 2505.

117. AMR, T°160 rapporté dans LARDIN 1995, p. 41.

118. AD Seine-Maritime, G 2505.

119. *Magni rotuli scaccarii Normanniae*, STAPLETON (éd.) 1844, t. I, p. 309 cité et traduit dans BOUARD 1975, p. 50.

120. LE DIGOL et BERNARD 2005.

121. COLARDELLE et VERDEL, 1994.

en forêt, avant l'acheminement au chantier, les bois auraient sans aucun doute conservé des traces de ce transport et de leur manutention, ce qui n'est jamais le cas pour notre période. Nous n'avons par ailleurs repéré, sur ces pièces, aucune marque qui puisse être interprétée comme marque de bois de flottage. Les bois de ces ouvrages étaient donc flottés à l'état de grumes et non déjà équarris. Ce fut encore le cas après le XIII^e siècle, notamment en 1387 où la fabrique de la cathédrale de Rouen paie « dix charpentiers et trois ouvriers de bras » pour avoir « amené par eue [et] trait hors de l'eue de Seine les 21 quesnes »¹²² abattus en forêt de Roumare et de Brotonne et destinés à l'œuvre de la cathédrale. La même année, cette fabrique paie le maître

d'œuvre Guillaume Coulette « pour ordonne d'aller a Saburs pour mectre a eue les 4 quesnes », le jour suivant « pour emmarer les 4 quesnes coupes » et quelques jours plus tard « pour traire les 4 quesnes de l'eue de Saine » à Rouen¹²³. Le transport par bateau des bois d'œuvre destinés aux grands ouvrages s'est également fait à l'état de grume comme en 1468 pour la charpente de l'église Saint-Jacques de Rouen où ce sont « deux cens 24 arbres de chesne [qui ont été] chargé au batel et deschargé sur le cay de Rouen »¹²⁴. Pour le déchargement, le maître d'ouvrage avait payé un surplus pour « loué une porcion de prayrie pour avoir cay a mettre ledit boys et pour déffraier le dommaige fait aux terres prouchaines »¹²⁵.

122. AD Seine-Maritime, G 2483.

123. AD Seine-Maritime, G 2483.

124. AD Seine-Maritime, G 2505.

125. AD Seine-Maritime, G 2505.

LE TRAVAIL DU BOIS

L'équarrissage, le sciage et le fendage

L'équarrissage

Le travail d'équarrissage consiste à transformer une grume en pièce de section quadrangulaire dont les faces planes autorisent le lignage, le traçage puis la taille des assemblages. Le parallélisme et l'orthogonalité des faces sur toute la longueur de la pièce sont nécessaires pour assurer l'assemblage d'autres éléments dans un plan commun.

En Normandie dès le XI^e siècle, tous les grands bâtiments à poteaux plantés retrouvés en fouilles archéologiques et dont le négatif des bois a été observé étaient constitués de poteaux équarris¹. Cet équarrissage des bois pour les grandes structures à ossature charpentée se manifeste à cette époque comme une règle générale dont les prémices s'observent dès le haut Moyen Âge avec des vastes bâtiments construits sur une armature de poteaux équarris et cloisonnés de planches ou de colombages comme ceux du premier monastère de Fécamp². L'équarrissage des poteaux témoigne de la nécessité d'assembler dans un même plan plusieurs éléments au sein d'un pan-de-bois, d'une ferme ou d'un portique, afin de constituer l'ossature du bâtiment. Pour les bois employés dans les charpentes en élévation des XI^e-XII^e siècles, tous les bois sont équarris quels que soient leur forme, leurs défauts et leur fonction.

Rares sont les témoignages des techniques d'équarrissage employées sur les bois d'œuvre des XI^e-XIII^e siècles. L'apport de l'iconographie, le corpus des outils retrouvés sur des sites archéologiques et les techniques utilisées encore au début du XX^e siècle en Normandie ou, selon des pratiques traditionnelles, dans les pays de l'Est, permettent toutefois de compléter les indices tracéologiques visibles sur certaines charpentes.

La plupart des représentations iconographiques de chantiers de charpenterie datent des XV^e-XVI^e siècles et rares sont les illustrations qui concernent l'époque qui nous intéresse. Cependant la permanence de certaines techniques comme de la forme des outils de taille pendant tout le Moyen Âge nous autorise à interroger ces sources.

Les nombreuses représentations iconographiques de chantiers pendant toute la période médiévale sont riches en informations sur les différents métiers du bâtiment. Bien qu'il faille rester prudent quant à leur interprétation et à leur caractère schématique, certains détails semblent assez fidèles à ce qu'un observateur pouvait apercevoir sur un chantier comme la forme des outils et des engins de levage. De même, la représentation des bois à l'état de grume sur le lieu même du chantier, en cours d'équarrissage et de taille, s'accorde manifestement avec la réalité décrite ci-dessus (fig. 30).

L'équarrissage à la hache oblige à disposer la grume sur des « chantiers », c'est-à-dire des tréteaux ou de simples cales, pour permettre aux charpentiers placés de chaque côté de la grume de manier la hache sans trop se courber, tout en évitant qu'elle ne frappe le sol. On en connaît une illustration grâce à un vitrail de la fin du XII^e siècle visible dans la cathédrale de Chartres (fig. 31).

1. LE MAHO 1997, p. 243-268.

2. HALBOUT et LE MAHO 1985, p. 49.



Fig. 30 : Chroniques de Hainaut, « Reconstruction d'une ville » (Ms. K.B.R. 9242), Bibliothèque royale Albert I^{er}, Bruxelles.



Fig. 31 : Équarrissage d'une grume « sur chantiers » (Vitrail de l'Histoire de Noé des charpentiers donateurs, cathédrale de Chartres, début XIII^e siècle).



Fig. 32 : Lignage au cordeau, gravure allemande du XV^e siècle (HARRIS 1978).

Des représentations plus tardives, des XV^e-XVI^e siècles, montrent les bois toujours travaillés « sur chantiers ».

Pour équarrir, la position de l'équarrisseur, à côté de la grume sur son flanc, à cheval en l'enfourchant ou debout sur elle, est propre à chaque charpentier selon sa morphologie et ses habitudes. L'obtention d'une pièce soigneusement équarrie aux dimensions voulues, avec une section prédéterminée, suppose que le retrait des copeaux se fasse avec régularité et que les surfaces taillées soient parfaitement parallèles et orthogonales. Pour ce faire et lorsque les bois sont de fil droit, il est nécessaire de ligner les arêtes au cordeau d'après des repères tracés sur les tranches d'about³ (fig. 32). Cela suppose une tranche droite à chaque extrémité de la grume permettant de tracer les repères à l'aide d'un fil à plomb et d'un compas. Ces repères déterminent la section, l'axe et les quatre faces de la pièce (fig. 33). Quant au lignage des arêtes, il se pratique au cordeau passé au noir de charbon pour matérialiser la limite des faces. Les charpentiers étaient ainsi guidés par ces traits pour réaliser l'équarrissage de la pièce selon la section prédéfinie par ces repères. Quelques bois de la charpente du dortoir de l'abbaye de Bonport (Eure), datée

3. L'about est l'extrémité d'une pièce.

de 1221d, ont miraculeusement conservé ces tracés au noir de charbon.

Lorsque les grumes sont courbes, le tracé des arêtes devient impossible et l'équarrissage se fait « à vue » en suivant le profil de la grume. Il s'agit pour le charpentier d'équarrir à la doloire une première face de référence, en retirant progressivement les copeaux, dont il estimera la planéité au fil à plomb et à l'œil. Cette première face aplanie, le charpentier peut ensuite travailler la face opposée qui lui est parallèle en reportant sur tout le long la mesure de la section voulue. Puis, par retournement et toujours à l'aide du fil à plomb, la taille des autres faces se fait selon la même méthode.

Une autre technique traditionnelle d'équarrissage à la hache consiste, après le tracé des arêtes, à pratiquer sur chacune des futures faces une succession d'entailles préliminaires, distantes de 30 à 50 cm environ, pour faciliter le retrait des dosses (fig. 33-34). Encadrées par les deux traits au cordeau qui délimitent la face à équarrir, ces entailles successives en V facilitent en effet le dégrossissage en donnant un chemin à la hache, en évitant que celle-ci, entraînée par le fil du bois, n'arrache trop profondément les fibres (fig. 34). Largement pratiquée de manière traditionnelle dans les pays de l'Est, cette technique préparatoire appelée « ébauchage » était préconisée dans certains traités de charpenterie comme celui de Mathurin Jousse en 1702⁴. Ces traces d'entailles préliminaires sont souvent observées sur les bois des XII^e-XIII^e siècles comme ceux de la grange Saint-Lazare de Beauvais de 1220d (fig. 35), et sur ceux de l'église de Saint-Vérain en Bourgogne du début du XIII^e siècle. Il semble donc que cette pratique était répandue dans diverses régions de la France septentrionale.

La taille des quatre faces de la pièce se pratique de façon à limiter autant que possible les pertes de bois. En effet, le diamètre de la grume correspond à une mesure qui a servi à déterminer sa sélection et son abattage. Cette mesure répond à un besoin et à un usage particulier dans la structure de la charpente. L'équarrissage doit donc faire correspondre au mieux la mesure de la grume avec celle de la pièce recherchée. Le retrait des dosses se limite ainsi au minimum ce qui explique la présence quasi systématique d'aubier sur les arêtes des pièces.

Tous les bois employés dans les charpentes des XII^e-XIII^e siècles de ce corpus, à une seule exception près, présentent sur leurs faces des fines cupules qui témoignent d'un équarrissage fait à la doloire (fig. 36). La qualité de l'équarrissage pour l'ensemble de ces bois est remarquable puisqu'il est parfois difficile de sentir au toucher la moindre aspérité, la moindre cupule, la surface des

4. « On fera des deux côtés de la pièce suivant les lignes, des entailles éloignées les unes des autres de trois à quatre pieds et répondant les unes aux autres, si c'est pour faire une pièce toute droite, car si on ne l'équarrit que d'un côté, sans faire des entailles de l'autre, la pièce ne manquera pas de se voiler [...] » (JOUSSE 1627 rééd. 1702, p. 12).



Fig. 33-1 : Tracé de la section de la pièce aux abouts de la grume.



Fig. 33-2 : Les arêtes de la future pièce sont lignées au cordeau à partir des tracés précédents pour délimiter les faces à équarrir.



Fig. 33-3 : Le cordeau, imprégné d'une substance colorante, est pincé pour ligner le bois.



Fig. 33-4 : Des encoches sont taillées le long de ces lignes pour préparer l'équarrissage.



Fig. 33-5 : La face est équarrie suivant le trait, en retirant le bois laissé entre les encoches.



Fig. 33-6 : Finition pour aplanir la face.



Fig. 34 : Ébauchage : exécution d'entailles préliminaires à l'équarrissage.
Gravure allemande du XVII^e siècle (HARRIS 1978).



Fig. 36 : Cupules laissées par l'équarrissage à la doloire, cathédrale de Rouen.

bois étant extrêmement lisse. Cette qualité d'équarrissage ne se retrouve que très rarement dans les charpentes des siècles suivants où les coups de hache sont plus profonds et les cupules plus apparentes.

Les doloires utilisées pour cet équarrissage présentent traditionnellement une lame à très large tranchant, droit ou légèrement arrondi, et désaxée pour éviter le frottement des mains contre les parements du bois. Elles présentent un manche court comme la plupart des outils de refente et contrairement aux haches de frappe qui se lancent comme la cognée d'abattage.

On ne connaît pas très bien, faute de témoin, la forme des doloires utilisées entre le XI^e et le XIII^e siècle en Normandie. Les éléments de comparaison apportés par l'iconographie, l'archéologie et l'ethnologie révèlent un très fort régionalisme dans les formes de haches et nous incitent à la plus grande prudence. On peut en effet distinguer pour toute cette période la doloire en T originaire de Scandinavie et répandue surtout en Angleterre⁵ (fig. 37 et 38a), la doloire en T à lame rectangulaire (fig. 38b), la doloire à collet court (fig. 38c et d) et la doloire à long collet (fig. 38e). Cette dernière forme s'est maintenue dans le nord de la Normandie puisqu'elle était en usage dans l'Oise jusqu'au début du XX^e siècle.

L'herminette, hache à lame recourbée, biseautée à l'intérieur et dont la longueur du manche varie selon l'utilisateur entre 0,60 et 0,90 m⁶, est attestée dès le XI^e siècle en Isère à Charavines⁷ (fig. 38f). Par la forme recourbée de sa lame, elle s'emploie face à la pièce, en étant placé debout sur elle pour la finition d'un façonnage, soit pour travailler des passages difficiles résultant de la présence de nœuds, soit pour rectifier des défauts de taille.



Fig. 35 : Grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d) :
traces d'ébauchage sur des chevrons.

5. MILLE 1992, p. 66.

6. BRONDEL 1979b, p. 283.

7. COLARDELLE et VERDEL 1994, p. 51.



Fig. 37 : Travail d'abattage et d'équarrissage à la hache (Tapisserie de Bayeux, seconde moitié du X^e siècle).

Elle n'est donc pas destinée prioritairement à l'équarrissage des bois. Par ailleurs, aucune trace de taille à l'herminette n'a été relevée et il semble donc que cet outil n'a jamais été utilisé en charpenterie en Normandie pour la taille des bois d'œuvre au cours du Moyen Âge.

Le sciage

D'après Jean-Yves Hunot, les premières traces de scie apparaissent en Anjou, dans les charpentes, à partir du XV^e siècle⁸. De même, en Normandie, les exemples de sciage en charpenterie sont exceptionnels avant le XIV^e siècle, seul le cas de la charpente du bras sud de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d) est avéré pour le XIII^e siècle (fig. 39). Les bois sciés sont peu nombreux dans cette charpente et concernent uniquement des écharpes et des entrails retroussés. Les marques d'assemblage inscrites sur ces bois s'intègrent dans la numération des fermes et confirment l'origine de leur mise en place (fig. 40). Ces traces sont à notre connaissance les tout premiers témoignages du sciage dans les charpentes médiévales de la France septentrionale.

À la cathédrale de Bayeux, les traces de sciage se présentent systématiquement sur une seule face de la pièce, orientée dans la structure soit en face inférieure soit en face d'établissage (face

nord), les autres faces étant travaillées à la hache. Sur les bois les plus longs (écharpes de 5,85 m en moyenne), ces traits de scie ne sont pas toujours continus sur toute la longueur de la pièce; ils sont recoupés par endroits par des cupules d'équarrissage à la doloire qui sont visiblement postérieures au sciage. Il apparaît que le sciage n'était donc pas systématiquement rectiligne et qu'il fallait parfois corriger les écarts de la scie à la hache afin d'avoir une face convenablement plane. Par ailleurs, lorsque le bois est tors, le sciage suit la déformation de la pièce et s'adapte au plus près à la morphologie de la pièce. Ces déviations de sciage et ces rectifications à la doloire sont particulièrement intéressantes puisqu'elles révèlent l'absence de traçage préalable et l'utilisation d'une scie manuelle et non hydraulique.

Certains de ces bois sciés ont gardé une extrémité complète, non sciée, comme le pied de l'écharpe de la ferme 14 avec une section de 17 x 17 cm en pied contre 17 x 11 cm en tête. Cependant, la plupart ont une section de 17 x 8 cm à 17 x 11 cm (la face sciée correspond à la première valeur) ce qui fait des grumes de 26 cm de diamètre moyen alors que les autres bois de cette charpente sont issus de grumes de 22 cm de diamètre moyen, pour des pièces de 15 x 16 cm de section. En outre, ces bois sont tors. Le sciage a conservé par endroits le cœur – en pied – et en d'autres – en tête – il montre un « tirage au cœur », ce qui signifie que le cœur en a été exclu. Il s'agit donc d'une taille mixte qui comprend un simple équarrissage sur certaines parties de la pièce et un débitage sur d'autres. Le sciage n'a pas permis aux charpentiers d'obtenir, pour chacun de ces bois, deux pièces identiques mais seulement une pièce exploitable en tant

8. HUNOT 2001, p. 45.

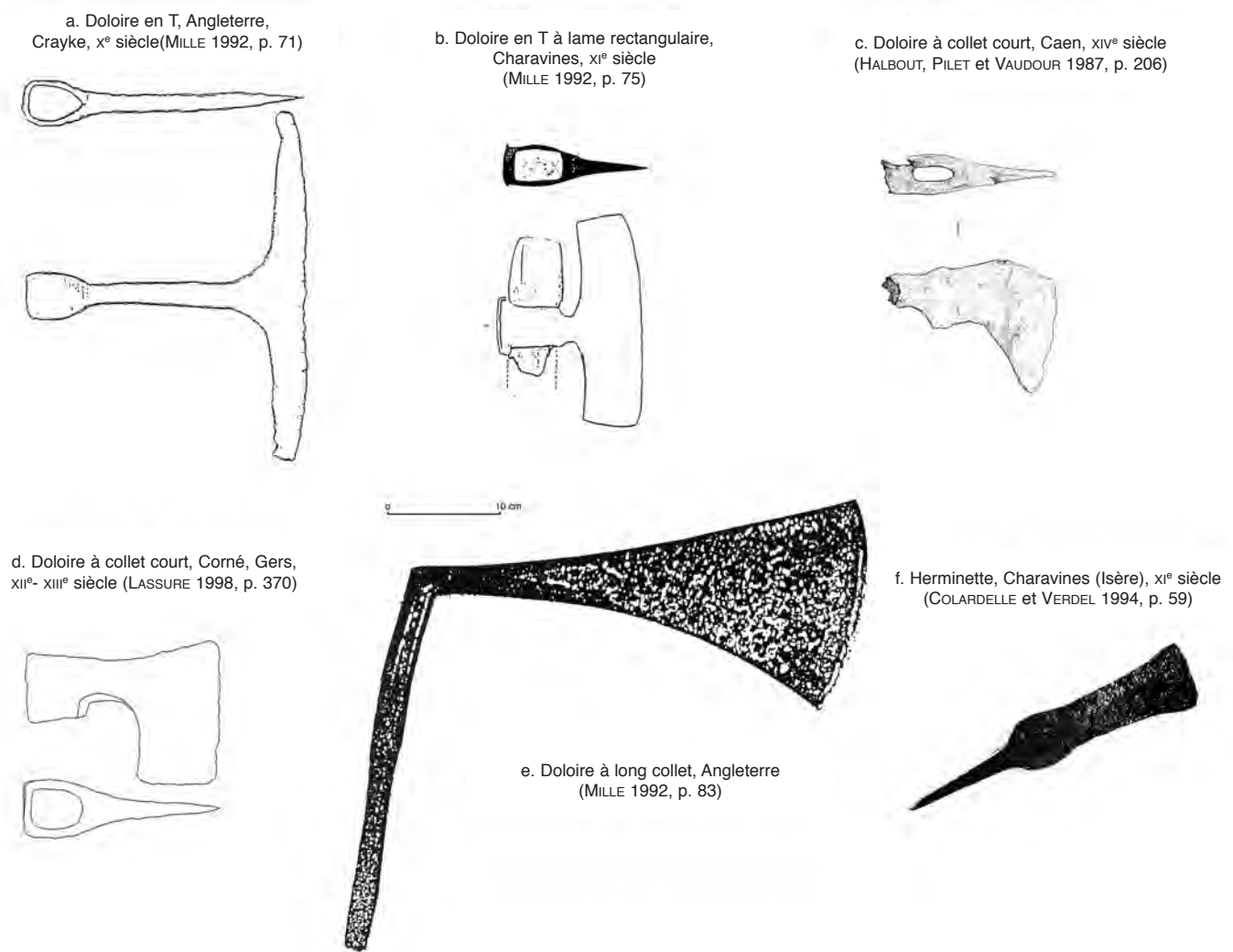


Fig. 38 : Haches médiévales, X^e-XIV^e siècles.

qu'écharpe. On ne peut alors parler de débitage puisque cette découpe à la scie était destinée à obtenir, à partir d'un bois tors et de forte section, une unique pièce. Le bois enlevé par cet équarrissage à la scie n'a certainement pas pu être exploité pour une autre pièce plus courte.

Il convient d'insister sur le fait qu'aux XII^e-XIII^e siècles en Normandie, l'emploi des bois de brin équarris à la hache est une règle quasi générale sur tous les chantiers. Les bouts de pièces sont aussi découpés à la hache. L'usage de la scie n'intervient donc qu'en cas de problèmes d'approvisionnement comme à Bayeux pour rectifier et adapter un bois de forte section inadaptée à une structure et non pour obtenir deux pièces à partir d'une même grume, comme ce sera le cas à partir du XIV^e siècle. Nous avons déjà souligné ce cas de figure pour les autres charpentes étudiées sur Bayeux, lié probablement à l'éloignement des forêts

et à un approvisionnement dans le bocage. Ici, la notion d'économie du matériau ne constitue pas la préoccupation première des charpentiers dans le recours à cet outil. Son emploi s'explique en raison des fortes variations de section des bois à tailler que la sélection sur pied n'a pas permis d'obtenir. Les faces sciées ont, pour certaines, été retouchées à la hache, en guise de finition pour corriger une découpe maladroite, preuve peut-être d'une utilisation inhabituelle de cet outil par les charpentiers. Les traits de sciage sont légèrement inclinés par rapport à l'axe transversal des bois et ne présentent aucune rencontre, c'est-à-dire aucun changement d'orientation de la scie au cours de la taille, ce qui est courant lors des sciages de long.

Quel était le type de scie utilisé pour la taille de ces bois ? Une fois de plus, nous ne connaissons pas de modèle de scie propre à la Normandie pour cette époque. Aucune scie



Fig. 39 : Écharpes taillées à la scie de long, cathédrale de Bayeux, bras sud (1223-1226d).



Fig. 40 : Face sciée marquée, déformée par le tirage au cœur, cathédrale de Bayeux, bras sud (1223-1226d).

d'abattage (scie à deux poignées) ni de débitage (scie à cadre et à tension et scie de long) n'a été découverte en contexte archéologique pour cette période en France ni en Angleterre⁹. Les représentations iconographiques sont rares mais permettent d'attester la présence de scies de débitage dès le XII^e siècle dans le monde méditerranéen¹⁰ (fig. 41). Ce type d'outil est rare en Normandie et ce pour plusieurs raisons. Le potentiel forestier permettait d'approvisionner largement les chantiers normands en bois de brin de section convenable et de droit fil, jusqu'au XIV^e siècle, sans signe apparent de pénurie. Il n'était donc pas nécessaire de produire des pièces débitées à partir de bois de fort diamètre. En outre, le coût de fabrication et d'entretien d'une scie dépasse de beaucoup celui d'une hache, et ce encore au XIX^e siècle : en 1820, une scie coûtait six fois plus cher qu'une hache¹¹. De plus, la manutention de cet outil et des grumes mobilise plusieurs charpentiers alors que le travail à la hache reste individuel. Pour débiter une grume, il faut en effet la surélever à l'aide d'un haut tréteau (baudet, chèvre ou hourd) ou la placer au-dessus d'une fosse creusée dans le sol.

Enfin, Michel Pastoureau évoque la connotation négative et péjorative de cet outil dans la mentalité médiévale et la répugnance manifestée par les hommes du Moyen Âge à l'égard de la scie à laquelle on reprochait d'être :

silencieuse et donc de permettre de couper du bois en fraude [...], d'être lente et lâche, de ruser avec la matière, d'être cruelle avec le bois, de massacrer les fibres de l'arbre, d'empêcher la repousse des branches sur le tronc ou sur la souche, car la coupe à la scie favorise le pourrissement. Bref, on projette sur l'arbre et le bois les souffrances d'Isaïe et des saints suppliciés à la scie (Cyr, Jude, Simon). Quelques textes soulignent également la patience qu'il faut montrer pour user d'une scie; ils la comparent à la lime, qui elle non plus n'attaque pas franchement la matière mais en vient à bout à force de patience. Ce sont des outils « féminins », des outils trompeurs et félons qui comptent sur la durée pour parvenir à leurs fins. Dans la sensibilité médiévale, scier et limer ont ainsi à voir avec la pratique de l'usure, dans tous les sens de ce terme¹².

Le dessin de scie hydraulique de la première moitié du XIII^e siècle présent dans le manuscrit de Villard de Honnecourt correspond

9. COLARDELLE et VERDEL 1993, p. 207; LASSURE 1998, p. 371; HUNOT 2001, p. 41.

10. MILLE 1992, p. 61.

11. KILLIAN 1979, p. 17-49.

12. PASTOUREAU 1991, p. 258.



Fig. 41 : Construction de l'arche de Noé. Mosaïque, XI^e siècle, nef de la cathédrale de Monreale, Sicile.

à la plus ancienne figuration de ce type de machine. La représentation de son mécanisme étudié par Roland Bechmann montre de nombreuses lacunes : certains dispositifs indispensables au bon fonctionnement de la scie sont absents (système de guidage de la lame et d'avancement synchrone de la bille). Villard s'est contenté de dessiner le mécanisme général de la machine en omettant les détails qu'il n'a pas dû comprendre ou voir. Ce dessin illustre cependant, selon Bechmann, une machine que l'auteur a réellement vue en cours de fonctionnement¹³.

Si quelques scies hydrauliques sont mentionnées dès le XIII^e siècle en Touraine¹⁴, elles n'étaient cependant pas très répandues. Le transport des grumes du lieu d'abattage à la scierie, puis de la scierie au chantier multipliait le coût d'exploitation des bois d'autant plus que les lieux de coupe pouvaient être très éloignés des rivières. Leur rentabilité ne peut donc s'envisager que sur des cours d'eau très fréquemment usités pour le transport des grumes ou à proximité de grands centres d'approvisionnement en bois d'œuvre comme les quais de Rouen par exemple. Les moulins actionnant des scies, connus par de rares mentions (dans le Jura suisse en 1268 et à Toulouse en 1303) étaient vraisemblablement destinés au débitage du sapin et non du chêne¹⁵. Les bois sciés de la charpente de Bayeux ont été travaillés à la scie manuelle (passe-partout, scie de long ou scie à cadre) en raison

des irrégularités du trait de découpe repris à la doloire et non à la scie mécanique qui doit assurer un débitage rectiligne.

Il faut attendre le XIV^e siècle pour voir dans les charpentes en Normandie des bois équarris et débités à la scie de long, notamment pour les colombes des pans-de-bois. De même, en Bretagne, le débitage longitudinal de bois de charpente en deux parties égales est, jusqu'à présent, daté de 1380d¹⁶. La scie va ensuite se généraliser au XV^e siècle en raison peut-être d'un changement de gestion forestière, d'une régénération des forêts normandes après la guerre de Cent Ans et d'une importante réserve en bois de fort diamètre.

Un parallèle peut être fait avec les I^{er} et II^e siècles après J.-C. où il semble qu'un matériau plus dense, plus nouveau et dont les sections devenues trop petites en raison d'une surexploitation du domaine forestier a pu motiver le passage d'un débitage par clivage à un débitage à la scie.

Cette adaptation technique pourrait donc refléter, en plus d'une question de transfert technique, l'évolution du potentiel forestier local¹⁷. En Angleterre, la scie de long fait son apparition au cours du XII^e siècle où sa trace a été observée à la surface de planches et de madriers issus d'arbres émondés¹⁸.

Le fendage (fig. 42)

Dans la charpente de la chapelle de la commanderie templière de Chanu dans l'Eure, mise en place entre 1183 et 1192d, les pièces présentent des sections très variables d'une ferme à l'autre et témoignent de difficultés manifestes pour trouver sur pied une quantité suffisante de bois de section homogène et adéquate. De nombreux bois utilisés pour les entrails retroussés et certaines écharpes ont ainsi été fendus à la hache pour être adaptés à la structure (fig. 43). Ils présentent une section variant entre 8 x 17 cm et 11 x 18 cm avec un tirage au cœur caractéristique (bombement avec fente de séchage centrale du côté du cœur) sur une des faces les plus larges. Le fendage a été utilisé ici pour des bois courts, inférieurs à 4,40 m, de forte section : entre 23 et 28 cm de diamètre contre 16 et 21 cm pour les autres bois. Il est difficile de savoir si le fendage a permis d'obtenir deux pièces à partir d'une grume ou une seule exploitable.

Le fendage a donc servi à calibrer correctement des bois inadaptés par leur forte section. La nécessité de ce fendage s'est imposée aux charpentiers suite à un problème d'approvisionnement. Limités à un choix restreint d'arbres à abattre, les

13. BECHMANN 1993, p. 278.

14. JACQUET 2003.

15. BECHMANN 1993, p. 278.

16. Manoir de la Grande Touche, Pacé (Ille-et-Vilaine), rapport d'étude dendrochronologique, DRAC Bretagne, Rennes, BERNARD 2001.

17. BERNARD 2003.

18. GOODBURN 1997.



Fig. 42 : Moines en train de fendre à la hache un tronc d'arbre.
Moralia in Job, Dijon, Bibliothèque municipale, ms. 170, fol. 59r.

charpentiers ont dû se contenter des seules grumes disponibles, avec des sections inappropriées. Plus qu'une pénurie locale en bois d'œuvre de qualité, peut-être faut-il voir là une réponse adaptée à l'urgence du chantier ou aux faibles ressources forestières de cette jeune commanderie. Par ailleurs, la présence, dans le plancher de la porterie, de planches débitées sur dosse, qui utilisent toute la largeur de la bille, constitue une autre originalité de ce site, prouvant la modestie des moyens mis en œuvre, la rapidité d'exécution et/ou le caractère pionnier des infrastructures en bois. Comme le sciage, cette technique de fendage reste là aussi exceptionnelle au regard des bois de brin communément employés dans la plupart des charpentes des XII^e-XIII^e siècles en Normandie comme en Île-de-France.

L'orientation des bois

L'établissage est l'opération qui succède à l'équarrissage et au lignage des pièces. « Établir » un bois consiste à l'orienter sur l'épure selon son profil et sa place dans la charpente. Cette orientation, sur le plan d'une ferme par exemple, tient compte des déformations naturelles comme le raide (côté bombé), l'emplacement du cœur qui déterminera la partie la plus résistante ou encore la position de la tête et du pied de l'arbre. Ainsi, il est



Fig. 43 : Écharpes et entrails retroussés taillés dans des bois fendus à la hache, chapelle de Chanu (1183-1192d) dans l'Eure.

possible de constater que dans toutes les charpentes étudiées ici, les chevrons, les poinçons et les autres pièces verticales de la structure sont systématiquement disposés avec le pied de l'arbre en bas de la pièce et la tête en haut. La réception des charges de compression en pied de pièce réclame en effet plus de résistance qu'en partie haute. La morphologie statique de l'arbre se trouve ainsi respectée dans son utilisation par l'homme. De même, les déformations naturelles du bois sont toujours mises à profit dans la charpente dans la mesure où elles offrent un avantage particulier pour la mise en œuvre d'une structure biaise, oblique ou courbe. Dans les charpentes voûtées comme celle de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais (Mesnil-Mauger, fig. 6) vers 1144d, les jambes de force, aisseliers et entrails retroussés ont une courbure qui s'intègre au profil de la voûte en plein cintre. Il en est de même pour les aisseliers et les jambes de force courbes de la voûte du manoir de Boos, du XIII^e siècle. Les sablières de l'abside du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux (1224/1225d) ont été taillées dans des bois naturellement cintrés (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 28-30). La forme courbe en a d'ailleurs été délibérément recherchée lors de la sélection des arbres à abattre.

Déjà évoquée précédemment, la courbure des entrails des charpentes de l'église de Saint-Clair-sur-Epte du XII^e siècle, des chapelles de Chanu (1183-1192d) et de Vaux à Gisors (1224d) et de l'église de Quatremare du début du XIII^e siècle, leur permet de passer au-dessus des voûtes dont l'extrados fait saillie de façon très prononcée dans le comble (fig. 44). La courbure de ces entrails était donc indispensable pour leur éviter de rentrer en contact avec la voûte, ce qui révèle là aussi l'importance de l'emploi des mesures lors de la sélection des bois en forêt et de l'étroite coopération entre les maîtres d'œuvre de maçonnerie et de charpenterie au début du chantier.



Fig. 44 : Extraits romans courbes pour franchir la voûte, réemployés au XIX^e siècle, église de Saint-Clair-sur-Epte (Val-d'Oise).

Lorsque les ressources forestières ne permettent pas d'approvisionner le chantier en bois d'œuvre suffisamment rectilignes, comme pour le croisillon nord (vers 1250d) de la cathédrale de Bayeux, l'établissage permet d'obvier à ces défauts en employant les bois au mieux de leur profil, et ce en fonction de l'épure. Les bois tors sont ainsi re-sélectionnés dans les lots de pièces disponibles sur le chantier, de manière à faire correspondre la courbure d'une pièce avec celle d'une autre. L'établissage de ces bois a donc permis d'utiliser au mieux les défauts naturels de chaque pièce afin de toutes les associer et les assembler dans une structure commune où chaque élément trouve sa place. Enfin, lorsqu'une pièce torse ne peut trouver son correspondant, un rajout ou une greffe vient corriger le défaut, permettant ainsi son assemblage dans la structure prédéfinie comme pour les têtes déviantes de certains chevrons du croisillon nord de la cathédrale de Bayeux auxquels une greffe a permis d'être assemblés en tête de la ferme (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 77).

Le lignage

Le lignage intervient une fois que les bois ont été équarris et orientés en fonction de leur forme naturelle sur le tracé de l'épure au sol. Cette étape est indispensable au tracé des assemblages et

donc à l'exécution de l'ensemble des éléments rentrant dans la composition d'une structure.

Ce lignage consiste à tracer le long d'un bois, sur la face qui recevra les assemblages, une ou plusieurs « lignes d'assemblages » suivant un axe longitudinal, déterminé par les deux extrémités de la pièce. Ces lignes servent à déterminer l'emplacement des assemblages selon un axe commun de façon à ce que toutes les pièces d'une structure (ferme, pan-de-bois) soient assemblées dans un même plan (fig. 45). On peut assimiler ces lignes à un rail placé le long de la pièce sur lequel on ferait coulisser les autres pièces à assembler jusqu'à leur position définitive.

Ces lignes sont tracées sur la face qui reçoit les assemblages, la face interne des bois, orientée vers l'intérieur de la ferme ou du pan-de-bois. Lorsque les bois sont lignés et placés sur l'épure au sol, disposés les uns sur les autres, intervient alors le piquage qui consiste à tracer définitivement l'emplacement des assemblages à l'aide d'un fil à plomb en fonction de ces lignes (fig. 45). Ce tracé définitif s'effectue sur les faces lignées et sur la face du dessus, orientée vers le haut, appelée « face d'établissage ».

Les traces de lignage observées dans les charpentes de ce corpus sont nombreuses et lisibles dans la plupart des cas. Elles permettent de faire la distinction entre trois types de tracés selon la nature des assemblages : mi-bois ou tenon-mortaise.

Tous ces tracés ont en commun le fait qu'ils se présentent sous l'aspect de traits noirs, parfaitement rectilignes d'un bout à l'autre de la pièce et qui s'effacent très facilement en passant

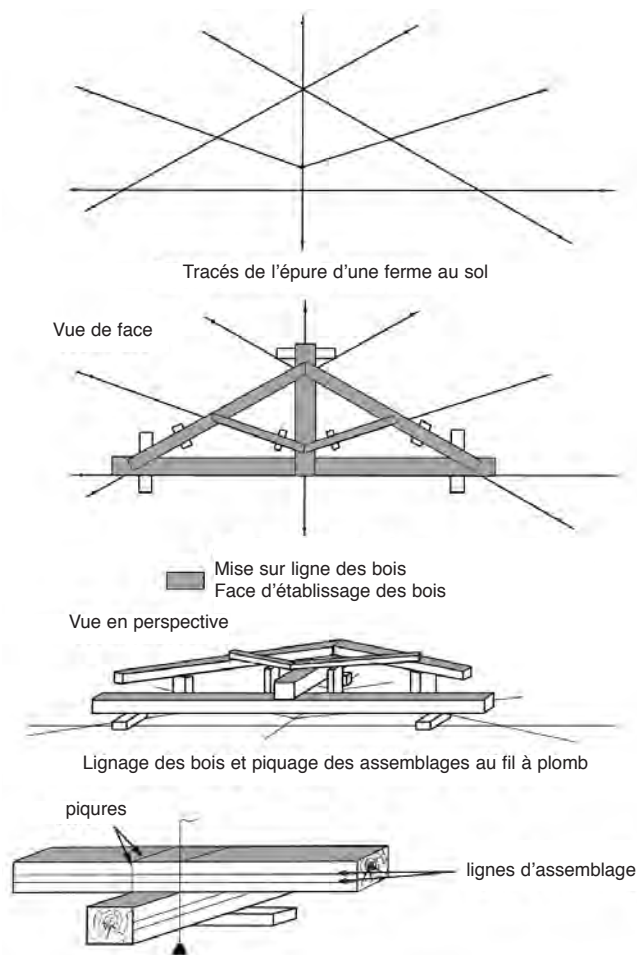


Fig. 45 : Schéma opérationnel de l'établissement des bois d'une ferme.

simplement le doigt dessus. Aucun trait n'a été fait à la rainette ou avec un autre outil métallique comme on peut le voir à partir du XVII^e siècle (cathédrale de Rouen). Il s'agit donc de traits marqués à l'aide d'un cordeau imprégné d'une substance noire que l'on bat sur la surface du bois en le pinçant pour le tendre et le faire claquer comme cela se pratique encore de nos jours (fig. 33-3). Cette matière colorante peut être du charbon de bois délayé ou du graphite, appelé aussi plombagine ou mine de plomb (employée couramment dans la fabrication des mines de crayon) qui est une variété de carbone cristallisé, presque pur. Du graphite a en effet été retrouvé dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d) au fond de la mortaise vide d'un entrait¹⁹. Selon un usage commun aux chantiers traditionnels, le graphite ou le noir de charbon est en effet délayé dans une

19. Cette mortaise, ne rentrant pas dans la composition de la ferme, a été comblée par des poussières et des copeaux de bois, le graphite étant au fond.



Fig. 46 : Imprégnation du cordeau de noir de charbon, Roumanie (CALAME 1993, p. 80).

mortaise qui sert d'encrier pour imprégner le cordeau à tracer (fig. 46). L'emploi exclusif du cordeau pour le lignage permet de supposer que le trusquin (outil traditionnellement utilisé pour tracer des rainures parallèles à l'arête d'un bois) n'était pas encore en usage au XIII^e siècle en Normandie.

Trois types de lignage ont été identifiés : le lignage à trait unique, à double trait et à triple trait, avec pour chacun d'eux plusieurs fonctions distinctes.

Le lignage à trait unique (fig. 47)

Détermination de la profondeur des assemblages à mi-bois

Premier procédé

Ce premier type de tracé, représenté par un seul trait sur le long de la pièce, se rencontre spécifiquement sur les bois qui comportent des assemblages à mi-bois, en about et/ou sur leur longueur à l'intersection d'autres éléments. On peut l'observer en sous-face des écharpes du bras sud du transept de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d). Ces écharpes possèdent des assemblages à mi-bois en queue d'aronde et à ergot aux extrémités et de simples entailles à mi-bois à la croisée des autres pièces. On constate ainsi que l'unique trait passe systématiquement par le fond des entailles à chaque intersection des pièces ainsi qu'aux extrémités de l'écharpe, déterminant l'épaisseur du tenon bâtard du mi-bois. Il se rencontre pareillement dans la charpente de l'église de Chanu (1183-1192d) dans l'Eure notamment en sous-face des entrails retroussés.

Il s'observe aussi dans la charpente du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux (1225d), en sous-face des décharges qui

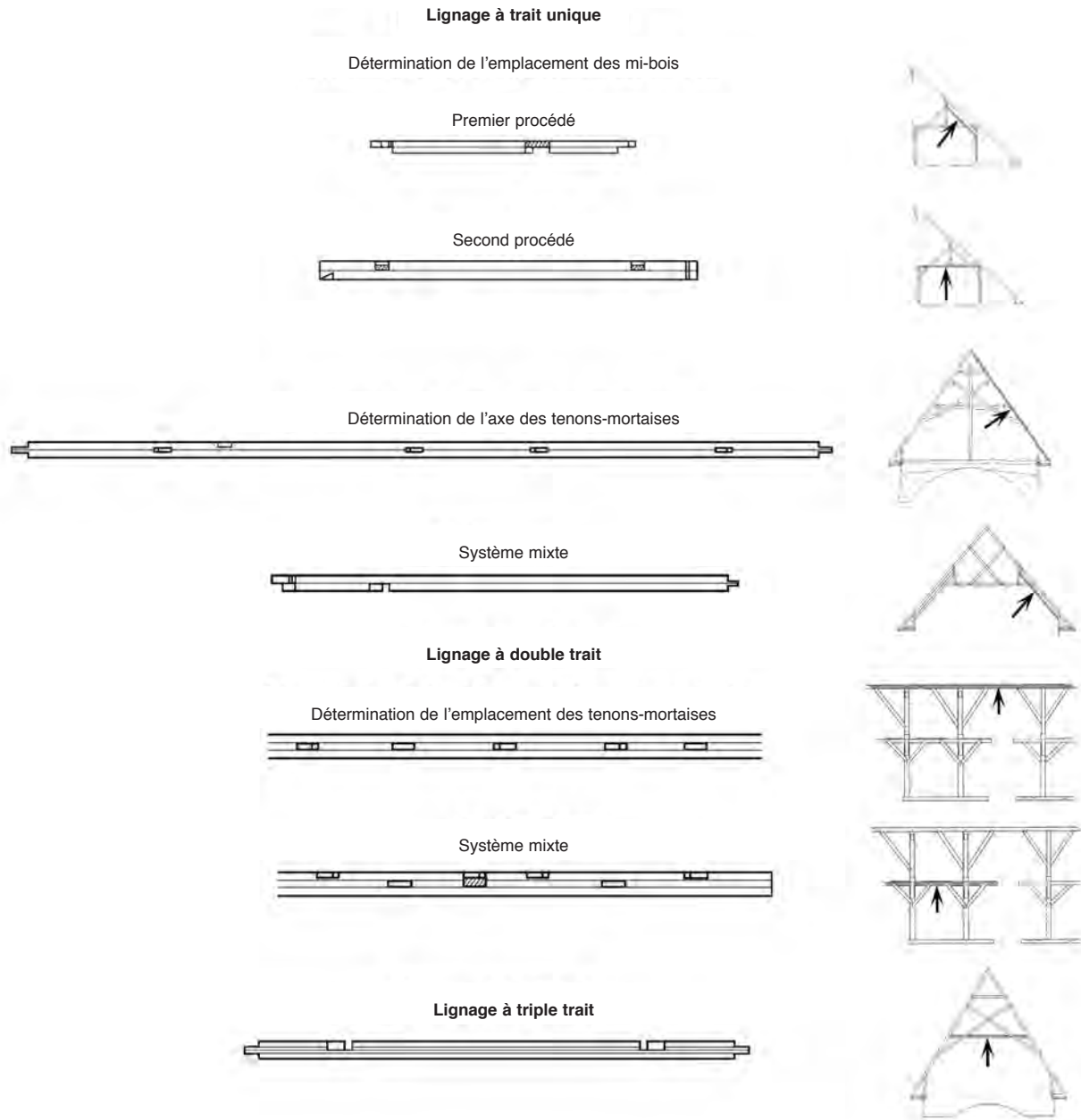


Fig. 47 : Typologie des lignages.

présentent uniquement des assemblages à mi-bois comme précédemment (entaille à l'intersection de l'entrait et mi-bois à ergot aux extrémités). Seules les décharges travaillées dans des bois droits montrent un tel lignage, la torsion naturelle de la plupart des éléments ne permettant pas de battre le cordeau. Le trait de lignage délimite là aussi le fond de l'entaille et l'épaisseur des tenons bâtards des abouts d'écharpes. On le rencontre encore dans la charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux

(1227/1228d), en sous-face de certains faux-entrants assemblés exclusivement par des mi-bois.

Le tracé au cordeau d'un unique trait, pour des pièces comportant uniquement des mi-bois, est donc destiné à délimiter la profondeur de l'entaille de ces assemblages. Le cordeau est tendu et battu à une distance prédéterminée de sa face d'établissage pour désigner l'axe commun des assemblages qui y seront travaillés. Cette distance, de quelques centimètres seulement,

correspond à la moitié de la section des bois qui viennent s'assembler entre eux. Cette mesure est identique pour toutes ces pièces, l'entaille de ces assemblages étant délimitée par le tracé au cordeau. On comprend ainsi l'intérêt, pour les assembler dans un même plan, pour une ferme ou un pan-de-bois, d'avoir un ensemble de pièces de même section. La standardisation de la section des bois d'un même ensemble permet de faciliter la taille de leurs mi-bois par un tracé commun et garantit également une homogénéité des charges transmises dans les assemblages. Le gain de temps qu'autorise cette uniformisation par la taille de leurs assemblages et par leur tracé au cordeau est tout aussi déterminant.

Second procédé

Les entrants des fermes de la charpente du déambulatoire (1224/1225d) de Bayeux, assemblés en face inférieure par des mi-bois aux décharges et par une entaille de trave à simple queue d'aronde à chaque extrémité aux sablières, présentent aussi un unique trait de lignage (fig. 47). Cependant, on constate que, contrairement aux tracés précédents, ce trait ne passe pas par le fond des entailles à mi-bois mais suivant le flanc interne des décharges, sur le profil de l'épaule longitudinal de l'assemblage. Cela suppose évidemment que la section du bois à tracer soit supérieure à celle des pièces qui doivent s'y assembler. Le cordeau a donc été battu à partir de la face d'établissage à une distance qui correspond à la section complète des bois à assembler (12 cm) et non pas à la moitié de leur section comme précédemment (6 cm).

Le principe de tracé demeure le même avec un cordeau battu à une distance prédéterminée de la face d'établissage, cependant le trait ne permet pas de délimiter la profondeur de l'entaille des mi-bois. Il sert uniquement de référence pour tracer les assemblages lors du piquage, quand les bois seront mis sur l'épure. La profondeur des entailles est ensuite définie par convention à mi-section à partir de ce trait et leur taille s'effectue « à l'œil ». Le résultat reste donc le même mais le procédé est différent. Là aussi, on constate que ce tracé réclame une uniformisation de la section des bois puisque le lignage au cordeau détermine une unique section sur tout le long de la pièce tracée.

Détermination de l'axe des assemblages à tenon-mortaise

Dans la charpente du bras nord du transept de la cathédrale de Bayeux (vers 1250d), on peut encore observer en sous-face de certains chevrons un lignage qui se montre sous la forme d'un trait unique marqué au cordeau. Ces chevrons comprennent tous sur leur longueur cinq assemblages à tenon-mortaise et un seul à mi-bois. Le trait qui se voit d'une extrémité à l'autre du chevron passe exactement dans l'axe de toutes les mortaises taillées dans ce bois ainsi que dans l'axe du tenon du pied du chevron. Seul le mi-bois se situe en dehors de ce tracé (fig. 47).



Fig. 48 : Lignage à trait unique. Cathédrale de Bayeux, chapelle de la Conception, chevron en réemploi (1225d).

Il se rencontre également sur les chevrons de la charpente de la chapelle de la Conception de cette même cathédrale (1225d), sous l'aspect d'un trait axial déterminant la position des tenons-mortaises de tête et de pied de la pièce et en ignorant les entailles des assemblages à mi-bois (fig. 48). De même, il s'observe sur certains chevrons de la croupe de la chapelle axiale du déambulatoire où le trait passe dans l'axe des tenons-mortaises et jamais dans celui des mi-bois.

Ce type de tracé se remarque aussi sur les poinçons de la charpente du chœur (1228d), sur les faces internes, tournées vers le nord et le sud. Il définit l'axe des mortaises qui servent à l'assemblage des écharpes et à celui de l'entrait retroussé, mais exclut l'assemblage à mi-bois de tête.

Ce lignage semble donc définir uniquement l'emplacement des tenons-mortaises d'après un unique trait placé dans l'axe médian du chevron. Tous ces assemblages sont

ainsi alignés en fonction de l'axe défini par les deux extrémités du chevron.

Contrairement aux tracés précédents, le cordeau est battu sur la face des bois dans l'axe de la pièce et non en fonction de la section des éléments à assembler. Le plan mis en commun à toutes les pièces d'une ferme se situe désormais, par ce procédé, dans l'axe des pièces et non plus sur la face d'établissement des bois. Cette technique présente donc l'avantage de tracer les assemblages de bois de différentes sections à partir d'un même trait.

Système mixte : détermination de la profondeur des entailles à mi-bois et de l'axe des tenons-mortaises

Toujours sous la forme d'un unique trait, un autre type de lignage permet cette fois-ci de déterminer l'axe des tenons-mortaises et aussi celui des mi-bois selon le premier procédé défini plus haut.

Il se remarque dans la charpente du bras sud de la cathédrale de Lisieux (1199-1208d), sur la face inférieure de certains sous-chevrons et des entrails retroussés, bois qui possèdent ces deux types d'assemblage. L'unique trait passe en effet dans l'axe des mortaises et des tenons d'about des pièces et s'aligne exactement sur le fond des entailles des mi-bois. Il se remarque également dans la charpente du chœur de cet édifice (1200-1206d), en sous-face de certains chevrons et de quelques sous-chevrons. Là aussi, le trait axial passe dans l'axe du tenon de pied des sous-chevrons et des mortaises des chevrons, ainsi que sur le flanc de l'entaille de leurs assemblages à mi-bois.

Ce lignage rejoint celui décrit précédemment pour la détermination de l'axe des tenons-mortaises à la différence près que, dans le cas présent, la section des bois lignés et des bois assemblés est identique. Ainsi, le trait d'axe de la pièce lignée correspond à la mi-section des bois qui viennent s'y assembler. L'unique trait détermine donc l'axe des tenons et des mortaises ainsi que le fond des entailles des mi-bois. La standardisation de la section des bois au sein d'une structure permet ainsi de simplifier considérablement le lignage des assemblages par un gain de temps et de lignes à tracer.

Le lignage à double trait (fig. 47)

Détermination de l'emplacement des tenons-mortaises

Le lignage à double trait est le type de lignage le plus couramment observé au XIII^e siècle. Il se présente sous la forme de deux traits parallèles, tracés au cordeau sur toute la longueur de la pièce, et sert exclusivement à la détermination de l'emplacement des tenons-mortaises. L'écartement des deux lignes parallèles correspond à la largeur des mortaises.

Il s'observe dans la charpente du bras sud de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d), en sous-face des chevrons, des faux-



Fig. 49 : Lignage à double traits. Abbaye de Bonport (Eure), dortoir (1221d), entrail retroussé.

entrails et de certaines écharpes. Ces tracés déterminent l'emplacement des tenons-mortaises conservés le long de la pièce (chevron) ou aux extrémités (faux-entrails) mais ne s'alignent pas sur les entailles des assemblages à mi-bois. Dans la charpente du déambulatoire de cette cathédrale, il se présente en sous-face de la panne-faîtière, uniquement sur les bas-côtés, et en face inférieure des chevrons qui ne comportent en effet que des tenons-mortaises. Le lignage des pannes-faîtières disparaît au niveau du rond-point : il est évidemment impossible de ligner au cordeau des bois courbes. On rencontre encore ce lignage dans la charpente du dortoir de l'abbaye de Bonport (1221d), en sous-face des chevrons et des entrails retroussés (fig. 49), dans la charpente de la nef de l'abbatiale de Fécamp (1220d) sur la plupart des bois et dans la charpente du bras nord de la cathédrale de Bayeux (vers 1250d) en sous-face des chevrons.

Le double tracé apparaît ici comme une technique spécifique aux tenons-mortaises, en l'absence de mi-bois sur ces pièces. Il permet d'assurer un alignement des assemblages et donc du plan de la ferme ou éventuellement d'un pan-de-bois, tout en s'affranchissant de la détermination de la section des bois assemblés, contrairement au lignage des mi-bois. De plus, il offre l'avantage de définir dès cette opération les dimensions du tenon et de la mortaise, ce que ne permet pas le lignage à trait unique pour les tenons-mortaises.

Détermination des tenons-mortaises et des mi-bois ou système mixte

Un autre exemple, identifié dans la charpente du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux, sur la face inférieure des sablières hautes du pan externe, est similaire au précédent. Sur ces bois qui présentent des tenons-mortaises et des mi-bois, on distingue en effet deux lignes noires parallèles, tirées au cordeau, écartées de la largeur même des mortaises. Ce lignage a donc déterminé l'emplacement des mortaises mais on s'aperçoit qu'il a aussi servi à délimiter l'entaille des mi-bois : l'un des deux traits se prolonge en effet sur le bord de l'épaulement des liens assemblés par mi-bois.

Ainsi, ce double tracé permet de définir sur un même alignement la position des mortaises et celle des mi-bois à partir d'un unique procédé de lignage qui autorise des différences de section entre le bois ligné et les bois assemblés.

Le lignage à trois traits (fig. 47)

Dans la charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux (1227/1228d), on peut observer, sur la face inférieure de certains chevrons et d'entraits retroussés, un lignage de trois traits noirs parallèles, tracés au cordeau.

Ces bois qui possèdent des assemblages à tenon-mortaise et à mi-bois ont été lignés de façon à pouvoir déterminer par un tracé distinct la position des tenons-mortaises et celle des entailles à mi-bois. En effet, on distingue un premier tracé situé presque dans l'axe de la pièce qui délimite le fond de l'entaille des mi-bois, qu'il s'agisse de ceux des entraits retroussés aussi bien que des chevrons. Les deux autres lignes parallèles sont placées précisément dans le prolongement des côtés latéraux des mortaises pour les entraits retroussés et les chevrons. Le premier trait axial ne passe pas obligatoirement dans l'axe de ces mortaises et se distingue donc bien de ces assemblages. De même, les deux autres traits ne s'alignent pas sur les assemblages à mi-bois.

Ce lignage comporte donc deux tracés distincts destinés chacun à un type d'assemblage précis. Celui prévu pour les mi-bois détermine le fond de l'entaille et se trace à partir de la face d'établissement à une distance correspondant à la mi-section des



Fig. 50 : Lignage à triple traits. Abbaye de Bonport (Eure), dortoir (1221d), entrain retroussé.

bois assemblés. L'autre tracé, destiné aux tenons-mortaises, se démarque du précédent par une détermination de l'emplacement des assemblages en fonction de l'axe de la pièce à ligner. Ces deux lignages superposés s'expliquent par le fait qu'ici, les bois assemblés sont de même section, et que la profondeur des entailles à mi-bois ne peut donc s'aligner sur le profil des mortaises ou des tenons.

Enfin, dans la charpente du dortoir de l'abbaye de Bonport (1221d), les entraits retroussés présentent aussi en sous-face un lignage à trois traits. Les bois sont tous assemblés par tenons-mortaises et le trait axial correspond à l'axe de la pièce (fig. 50). Celui-ci est donc facultatif et, parfois, absent, laissant seulement les deux traits destinés à l'ouverture des mortaises.

Force est de constater la grande diversité de lignages utilisés au XIII^e siècle pour le tracé des assemblages. Chaque lignage est parfaitement adapté aux différents types d'assemblages taillés sur ces bois, que ce soit pour un type donné ou bien pour une association d'assemblages distincts. Ainsi, le positionnement des mi-bois se détermine par le tracé d'un unique trait qui délimite

soit le fond de l'entaille, soit l'emprise totale de l'assemblage lorsque les bois sont de sections différentes. L'emplacement des tenons-mortaises se définit plus spécifiquement en fonction de l'axe de la pièce par un trait unique ou par un double trait dont l'écartement désignera la largeur même de la mortaise et du tenon.

La présence de ces deux types d'assemblage sur un même bois amène à diversifier l'usage du tracé en adaptant au mieux le lignage à la section des bois assemblés. Ainsi, pour des bois de même section, ces deux types d'assemblage sont délimités, soit par un trait unique qui détermine l'axe des tenons-mortaises et la profondeur des entailles des mi-bois, soit par un triple tracé qui comprend deux lignes destinées à l'emplacement des tenons-mortaises et une ligne axiale indépendante des deux autres pour délimiter la profondeur des entailles des mi-bois. Lorsque les bois assemblés ont une section différente, la face du bois ligné étant plus large que celle du bois qui vient s'y assembler, les assemblages sont lignés par un double tracé qui désigne la largeur des tenons-mortaises et aussi l'emprise de l'assemblage à mi-bois.

Il est possible de comprendre ainsi l'intérêt de standardiser les sections des pièces dans une même charpente, surtout lorsque celle-ci comporte des assemblages à mi-bois. Le lignage au cordeau des mi-bois à partir de la face d'établissage réclame en effet une largeur unique des pièces tandis que celui des tenons-mortaises, tracé suivant l'axe des bois, serait plus adapté à des variations de section.

Le tracé au cordeau suppose aussi une certaine rectitude des bois de façon à positionner selon un seul axe commun tous les assemblages sur la même pièce. Lorsque les bois sont de fil tors comme ceux du transept de la cathédrale de Bayeux, le lignage est réalisé en tenant compte des déformations de la pièce. Le cordeau est alors battu pour intégrer le plus d'assemblages possible dans son tracé, quitte à exclure l'assemblage d'about. L'impossibilité d'aligner tous les assemblages dans un même tracé est palliée par le triage au sol des bois disponibles qui assure la mise en correspondance des défauts entre plusieurs pièces.

Cette contrainte est particulièrement déterminante lorsqu'il s'agit de tailler sur ces pièces des mi-bois puisque ceux-ci sont placés à une distance précise de la face d'établissage, c'est-à-dire d'une arête de la pièce. En effet, l'arête d'une face d'un chevron est, par nature, difficilement rectiligne en raison des défauts naturels du bois, de sa torsion, de la présence d'une flache et de l'aubier. Ainsi, le lignage au cordeau suivant l'axe de la face d'une pièce, donc essentiellement pour des tenons-mortaises, permettra d'assurer un réel alignement des assemblages car si le lignage des mi-bois se fait au cordeau, leur taille reste dépendante de la rectitude de l'arête du bois. Peut-être s'agit-il ici d'un des critères déterminants de l'abandon de l'assemblage à mi-bois dans le courant du XIII^e siècle. L'usage exclusif du tenon-mortaise, taillé et déterminé par un lignage axial sur la face des bois, par un ou

deux traits, permet de structurer l'ensemble des éléments d'une ferme selon un plan vertical bien plus uniforme que celui de la face d'établissage.

Il est délicat d'établir une chrono-typologie de ces lignages. Tous les exemples évoqués ci-dessus appartiennent aux XII^e-XIII^e siècles et on observe l'usage commun au sein d'une même charpente, comme celle du chœur de la cathédrale de Bayeux, du lignage à trait unique et à triple trait pour le même type de pièce tandis que celui à double trait se trouve employé dans la charpente de son déambulatoire, antérieure de quelques années seulement. De même, le double et le triple trait sont utilisés conjointement à Bonport pour les tenons-mortaises.

Les deux types de lignage pour les tenons-mortaises apparaissent à la même époque, lors de l'apparition et du développement de cet assemblage. Celui du mi-bois, à trait unique, a donc certainement été appliqué antérieurement dans des charpentes du XI^e et du début du XII^e siècle. Les bois du XII^e siècle de la charpente de Neuf-Marché, de l'abbatiale de Boscherville et de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais n'ont malheureusement gardé aucune trace de leur lignage. Le tracé au graphite s'efface très rapidement et se conserve rarement, surtout lorsque les bois subissent des expositions aux intempéries lors de restaurations ou de changements de couverture. Il est possible aussi que les bois de ces charpentes n'aient jamais été lignés.

Jusqu'à la fin du Moyen Âge, avec la généralisation du tenon-mortaise dans les charpentes, le lignage axial à simple et double traits va se développer au détriment du lignage parallèle à la face d'établissage, ce dernier disparaissant définitivement avec l'abandon des assemblages à mi-bois dans la première moitié du XIII^e siècle en Normandie. Ce n'est qu'à partir du XVII^e siècle que la rainette sera utilisée en Normandie pour tracer les lignes d'assemblages, comme sur les deux travées occidentales de la nef de la cathédrale de Rouen en 1683²⁰. Celles-ci sont généralement tracées dans l'axe des bois. Enfin, au XIX^e siècle, les charpentiers abandonnent le lignage à la rainette pour revenir au tracé au cordeau enduit de blanc de Meudon ou d'Espagne comme cela se pratique encore de nos jours²¹.

D'après les observations que nous avons faites sur les bois de ces charpentes, il n'y a pas de contre-jaugeage c'est-à-dire de renvoi des lignes d'assemblages sur la face de bois opposée. Il n'existe qu'une seule face lignée sur les bois, à l'exception peut-être des poinçons qui sont assemblés sur plusieurs faces.

Notons également que nous n'avons rencontré dans les charpentes de notre corpus aucune trace de signe d'établissage tels

20. ÉPAUD 1998, p. 128.

21. LE PORT 1987, p. 366.

les lignes de niveau, de milieu, d'axe, et les simple ou double traits ramenerets traditionnellement destinés à la taille des assemblages. Ces signes semblent n'apparaître qu'après le XVI^e siècle grâce à la diffusion de traités de charpenterie.

L'établissage et l'épure

Lorsqu'on veut faire la charpente de quelque édifice que ce soit, il faut premièrement prendre les mesures de la place tant en longueur qu'en largeur, avec une règle ou une perche, et savoir de celui qui le veut faire, quel assemblage il y veut, et en faire un dessein exact, lequel vous montrera la qualité et la grandeur du bois nécessaire pour l'accomplissement de l'ouvrage²².

Telle est la méthode prescrite en 1627 par Mathurin Jousse pour concevoir une charpente à partir de mesures précises, relevées sur place à l'emplacement du futur ouvrage, qui serviront à définir une planche de Trait (« dessein exact ») et une épure. Ces différentes étapes de la chaîne opératoire, entre la prise des mesures et l'assemblage prévisionnel des bois, définissent l'« établissage » ou l'« établissement » d'une charpente.

À l'époque moderne comme au Moyen Âge, cet établissage se subdivise en trois étapes : le tracé de l'« épure », qui consiste à reproduire fidèlement au sol la structure à réaliser, avec ou sans dessin préalable ; la « mise sur ligne » soit la pose des bois équarris sur cette épure et enfin le « piquage » ou tracé définitif des assemblages sur les bois préalablement lignés.

L'épure, les dessins d'exécution et de projet

Le tracé de l'épure est l'étape la plus importante dans la conception d'une structure en bois, qu'il s'agisse d'un pan-de-bois ou de la ferme d'un comble. Ce travail consiste à définir par des lignes directrices, tracées au cordeau sur l'aire d'épure, l'emplacement de tous les éléments de la structure à réaliser. L'épure est cette représentation en grandeur réelle de la charpente à exécuter, matérialisée au sol par des tracés ou des cordes. C'est sur ces traits, symbolisant l'emplacement des pièces par une de leur arête ou leur axe, que les bois sont positionnés afin de tracer à leur croisement le profil des assemblages.

Certaines structures complexes faisant intervenir des plans d'orientations différentes telles des flèches, des croupes ou des raccords de toitures peuvent aussi être représentées au sol sous forme d'épures grâce à des procédés graphiques relatifs au « Trait »

de charpenterie²³. La représentation au sol, en grandeur réelle, des différents plans de la charpente (ferme, façade...) permet ainsi de disposer au mieux les bois préalablement équarris en fonction de leur profil naturel pour les faire correspondre à la structure. La pose et l'orientation des bois sur l'épure en fonction du tracé, c'est-à-dire la mise sur ligne, serviront à déterminer correctement l'emplacement des assemblages sur les différents éléments de la charpente (fig. 45).

L'épure de petits ouvrages de conception simpliste peut être tirée au sol directement sur l'aire à tracer sans qu'il soit nécessaire de réaliser un dessin préliminaire. Cependant, pour des charpentes plus grandes et plus complexes, un dessin de l'ouvrage à échelle réduite était réalisé avant le tracé de l'épure²⁴. Le maître charpentier avait alors recours à un dessin qui représentait, sur une planche de trait, soit la façade en pan-de-bois, soit la ferme de la charpente, pour convenir des proportions de l'ouvrage et des procédés graphiques destinés à retranscrire au sol en grandeur réelle l'épure. Ces dessins permettaient aussi au maître charpentier, selon la maîtrise qu'il avait de l'art du Trait, de composer sur des rapports plus ou moins harmonieux une façade ou la structure d'une ferme. Le rythme ou la régularité d'une façade, de même que l'équilibre des proportions d'un pan-de-bois de maison ou de beffroi se définissent dès le dessin de cette planche, par le jeu combinatoire de modules réguliers répétitifs et de tracés au compas.

Le souci esthétique animait ces maîtres charpentiers dans la définition des proportions des façades comme Yves Lescroart l'a remarqué au manoir des Pavements²⁵ (Calvados, milieu du XVI^e siècle, fig. 51). Cette composition devait aussi répondre à des procédés graphiques qui permettaient de reproduire le plan en épure au sol, à l'échelle réelle. L'unique module à partir duquel se construit la composition d'une façade servait aux charpentiers à tracer rapidement – et sans risque d'erreur – l'épure, au sol, à l'aide de cordeaux, aussi bien qu'à définir un rythme plus ou moins harmonieux. Ces dessins utilisaient donc des principes graphiques le plus souvent élémentaires, basés sur la répétition d'un module ou d'une mesure unique, facile à retranscrire à taille réelle pour le tracé de l'épure.

Il ne faut donc pas confondre ces dessins d'exécution, destinés au chantier et au charpentier responsable de l'épure, avec les dessins qui étaient présentés au maître d'ouvrage et se réduisaient probablement à une simple représentation des formes et des proportions de l'ouvrage. Comme pour les réalisations de pierre, les dessins destinés aux commanditaires ne représentaient pas toutes les indications de détail nécessaires aux techniciens du

22. JOUSSE 1627 rééd. 1702, p. 21.

23. BRONDEL 1979, p. 323.

24. LE PORT 1981, p. 277.

25. LESCROART 1995b, p. 79.

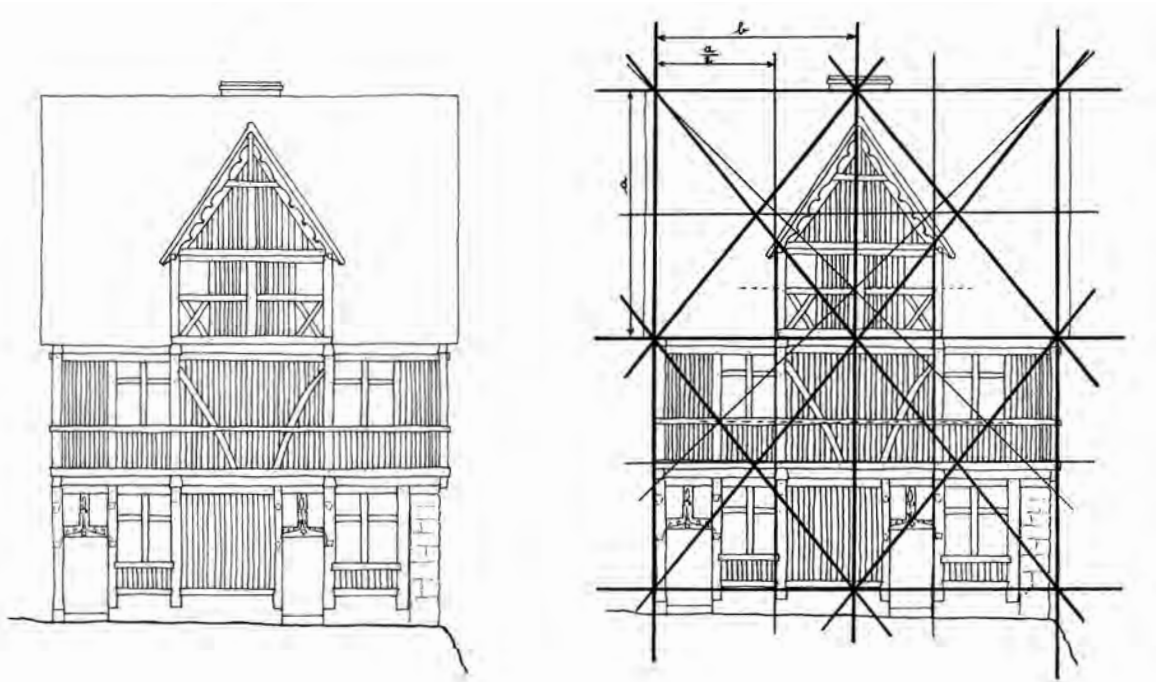


Fig. 51 : Façade du manoir des Pavements (Calvados) : restitution du tracé régulateur de l'épure (LESCROART 1995b, p. 79).

chantier. Ces représentations, dont les plus anciens exemples connus concernent la façade de la cathédrale de Strasbourg (1250-1260)²⁶, permettaient seulement de donner au maître d'ouvrage une idée de la réalisation finale et ne servaient donc qu'à présenter le projet pour appréciation. Des maquettes d'édifices en bois, en plâtre ou en cire furent également utilisées, surtout à partir du XV^e siècle en France, pour présenter le projet et donner une image plus réaliste de l'œuvre conçue par l'architecte²⁷. Quelques rares représentations de maquettes subsistent pour les XII^e-XIII^e siècles : sur sa pierre tombale, l'architecte de Saint-Nicaise, Hugues Libergier (mort en 1263), en tient une dans sa main²⁸. Un autre exemple, du milieu du XII^e siècle, peut être observé sur le gisant du roi Childebert, fondateur de la basilique de Saint-Vincent-Sainte-Croix à Paris²⁹.

Aucune épure, aucune planche de trait ou dessin ayant servi à la présentation d'un projet, à la conception ou à l'élaboration d'une charpente n'est connu avant le XVI^e siècle, à l'exception peut-être des croquis de Villard de Honnecourt. Le fait que la plupart de ces documents étaient destinés à servir aux exécutants

uniquement pendant la durée d'un chantier et pour l'exécution d'un unique ouvrage explique en partie leur disparition sitôt la charpente achevée. Le caractère provisoire des aires de tracé d'épure qui sont détruites ou démontées juste après la fin du chantier explique également cette absence de témoignage archéologique.

De même, le coût du parchemin au XIII^e siècle laisse supposer que dans la plupart des cas, les dessins de projet étaient effacés, grattés pour réemployer le support. La surface limitée des parchemins, qui présentaient souvent de nombreuses irrégularités ainsi que des trous, ne permettait d'ailleurs pas de tracer de grands dessins. Il est même permis de supposer que seules les réalisations de grande envergure sur des monuments prestigieux comme les cathédrales ou les abbayes ont nécessité de tels dessins. Pour des charpentes d'églises paroissiales ou de granges, aux XII^e et XIII^e siècles, le projet était certainement présenté sur des planches de bois ou gravé sur les pierres d'un mur. Pour des ouvrages en pierre au XIII^e siècle, le tracé des épures grandeur réelle était le plus souvent gravé dans la pierre comme celui des grandes arcades de la grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d) gravé sur l'un des murs gouttereaux. Ce mode de représentation a perduré jusqu'à l'époque moderne : à l'église de Condé-sur-Risle (Eure), un projet de charpente voûtée a été gravé à hauteur d'homme sur un contrefort de la nef.

26. Dessins de façade de la cathédrale de Strasbourg (inv. n°2), Strasbourg, Musée de l'Œuvre Notre-Dame.

27. ERLANDE-BRANDENBOURG 1993, p. 72.

28. Reims, dépôt de la cathédrale Notre-Dame.

29. ERLANDE-BRANDENBOURG 1993, p. 73.

Les dessins de Villard de Honnecourt (fig. 52)

Trois dessins du manuscrit de Villard de Honnecourt, rédigé à partir des années 1220-1230, représentent des éléments de charpentes³⁰ : deux fermes complètes et un appentis de bas-côté. Ces croquis comme tous ceux figurés dans ce livre « ne sont pas des dessins d'exécution, mais des croquis ou relevés représentant des objets ou monuments existants ou projetés et aussi des procédés, des tours de main, des trucs de préparation ou de mise en œuvre dont l'auteur cherchait à garder le souvenir » d'après Roland Bechmann³¹. Il ne s'agit en rien de dessins techniques destinés à la conception d'épures mais plutôt d'un recueil de modèles compilés par un homme de science animé avant tout par une certaine passion de la portraiture ou du dessin. La question que l'on peut se poser est de savoir si ces croquis représentent fidèlement des ouvrages qu'il a observés et quelle signification pourrait revêtir, dans l'hypothèse contraire, leur schématisation.

Il faut d'abord rappeler que les fermes dessinées par Villard relèvent des charpentes à chevrons-formant-fermes dont les fermes sont presque toutes identiques : le dessin d'une seule d'entre elles suffisait pour se représenter la structure du comble. Ces dessins de fermes sont relativement maladroits dans le sens où la disposition des bois représentés ne semble pas correspondre à une charpente existante. Dans la ferme a, accompagnée du commentaire suivant : « Or poes veir i bon comble legier por hierbegier de seur une chapele a volte » [vous pouvez voir un bon comble léger pour héberger (abriter) une chapelle voûtée], le poinçon-haut n'est pas assemblé sur ses flancs, en tête, aux chevrons, ce qui est une aberration qui ne s'observe que dans de très rares cas comme à Rouen, dans la charpente de la nef de la cathédrale (1227-1232d). Ce poinçon-haut, illustré de la sorte, ne peut pas fonctionner en traction et l'entrait retroussé doit en conséquence supporter une surcharge qui risque de le faire fléchir considérablement. Ce poinçon haut, en l'absence d'assemblage en tête, apparaît inutile, voire nuisible à la stabilité de la charpente. La hauteur de cet assemblage dans le comble et la difficulté de voir correctement ces détails dans l'obscurité d'une charpente expliquent peut-être une mauvaise observation de cet assemblage, ce qui revient à dire que Villard ne connaissait pas le principe de fonctionnement de cet assemblage, lié à la triangulation. Cette technique qui se diffuse vers la fin du XIII^e siècle dans le nord de la France semble donc ignorée de Villard.

Ce que Villard a cherché à montrer par ce dessin, c'est une disposition particulière des éléments d'une ferme pour franchir l'extrados d'une voûte qui pénètre au sein d'un comble, voûte

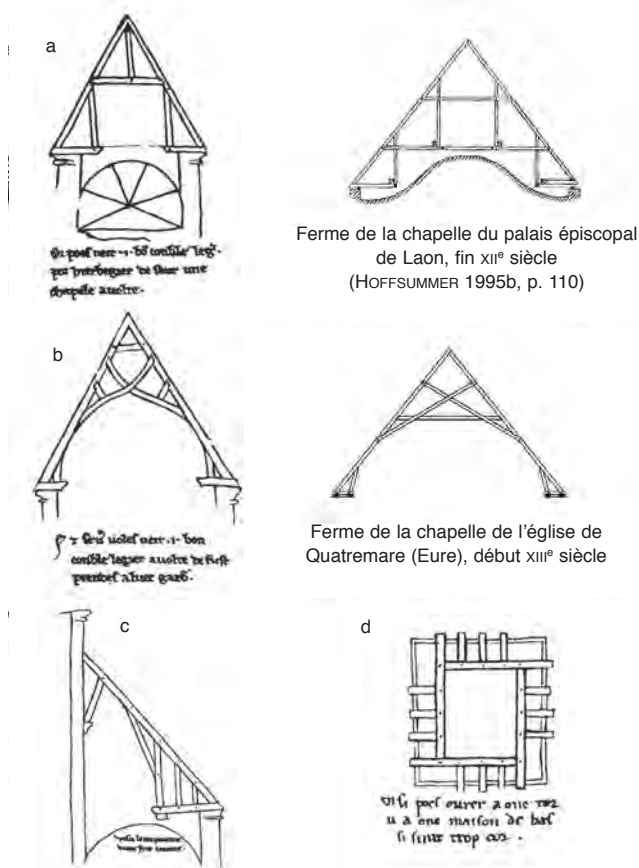


Fig. 52 : Dessins de Villard de Honnecourt, XIII^e siècle (tirés de BECHMANN 1993, p. 238-241) et exemples de comparaison.

dessinée ici schématiquement au-dessous du niveau de la ferme. Ce problème d'encombrement des voûtes dans le comble se rencontre effectivement dans plusieurs édifices voûtés, par exemple, en Normandie, dans les chapelles de Chanu, de Voismier, de Vaux ou dans l'église de Quatremare. Les entrants des fermes de ces charpentes sont tous cintrés naturellement afin de traverser le comble sans toucher aux voûtes. Dans le cas présent, Villard a observé une charpente du type de la chapelle de l'ancien palais épiscopal de Laon (fig. 52) de la fin du XII^e siècle, qui est adaptée à la pénétration d'une voûte dans le comble par le rehaussement de l'entrait. À Vaux dans l'Eure, ce procédé a également été adopté en 1224d.

Sur le plan technique, le dessin de la ferme b est tout aussi maladroit que le précédent. Il représente une ferme voûtée destinée à être lambrissée (« *I bon comble legier a volte de fust* » : un bon comble léger à voûtes de fûts) avec une croisée d'écharpes courbées en S. Cette forme d'écharpe n'a encore jamais été observée dans les charpentes médiévales. Il existe certes, à partir de la seconde moitié du XII^e siècle des bois cintrés (aisseliers,

30. BnF, ms. fr. 19093, fol. 17v, fol. 23.

31. BECHMANN 1993, p. 73.

jambes de force) dans de nombreuses charpentes pour constituer la courbure d'une voûte mais ils sont toujours infléchis dans un seul sens, jamais dans deux sens comme un S. Cette forme est très rare dans la nature et cela suppose un énorme travail de sélection des bois à l'abattage et un surcoût considérable pour la construction d'une charpente de ce type. Des écharpes cintrées dans un seul sens suffisent pour réaliser la courbe d'une voûte, de même que des écharpes droites auxquelles on assemble des liens courbes, ce qui est le plus fréquent. En effet, réaliser une voûte avec exclusivement des écharpes courbées en S suppose que ces bois doivent tous présenter la même courbure, ce qui réclame aussi un long travail de présélection. Quoi qu'il en soit, il apparaît que Villard de Honnecourt n'a vraisemblablement pas observé l'ensemble de la charpente. Le lambris de la voûte devait dissimuler les détails de la structure et son imagination a fait le reste. Il est possible aussi qu'il ait simplement recopié un dessin, la difformité des écharpes s'étant introduite peut-être lors de cette retranscription. D'une manière ou d'une autre, Villard ignorait les structures des fermes des charpentes voûtées ce que démontre l'impossibilité d'avoir en charpenterie de telles écharpes cintrées en S.

Ces erreurs confirment le caractère schématique de ses dessins, purement théoriques et non représentatifs de structures ayant réellement existé. Les dessins de son manuscrit, qui représentent les roses de Lausanne et de Chartres, comme les élévations intérieures et extérieures de Reims, présentent de telles différences avec les structures actuelles qu'il est difficile de les attribuer à des erreurs de reproduction. Il se serait inspiré de documents de chantiers illustrant des projets abandonnés ou des relevés d'autres édifices destinés à alimenter la réflexion de l'architecte³². Dans le cas présent, les éventuels dessins qui auraient inspiré Villard pour son manuscrit ne constitueraient pas de véritables dessins d'exécution ou de démonstration destinés à des commanditaires. Les erreurs sont en effet trop évidentes et elles n'ont pu être commises par la main d'un maître charpentier. Il semble plus logique d'interpréter ces défauts comme des erreurs de retranscription liées à la méconnaissance de Villard en techniques de charpenterie.

Excepté ces erreurs de représentation, les fermes dessinées par Villard montrent des détails et une disposition générale qui appartiennent aux structures des XII^e-XIII^e siècles : assemblages à mi-bois, fermes dépourvues de pannes, croisée d'écharpes. La ferme a peut s'apparenter avec celles de la chapelle de l'ancien palais épiscopal de Laon datée de 1178-1188d ou de la nef de la cathédrale de Laon, aujourd'hui disparue mais datant de la fin du XII^e siècle³³. La disposition orthogonale des éléments principaux de la ferme (entrait retroussé et poteaux ou jambes de force) et les assemblages

à mi-bois la rapprochent plus en effet d'une conception romane. Quant à la ferme b, la présence d'écharpes, de mi-bois en tête des bois et de tenons-mortaises pour l'entrait retroussé l'apparente à de très nombreuses fermes du XIII^e siècle comme celles de l'église de Quatremare (Eure) du début du XIII^e siècle (fig. 52). Cependant, la présence de petits étrésillons entre les chevrons et ces écharpes n'est pas courante dans le nord de la France mais se rencontre fréquemment en Angleterre comme dans l'église St Mary d'Ottery (Devon) ou dans la cathédrale d'Exeter pour supporter des pannes³⁴. Ce détail, ainsi que les écharpes en forme de serpent, tendent à confirmer le caractère fantaisiste de cette structure qui apparaît comme une mauvaise retranscription d'un dessin ou bien une observation rapide et maladroite d'une structure en place.

La représentation de la charpente en appentis c sous laquelle est écrit « *Ves ci le carpenterie d'une fort acainte* » – ce qui, pour Roland Bechmann, signifie « voici la charpente d'un grand collatéral »³⁵ – semble effectivement illustrer une structure d'un bas-côté, d'un collatéral ou d'un comble de déambulatoire mais avec une sérieuse disproportion des éléments. Les très rares charpentes de bas-côtés et de collatéraux de cette époque ne permettent malheureusement pas de faire de comparaison. Cependant, la présence d'un culot dans les maçonneries pour recevoir une contrefiche oblique et la longueur du sabot sur lequel s'assoient le chevron et trois potelets, sabot soutenu par un autre culot, semblent répondre à une réelle logique architecturale dans le cas où cette charpente est censée franchir l'extrados d'une voûte, représentée peut-être par le tracé curviligne sous-jacent. L'absence de support de pannes dans ce dessin suggère une coupe d'une demi-ferme de charpente à chevrons-formant-fermes. Contrairement aux dessins précédents, celui-ci paraît beaucoup plus crédible et peut correspondre à une structure que Villard aurait réellement observée.

Le dernier croquis d représente le solivage d'un plancher accompagné du commentaire suivant : « *ensi poes ovrer a one tor u a one maison de bas si sunt trop cor* » – « c'est ainsi qu'on peut travailler à une tour ou à une maison avec des bois qui sont trop courts »³⁶. Il s'agit là vraisemblablement d'une recette, d'une solution technique astucieuse, plus que de la représentation d'une structure existante. D'ailleurs, aucun plancher connu pour cette période ne présente de telles dispositions. Cette structure idéale pour des bois courts peut aussi correspondre à une reprise en sous-œuvre pour laquelle l'insertion de longs bois serait en effet difficile. D'autre part, l'argument du bois court pour une tour, donc de faible portée, semble peu crédible sachant qu'il y a

32. ERLANDE-BRANDENBOURG 1993, p. 85.

33. HOFFSUMMER 1994, p. 110.

34. HEWETT 1980, p. 148-150.

35. BECHMANN 1993, p. 241.

36. *Ibid.*

rarement pénurie en bois longs pour cette période en France septentrionale.

On constate donc que ces dessins ne sont en aucun cas des croquis d'exécution ou des reproductions de planches de Trait. Les maladresses, les disproportions et certaines incohérences sur le plan technique de ces représentations permettent même d'affirmer que son auteur avait des connaissances très limitées en charpenterie. Selon les cas, le dessin représente soit une simple astuce technique, soit une structure que Villard a réellement pu voir et reproduire avec fidélité. Ces dessins traduisent surtout la curiosité de cet homme qui a cherché à inventorier dans son manuel un ensemble de solutions techniques et structurelles, relevées ou simplement imaginées à partir d'observations furtives.

L'art du Trait

Le Trait de charpente définit l'ensemble des procédés graphiques qui sont utilisés par les charpentiers pour concevoir et réaliser les épures. Cela concerne les moyens qui servent à reproduire en taille réelle sur l'aire d'épures un dessin d'exécution réalisé au préalable sur une planche, aussi bien que les procédés permettant de résoudre un problème de conception telle une croupe ou un raccord de toiture³⁷. Tous ces moyens graphiques procèdent de la maîtrise du tracé qui intervient dans les différentes étapes de la création architecturale, de la « planche de Trait » à la réalisation de l'épure au sol.

L'expression première de cet « art du Trait » se manifeste dans le dessin d'exécution du maître charpentier. Cet exercice lui permettait de concevoir les proportions exactes de l'ouvrage et les procédés graphiques destinés à les retranscrire au sol en grandeur réelle sur l'aire d'épures, mais il servait surtout à résoudre à échelle réduite la complexité des structures. En effet, il est très délicat de prévoir les longueurs de bois et l'inclinaison des coupes de certains assemblages dans des raccords de toitures ou des croupes. La coupe d'alignement des empanons (chevrons qui viennent buter sur des arêtiers ou des noues) ou des pannes, qui se fait à l'intersection de faces verticales et obliques, ne peut se déterminer précisément que par la pratique de la géométrie descriptive au moyen d'un dessin sur une planche de Trait. Il en est de même, de façon plus générale, pour l'ensemble des structures de croupe, polygonale ou semi-circulaire, dont les chevrons ont une inclinaison différente de celle des fermes.

La première représentation d'une planche de Trait date de 1627 et est attribuée à Mathurin Jousse, architecte et ingénieur de la ville de La Flèche, dans la Sarthe (fig. 53). Elle représente

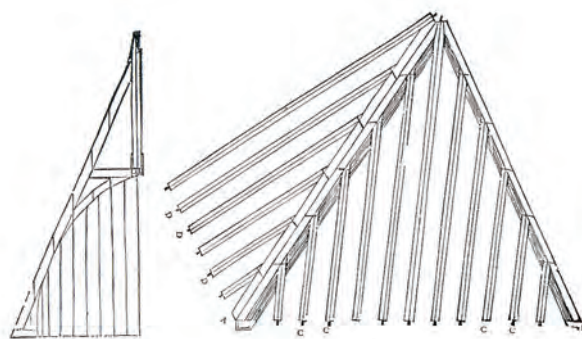


Fig. 53 : Planche de Trait représentant une croupe de toiture (JOUSSE 1627, p. 71).

une croupe sous la forme d'une coupe et d'une herse, c'est-à-dire une vue aplatie ou écrasée des arêtiers et des empanons, et permet de trouver la longueur des bois et les coupes des assemblages. Ces dessins traduisent bien les difficultés rencontrées par les charpentiers pour évaluer les mesures d'éléments disposés à dévers, dans des plans obliques.

L'absence de données archéologiques, textuelles ou iconographiques sur les épures et l'emploi du Trait avant le XVII^e siècle incite à envisager avec prudence son existence pour la réalisation d'ouvrages à l'époque médiévale. En effet, pour nombre de constructions vernaculaires, il est probable que les charpentiers médiévaux réalisaient leurs charpentes sans épure grâce simplement à l'emploi du cordeau et de la perche et surtout grâce à un sens très développé de l'intuition et de l'observation. La plupart des charpentiers du Moyen Âge usaient vraisemblablement d'un savoir technique dénué de rationalisation graphique et largement inspiré d'un sens logique et pratique du geste. Aujourd'hui encore, en Roumanie, les charpentiers ruraux qui travaillent à la hache n'utilisent aucun tracé préparatoire ni d'épure pour concevoir et exécuter des pans-de-bois, des croupes ou des raccords de toitures³⁸. Leurs réalisations, certes peu complexes, se font par simple présentation des bois, par évaluation « à l'œil ».

De même en Picardie jusqu'au milieu du XX^e siècle, les charpentiers parvenaient à réaliser « à vue » des arêtiers de croupe sans épure, des coupes d'assemblages à dévers par simple évaluation et avec une qualité d'exécution qui ne laissait pas transparaître cette méconnaissance du Trait³⁹. Le piquage d'assemblages complexes sur des bois présentant des défauts a également été réalisé par ces charpentiers par pur empirisme sans l'aide de compas jugé pourtant indispensable selon les techniques préconisées dans tous les manuels et traités de charpenterie⁴⁰. L'emploi

37. LE PORT 1979, p. 83; ID. 1981, p. 283-285.

38. Témoignage de Vasile Pop, maître charpentier à Desesti, Maramures, Roumanie.

39. CALAME 1983, p. 288.

40. *Ibid.*, p. 335.

de la perche que l'on dispose en élévation à l'emplacement des bois à établir et sur laquelle on reporte la mesure est une méthode traditionnelle qui était encore pratiquée au milieu du XX^e siècle par nombre de charpentiers qui ignoraient le trait, même pour des ouvrages complexes⁴¹.

Si pour ces raccords complexes, les charpentiers faisaient davantage appel à leur sens pratique, la réalisation de plusieurs dizaines de fermes identiques pour des charpentes à chevrons-formant-fermes nécessitait cependant l'emploi d'une épure commune. Dans la plupart des cas en architecture vernaculaire, pour les charpentes les plus simples, l'épure d'une ferme devait se réduire à une représentation élémentaire, limitée aux trois points de rencontre des deux chevrons et de l'entrait. Avec l'emploi de bois tors, l'épure, propre à chaque ferme, s'adaptait en permanence aux déformations des supports.

Pour les charpentes plus complexes et plus grandes, le tracé de l'épure des fermes faisait appel à des principes géométriques basés sur le cordeau ou la répétition d'un module de base qui garantissaient un certain équilibre dans les proportions et la composition de l'ouvrage.

La matérialisation de cette épure au sol se faisait par des piquets reliés entre eux par des fils et sur lesquels on disposait ensuite les bois. La première ferme d'une charpente était réalisée directement sur les tracés de son épure, mais il est probable que les fermes suivantes étaient exécutées non pas sur le tracé mais en prenant comme modèle cette ferme originelle, entièrement assemblée et laissée sur l'aire d'épures. On entreposait et assemblait les pièces de la ferme suivante en la superposant à la première au moyen de cales. Cette ferme-épure présentait l'avantage d'être permanente et plus stable que le tracé de l'épure pendant toute la durée du chantier.

Pour la plupart des charpentes à chevrons-formant-fermes des XI^e-XIII^e siècles, l'épure de la ferme servait aussi à l'exécution des demi-fermes de la croupe. À l'église de Neuf-Marché datée de 1127-1133d, les demi-fermes de la croupe ont été exécutées sur l'épure des fermes, la disposition des bois et l'espacement des assemblages étant strictement identiques à ceux des fermes (Neuf-Marché, fig. 8-9). Les charpentiers ont donc conçu chaque demi-ferme de la croupe comme une moitié de ferme principale, disposée sur l'abside selon un plan rayonnant. Cependant, l'impossibilité géométrique d'établir dans un même plan vertical les chevrons, l'enrayure des demi-entrants et celle des demi-faux-entrants a obligé les charpentiers à renoncer à ce parti et à improviser un dispositif d'étalement pour les chevrons de la croupe, dispositif qui existe toujours. Cette erreur de conception s'explique par le fait que le travail de pré-visualisation de la croupe en dessin n'existait pas, que seules les fermes bénéficiaient d'une

épure et que celle-ci a servi de modèle pour les demi-fermes de la croupe.

Autre cas de figure, dans la cathédrale de Bayeux : le **beffroi de la tour nord** (vers 1194d). Ce beffroi est constitué de quatre pans-de-bois presque indépendants les uns des autres, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de poteau d'angle commun à deux pans perpendiculaires (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 21). On verra plus loin que chacun de ces pans présente un dessin d'épure qui lui est propre et qu'aucun d'entre eux n'a été conçu pour se conjuguer avec un autre comme ce sera le cas avec les beffrois construits dans les siècles suivants. Cela témoigne d'un mode de conception relativement simple avec une individualisation des épures des différentes composantes d'un ensemble pourtant complexe. Il illustre surtout la difficulté encore ressentie à la fin du XII^e siècle de concevoir et de penser des structures en trois dimensions comme les beffrois, les croupes ou les charpentes de déambulatoire. Ce mode de conception relève des structures à chevrons-formant-fermes des XI^e-XIII^e constituées uniquement de fermes indépendantes, individuelles et dépourvues d'éléments longitudinaux. Cette perception bidimensionnelle se retrouve dans le dessin par Villard de Honnecourt d'une tour-beffroi avec une perspective écrasée très maladroite, qui témoigne bien des difficultés de l'auteur à représenter un ouvrage en trois dimensions.

L'analyse des **croupes des deux chapelles du déambulatoire** de la cathédrale de Lisieux, datées de 1196-1206d, a montré que toutes leurs demi-fermes ont été conçues et exécutées à l'identique, sur un même plan (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 36-37). Celui-ci reste par ailleurs très simple puisque chaque demi-ferme se compose d'un chevron, d'un demi-entrait retroussé et d'une jambe de force assise sur un blochet aujourd'hui disparu. Ces croupes, toutes deux semblables, ont donc été conçues à l'origine comme une structure d'éléments analogues issus d'une même épure. La disparition au XIX^e siècle de la charpente du déambulatoire ne permet pas de savoir si ces demi-fermes s'inspirent des fermes de cette charpente ou si ce profil leur est propre. Cette épure était relativement simple puisqu'elle était limitée au tracé du profil du chevron, du demi-entrait retroussé et des éléments de pied. Sa conception suppose également des moyens élémentaires puisque la mesure de l'inclinaison des demi-fermes a pu être prise au cordeau à partir des fermes déjà levées, puis reportée sur l'aire d'épures pour être tracée. Elle a aussi pu être déterminée au sol en fonction de la hauteur des fermes du déambulatoire et du plan de l'abside des chapelles. Seules la longueur des demi-entrants retroussés et la coupe de leur assemblage d'about, sur la ferme de croupe, et celle de la tête des chevrons ont dû être mesurées à l'aide d'une perche au cours du levage, celle-ci étant disposée à leur futur emplacement pour en prendre la cote. La structure à chevrons-formant-fermes de ces croupes, dépourvues d'arêtier, suppose donc une épure

41. LEPORT 1981, p. 277.

élémentaire pour l'exécution des demi-fermes avec cependant l'emploi du perchage pour la prise de quelques mesures et la taille de certains assemblages. Aucune notion particulière du tracé telle celle évoquée par les dessins de herse de Mathurin Jousse n'était donc requise pour ces constructions.

La croupe de la **chapelle axiale du chœur** de la cathédrale de Bayeux (1224/1225d) est similaire au cas précédent (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 44). Elle se présente sous la forme d'une structure à chevrons-formant-fermes constituée de demi-fermes identiques. Il n'existe ni arêtier, ni empanon. Le relevé de chacune de ces demi-fermes et des enrayures permet de comprendre le processus d'élaboration de cette croupe, selon des modalités semblables à celles décrites ci-dessus. L'inclinaison des chevrons, identique pour tous, est déterminée au sol d'après la hauteur des fermes et le plan de l'abside, et l'enrayure des demi-entrants est définie par le plan de l'abside au sol. Une épure très simplifiée devait donc reproduire cette inclinaison ainsi que la position du demi-entrant retroussé et de la jambe de force. La longueur du chevron et du demi-entrant retroussé, de même que la position de l'aisellier devaient être déterminées uniquement au moyen d'une perche, ces éléments présentant pour chaque demi-ferme une disposition spécifique. La coupe des assemblages de ces éléments, qui sont pour la plupart des embrèvements biais, se faisait « sur le tas », c'est-à-dire au fur et à mesure de leur mise en place. Ces méthodes se dispensent donc de tout tracé technique et font surtout appel à un sens inné de l'observation et de la taille « à vue ». Les moyens mis en œuvre pour la réalisation de cette croupe restent empiriques et font plus appel à une démarche gestuelle issue de l'expérience et de l'intuition du charpentier qu'à un processus intellectuel basé sur des techniques graphiques complexes de tracé d'épure.

Attardons-nous encore dans la cathédrale de Bayeux, sur la **charpente du déambulatoire** (1224/1225d) dont les bois du rond-point, courbes pour certains, sont disposés selon un plan semi-circulaire d'après un tracé d'épure très original (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 27-28). Cette charpente présente un portique qui suit le pourtour de l'abside et dont les sablières basses et hautes, ainsi que la panne-faîtière dessinent une courbe parfaite selon un rayon qui leur est propre. La taille de ces éléments suppose une épure au sol représentant le plan exact du déambulatoire pour déterminer avec précision la courbure de ces bois. Les sablières du pan externe du portique ont été travaillées d'après un tracé curviligne différent de celui destiné au pan interne et de celui de la panne-faîtière. Ces tracés reproduisent donc au sol, sur l'aire d'épures, le plan précis du rond-point du déambulatoire, aux dimensions exactes et selon un rayon correspondant à la position de chaque partie du portique, de manière à préparer et à adapter les bois à leur emplacement définitif. Cette épure représentait le tracé des pans interne et externe du portique ainsi que celui du cours de la panne-faîtière. Il est

probable que cette aire à tracer, à échelle réelle, était installée sur le sol même du déambulatoire et que les tracés circulaires étaient réalisés à l'aide d'un cordeau à partir du centre du rond-point. C'est probablement pour ces raisons que les reins des voûtes du déambulatoire ont dès l'origine été comblés pour aménager un niveau de sol destiné peut-être au tracé de l'épure, à l'emplacement même de la future charpente. Les fermes de ces portiques sont toutes distinctes en raison de leur orientation rayonnante. Il s'avère que chaque ferme a été réalisée sur la base des tracés des sablières et des pannes et que l'emplacement des assemblages et la position des pièces ont été déterminés par un report systématique de mesures au moyen de perches ou de cordeaux. Ainsi, on constate que le tracé d'épure était presque élémentaire, limité aux éléments courbes, et que l'art du trait se limitait à la prise de mesure par perchage et au report de ces mesures sur des aires d'épures.

Enfin, à l'**abbaye de Bonport** dans l'Eure, la rencontre des toitures du chauffoir et du réfectoire en 1241d confirme cette maîtrise empirique du Trait (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, réfectoire, fig. 26). Des couples de chevrons sont en effet assemblés en pied par tenon-mortaise dans deux noues posées sur le chevronnage du réfectoire. Ces noues ont une section prismatique afin de présenter une face d'aplomb aux extrémités des chevrons et non à dévers (dans ce cas, les charpentiers auraient été contraints de tailler des assemblages avec des rattrapages d'angles complexes). Cette astuce témoigne bien d'une absence de tracé ou de calcul pour la taille d'assemblages à dévers de chaque face.

Ce dernier exemple rend bien compte de cet esprit technique façonné par un sens inné de la perception tridimensionnelle des structures, fondé sur l'empirisme et l'emploi de procédés élémentaires comme le perchage et le tracé au cordeau. Il faut semble-t-il attendre la fin du Moyen Âge pour que la charpenterie adopte de nouvelles techniques, basées sur le tracé et le calcul, le véritable art du Trait, qui accompagne la Renaissance d'une nouvelle élaboration mentale du volume avec l'expérimentation de la projection et la perspective.

Les tracés régulateurs des épures

Pour convenir des proportions d'un grand ouvrage, le maître charpentier avait recours au préalable à un dessin de la charpente à échelle réduite. La répartition équilibrée des assemblages au sein d'une ferme, comme le rythme et la régularité d'une façade, se définissaient dès le tracé du projet d'exécution, illustré par cette planche de trait. Le tracé de l'ouvrage répondait à un jeu combinatoire de modules réguliers, de tracés au compas ou d'autres procédés graphiques basés sur le cordeau, le cercle, la répétition d'une mesure étalon de façon à donner à la structure

des rapports équilibrés, un rythme dans sa composition, une trame harmonieuse. L'art du trait consistait précisément à donner à une composition les meilleures proportions, les rapports les plus équilibrés par un tracé ingénieux, simple et intelligent. Cette volonté se manifestait particulièrement pour les façades en pan-de-bois, notamment pour les manoirs et ce jusqu'à l'époque moderne en Normandie⁴². Ces façades répondent le plus souvent à un jeu de lignes horizontales et verticales, parfois diagonales, inscrites dans un damier régulier, établi sur la duplication d'un module de référence. Ces tracés s'organisent en panneaux articulés comme une grille qui définit ainsi les travées, les niveaux, la position des baies en s'alignant sur les sablières, les poteaux, les pièces de rives.

Pour des constructions plus simples comme la ferme d'une charpente de comble, le tracé de l'épure devait définir la pente des versants, la répartition des pièces et de ses assemblages selon une organisation logique répondant à une composition géométrique élémentaire.

Les procédés graphiques utilisés dans le tracé de ces compositions devaient aussi aider le maître charpentier à retranscrire ce dessin d'exécution en épure au sol en grandeur réelle et dans les mêmes proportions. Le jeu du cercle et de la répétition d'un module unique devait lui garantir un changement d'échelle rapide et sans risque d'erreur.

Le relevé archéologique précis des charpentes permet dans certains cas de retrouver les principales lignes directrices qui constituent les tracés régulateurs de leur épure. Elles nous autorisent à comprendre les procédés graphiques utilisés lors de la conception de ces charpentes.

La charpente de l'église de Neuf-Marché (1127-1133d)

Le relevé précis qui a été réalisé sur cette charpente a permis de mettre en évidence les tracés directeurs de son épure (fig. 54). Celle-ci se traduit par une ligne pour chaque pièce de bois, ce qui est une constante comme on le verra au long de cette étude, placée sur la face interne pour les éléments verticaux (poteaux) et sur la face supérieure des bois horizontaux et inclinés (entrait principal, faux-entrait, contrefiches et chevrons). Notons que la face interne des contrefiches correspond aussi à leur face supérieure.

Comme pour les tracés directeurs des plans des édifices romans évoqués ci-dessus, les mesures élémentaires de cette épure se définissent à partir des faces internes des murs, correspondant à la portée des entrants dans œuvre des murs soit exactement 5,94 m. Cette unique mesure (18 x 0,33 m), définie par le plan

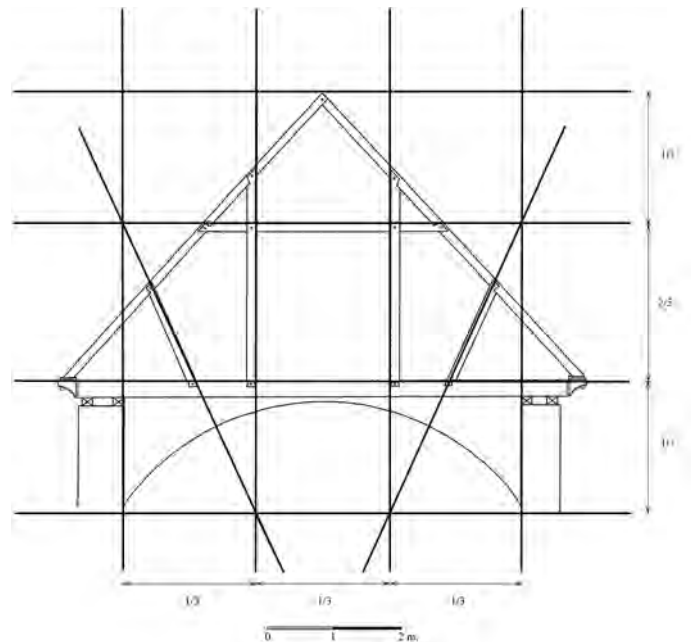


Fig. 54 : Proposition de restitution des tracés régulateurs de l'épure d'une ferme de l'église de Neuf-Marché (1127-1133d).

même de l'édifice, sert de base au tracé de l'ensemble de l'épure de la charpente. Aucune autre valeur extérieure ne vient s'ajouter à la définition de ce tracé. En divisant cette portée par trois – en repliant le cordeau – on obtient très exactement l'emplacement des poteaux à la retombée de leur face interne. Le tiers obtenu de la mesure première, la portée d'entrait, correspond à 1,98 m soit 6 x 0,33 m. Il suffit désormais de tracer un module sur la base de cette dernière longueur afin de constituer un réseau régulier. Or, on constate vite que ce maillage ne cadre pas exactement avec le tracé de cette charpente sauf si la rangée médiane horizontale est définie sur la base d'un module d'une hauteur correspondant à 7 x 0,33 m, soit 7 pieds au lieu de 6. La ligne supérieure de cette rangée médiane permet alors de tracer la face supérieure du faux-entrait et la diagonale des modules inférieurs et médians détermine l'inclinaison et la position des contrefiches. La rangée supérieure reprend le module de la rangée inférieure et fixe ainsi, à mi-longueur de portée, le faite de la charpente, la limite supérieure des chevrons étant tracée à partir de ce point jusqu'à la moitié de la face des modules externes de la rangée inférieure. Ainsi, sur la base d'un pied de 0,33 m, soit la mesure élémentaire de l'écartement des murs gouttereaux, toute l'épure de la charpente se trouve tracée.

Les lignes directrices des fermes de cette charpente correspondent aux traits matérialisés au sol sur l'aire d'épures par des fils fixés à des piquets. La réalisation de ce damier orthogonal permettait de disposer les bois en plaçant leur face supérieure ou interne à la verticale des fils de l'épure.

42. LESCROART 1995b, p. 79.

Il faut souligner ici la simplicité de conception d'une telle épure qui utilise un réseau orthogonal, facile à tracer à l'aide de cordeaux, sur la base d'une valeur fixe déterminée uniquement par la largeur dans œuvre des murs gouttereaux du chœur.

Le beffroi de la tour nord de la cathédrale de Bayeux (vers 1194d)

La structure de ce beffroi daté approximativement de 1194d se compose de quatre pans-de-bois indépendants les uns des autres, simplement assemblés entre eux par des prolongements d'écharpes (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 21). Les pans-de-bois les mieux conservés sont ceux qui sont placés contre le mur oriental et dans le plan transversal médian.

Le pan-de-bois médian orienté est-ouest ne conserve que deux poteaux appartenant au projet d'exécution primitif (poteaux est) ; les deux autres (poteaux ouest), pourtant mis en place en même temps d'après les analyses dendrochronologiques, semblent correspondre à une modification du plan initial intervenue au cours du chantier. L'emplacement des entailles vides des assemblages à mi-bois, destinées aux écharpes sur la partie ouest de ce pan-de-bois, tend à confirmer cette hypothèse. De même, les éléments ouest ne s'intègrent pas dans le tracé des lignes directrices de l'ensemble de ce pan (fig. 55).

Les écharpes ont pour la plupart été supprimées, seuls quelques éléments subsistent dans la partie orientale sur la face nord du pan-de-bois. Deux réseaux d'écharpes existaient à l'origine, l'un assemblé sur la face nord, l'autre, identique et parallèle au premier, sur la face sud. Ce dernier a complètement disparu, seules les entailles à mi-bois de ses assemblages témoignent de son existence.

La définition de l'épure s'opère en traçant les lignes suivant l'arête supérieure des écharpes qui subsistent. Ces lignes peuvent être également tracées à partir des entailles vides. Les traits prolongés dans la partie ouest du pan-de-bois ne s'alignent pas sur les entailles taillées dans ces poteaux. Seules les entailles de la sablière haute correspondent à ce tracé.

En excluant donc les éléments ouest de ce pan, visiblement étrangers au projet initial, les traits dessinent une grille régulière dont la maille de base correspond à un losange de 1,06 m de côté. L'inclinaison des traits de cette grille est de 48° dans un sens comme dans l'autre. Ainsi, la position des écharpes est déterminée par ce maillage régulier dont la matérialisation au sol sur l'aire d'épures devait être signifiée par des fils tirés entre des piquets. Là aussi, la position de chaque élément est indiquée par un seul fil, désignant par convention son arête supérieure. La régularité de ce maillage et la symétrie de l'inclinaison de ces lignes directrices témoignent des procédés élémentaires de tracé d'épure au sol à l'aide de cordeaux.

Un deuxième maillage se dessine en plaçant les lignes directrices sur les arêtes orientales des poteaux et sur les arêtes inférieures

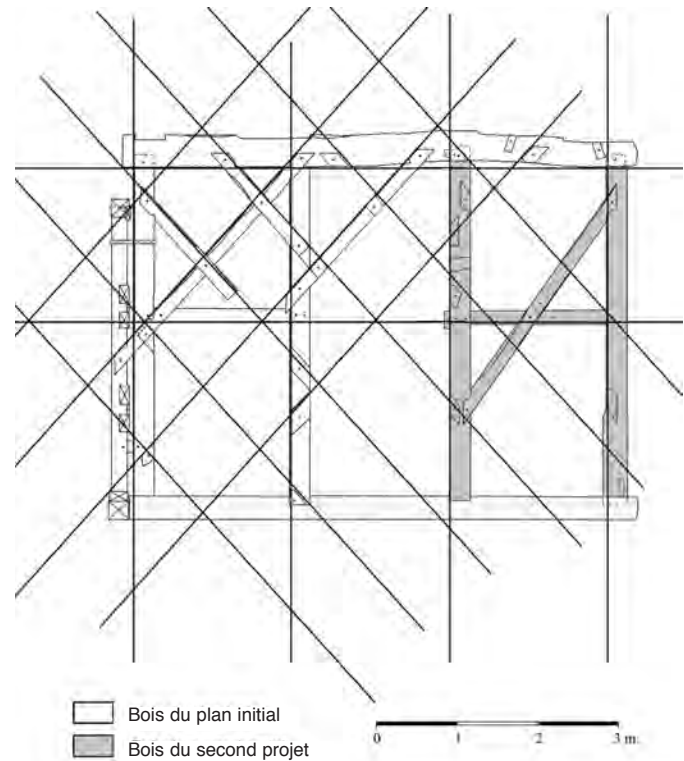


Fig. 55 : Proposition de restitution des tracés régulateurs de l'épure du beffroi de la cathédrale de Bayeux (vers 1194d), pan-de-bois médian.

de la sablière haute et des étrépillons médians. On obtient un quadrillage régulier d'un module unique en forme de losange de 1,93 m de côté. Il détermine avec précision l'emplacement des poteaux, notamment ceux du projet initial, les poteaux ouest utilisant les mortaises initialement taillées. La position du cours des entretoises et de la sablière haute se définit également par ce module qui fait respecter une équidistance entre les différents éléments d'ossature de ce pan-de-bois. La sablière basse actuelle est moderne et ne correspond pas à la position de celle d'origine.

On constate donc une superposition de deux grilles de lignes directrices, l'une destinée aux éléments d'ossature du pan, l'autre aux écharpes. La connexion entre ces deux maillages s'opère sur un axe médian horizontal, à l'intersection de la ligne déterminant la position des entretoises et de la croisée des losanges médians. Cette liaison qui agit ici comme une articulation entre les deux grilles permet d'assurer leur parfaite orthogonalité sur l'épure au sol comme dans la réalisation. Les deux points à partir desquels cette ligne de jonction était tracée devaient correspondre à deux piquets sur l'aire d'épures.

Aucun rapport n'a pu être établi entre les valeurs du module en forme de losange et celles des éléments d'ossature.

Le second pan-de-bois, placé contre le mur est, est le mieux conservé de tous puisqu'il ne manque que la moitié sud de sa sablière basse. Tous les autres éléments de son ossature ainsi que

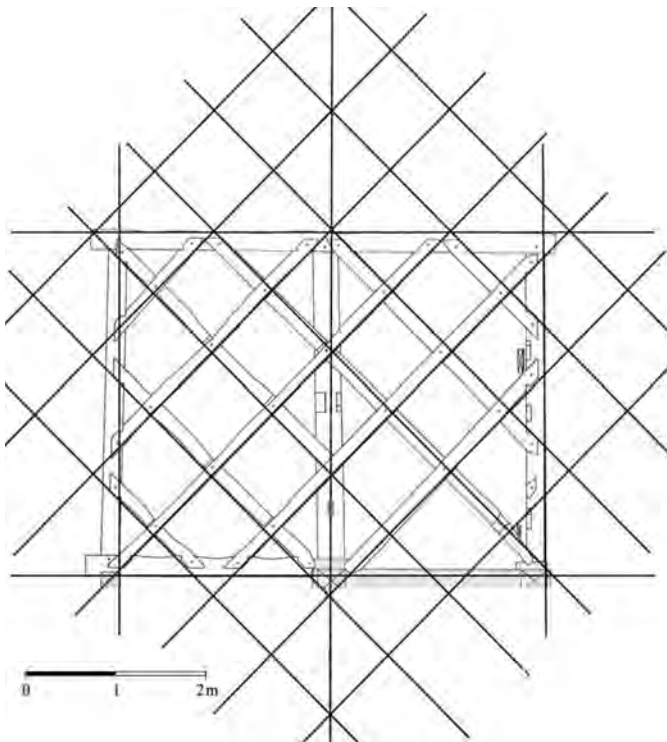


Fig. 56 : Proposition de restitution des tracés régulateurs de l'épure du beffroi de la cathédrale de Bayeux (vers 1194d), pan-de-bois oriental.

les écharpes sont en place. De plus, contrairement au précédent pan-de-bois, la structure actuelle semble correspondre au parti initial en raison de l'absence d'entaille d'assemblage (fig. 56).

Deux mailles ont également été identifiées, l'une pour les éléments d'ossature, l'autre pour les écharpes. La première maille, la plus évidente, correspond au positionnement des écharpes et se présente sous l'aspect d'une grille régulière composée de losanges presque carrés de 0,93 m de côté, inclinée de 45,5° environ par rapport à l'horizontale. Toutes les lignes de cette grille, inclinées en haut à gauche (nord) vers le bas à droite (sud), permettent de positionner les écharpes de la moitié nord par leur arête inférieure, et pour les écharpes de la moitié sud par leur arête supérieure. Cette distinction semble être rattachée à la différence d'orientation des assemblages à mi-bois entre ces deux parties : l'ergot de l'assemblage à mi-bois se trouve sur l'arête inférieure au nord et sur l'arête supérieure au sud. Cependant, les lignes qui présentent l'inclinaison opposée (en bas à gauche vers le haut à droite) ne font pas cette distinction et ces dernières correspondent à l'arête inférieure des écharpes. On remarquera que l'écharpe située en bas, au sud du pan, a été volontairement décalée de sa ligne d'épure en raison de la présence d'un assemblage sur le poteau sud, lui faisant obstruction.

La seconde maille est destinée aux éléments d'ossature, soit les poteaux et les sablières. Le poteau gauche n'est pas exactement vertical

et le plan de l'ossature trahit une irrégularité qui semble avoir été prédéterminée de manière à positionner les poteaux en face des autres pans-de-bois perpendiculaires auxquels ils sont assemblés. On constate néanmoins que les deux poteaux de bout sont positionnés en pied et par leur flanc droit par deux axes verticaux distants de 4,68 m, soit exactement l'équivalent de cinq modules de la maille précédente ($5 \times 0,936$ m). Le poteau central est quant à lui situé précisément au milieu des deux axes précédents, toujours en pied. De même, pour les deux sablières qui sont positionnées par leurs arêtes externes selon deux axes horizontaux distants de 3,75 m, soit quatre modules de cette même maille ($4 \times 0,937$). Les bois de toute l'ossature obéissent donc aussi à une épure dont les lignes régulatrices sont déterminées par un module de référence de 93,6 cm, soit trois pieds de 31,2 cm, identique à la maille des écharpes.

L'articulation entre ces deux mailles se fait par l'axe médian vertical et l'axe horizontal supérieur à la rencontre des lignes directrices obliques des écharpes, au centre de l'épure. Le module de référence utilisé dans cette épure pour le maillage des écharpes et des pièces d'ossature est donc basé sur la valeur de 93 cm à 93,7 cm soit trois pieds de 31,1 cm environ.

Le rapport entre les mesures de ces deux mailles apparaît relativement simple puisqu'elles sont fondées sur une valeur commune d'un pied de 31 cm. Le module de base pour les écharpes étant de 0,93 m de côté, on obtient une valeur de trois pieds soit $3 \times 0,31$ m. De même, l'équidistance sur l'épure de l'ossature des poteaux de bout par rapport à un axe médian, de 2,18 m, correspond approximativement à $7 \times 0,31$ m, soit sept pieds pour une valeur de pied comprise entre 0,310 et 0,312 m.

Les épures des différents pans-de-bois de ce beffroi ne sont pas identiques bien que leur principe reste le même. Il consiste à établir, pour chacun d'eux, une première épure pour les éléments d'ossature, basée sur un plan orthogonal, et une seconde épure pour les écharpes, en forme de grille inclinée à module unique, qui s'articule avec la précédente à certains points de rencontre du maillage. Les observations faites sur le pan oriental ont démontré que ces deux types d'épures sont tracés, pour chaque pan, à partir d'une mesure unique d'un pied et les proportions des mailles correspondantes sont donc respectivement liées. La superposition de ces épures s'opère selon des axes communs pour assurer la cohérence structurelle des éléments de l'ossature avec les écharpes du pan-de-bois.

La prédominance des formes de damier ou de grille losangée traduit un mode de conception basé sur l'entrecroisement régulier des lignes directrices. La mise en place des fils et des piquets sur l'aire d'épures se réduit à un simple quadrillage de la surface tel un carroyage à grande échelle. On reconnaît dans cette forme d'épure, pour ces pans-de-bois comme pour les fermes de la charpente de Neuf-Marché, l'intérêt d'un tel carroyage pour agrandir un dessin d'exécution en taille réelle, comme on le pratique par ailleurs pour changer d'échelle n'importe quel dessin.

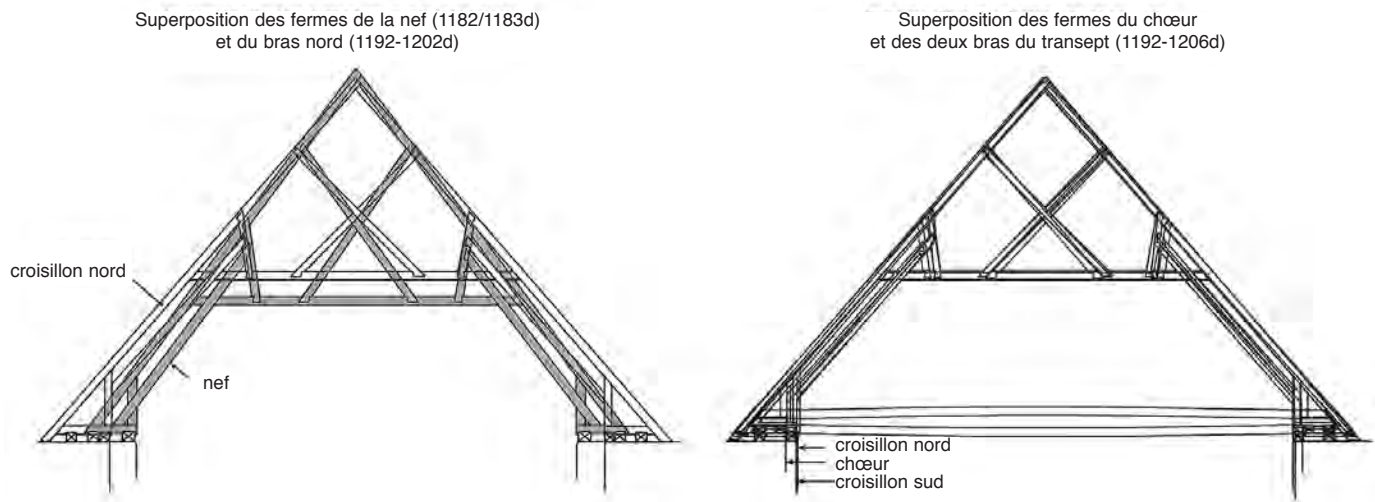


Fig. 57 : Superposition des fermes de la nef, des deux bras du transept et du chœur de la cathédrale de Lisieux.

Les charpentes de la cathédrale de Lisieux

La superposition des relevés des fermes de la nef avec ceux des fermes du chœur et des croisillons nord et sud du transept, à même échelle, met en évidence la parfaite concordance des tracés de ces trois dernières charpentes, distinguant ainsi la charpente de la nef de ses consœurs (fig. 57). Il apparaît avec évidence que les charpentes du transept et du chœur ont été tracées à partir d'une même épure. Les dates d'abattage établies par dendrochronologie permettent de confirmer des phases de mise en place très rapprochées pour les trois charpentes des deux bras du transept et du chœur entre 1192 et 1206 tandis que la charpente de la nef a été levée plus tôt, en 1183d. L'emploi d'une épure commune pour les charpentes du transept et du chœur semble plaider en faveur d'un chantier unique.

Le fait que le tracé des fermes de la nef se distingue de celui des autres fermes de l'édifice s'explique par la différence de largeur du vaisseau : 9,60 m pour le chœur, 9,20 m et 9,08 m pour les croisillons nord et sud, 8,45 m pour la nef. La hauteur totale de la charpente de la nef est cependant identique à celle des autres puisque tous les faitages des toitures de la cathédrale se rejoignent au même niveau sur la tour-lanterne de la croisée du transept. Seul l'écartement des chevrons détermine donc le profil des fermes et, par conséquent, la disposition des éléments qui les composent. Ainsi, cette différence de tracé d'épure n'implique pas nécessairement une origine conceptuelle distincte entre la charpente de la nef et les autres.

Les fermes de la nef (1182/1183d)

La restitution du tracé d'épure des fermes de la nef révèle un quadrillage déterminé par l'arête inférieure des principales pièces

(fig. 58). La face inférieure des chevrons, des écharpes et de l'entrait retroussé dessine en effet un maillage homogène fondé sur un module de base en forme de losange. La reproduction de ce module à l'ensemble de la ferme fait coïncider certains points d'assemblages avec les intersections de ce maillage, notamment les assemblages de tête des jambes de force, des liens obliques, de l'entrait retroussé et bien sûr des écharpes. Il apparaît ainsi, après de nombreux autres essais de tracés infructueux, que le quadrillage obtenu à partir de cette maille correspondrait au tracé d'épure initial.

Ce tracé régulateur se présente sous la forme d'un quadrillage incliné de 54° composé sur la base d'un losange de 1,70 m environ ($\pm 0,06$ m) de côté. Les mesures de ce module correspondent à environ cinq pieds pour une valeur de pied variant entre 0,33 m et 0,35 m. Aucun rapport n'a cependant pu être établi entre ces valeurs et les mesures de la largeur du vaisseau, dont les déformations empêchent toute certitude.

La disposition des traits de ce quadrillage régulier permet de positionner en priorité les chevrons et les écharpes par leur face inférieure. L'ajustement de l'entrait retroussé s'opère également à partir de son arête inférieure qui s'aligne sur l'intersection horizontale des mailles de cette grille. Le positionnement des liens obliques dans lesquels sont assemblés les sous-chevrons se définit par l'angle que fait son arête supérieure avec l'arête inférieure des chevrons, à un point d'intersection des mailles. De même, l'emplacement de l'assemblage des jambes de force aux chevrons est déterminé par l'entrecroisement de ces losanges. Notons que le pied des chevrons qui se prolongeaient jusqu'à l'entablement des murs, comme sur les fermes du transept et du chœur, est aussi déterminé par le trait de l'épure, en traçant une verticale à l'intersection des mailles disposées en cet endroit de la ferme.

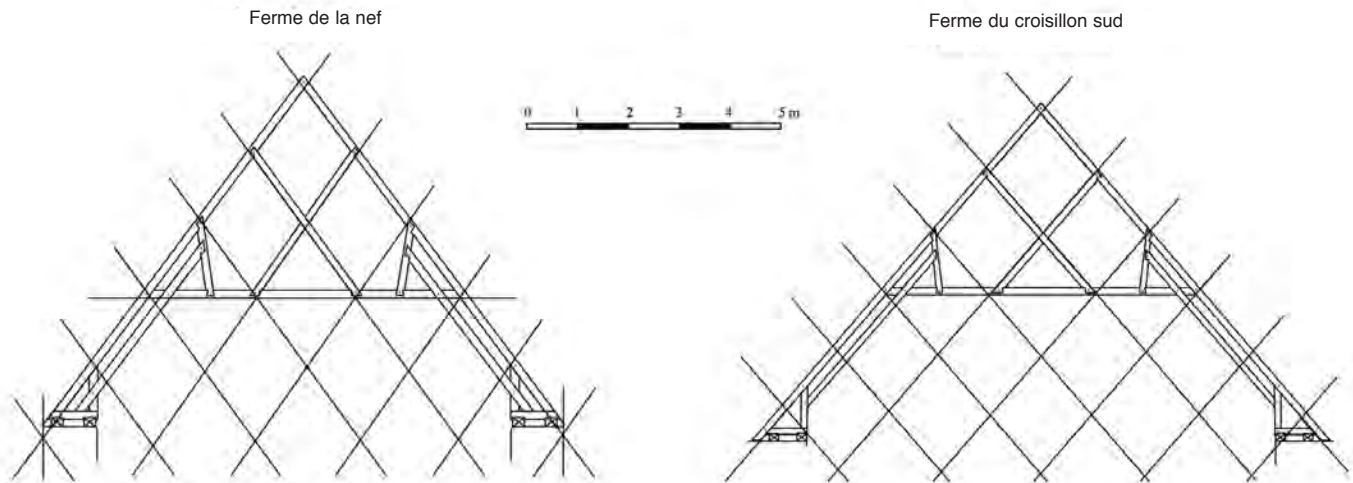


Fig. 58 : Essai de restitution des tracés régulateurs.

Le positionnement de l'ensemble des éléments constitutifs de ces fermes répond donc aux tracés directeurs de ce quadrillage. Seuls les sous-chevrons et l'inclinaison des liens obliques échappent à cette épure.

Les fermes du chœur (1200-1206d) et des deux croisillons (1192-1208d)

En dépit des faibles différences d'écartement de la base des fermes entre les deux croisillons et le chœur, le relevé de leur structure se confond en un seul tracé que nous avons plus particulièrement étudié à travers le relevé des fermes du croisillon sud en raison de la rectitude de ses bois et de l'état de conservation de la charpente.

Après de nouveaux essais de tracés d'épures, tout aussi infructueux que ceux précédemment réalisés sur les fermes de la nef, on constate que les seuls résultats probants résultent de la mise en place d'un quadrillage similaire à celui de la nef. En effet, le parallélisme des écharpes et des chevrons autorise le tracé d'une matrice de lignes entrecroisées à partir desquelles il est possible de dessiner l'esquisse d'une grille. Le jeu des lignes correspondant aux arêtes inférieures des chevrons et supérieures des écharpes détermine les dimensions du module de référence qui se présente sous la forme d'un losange. Chaque côté mesure entre 1,54 m et 1,57 m, soit environ cinq pieds pour une valeur de pied de 0,311 m environ ($\pm 0,03$ m).

Le report systématique de ce module sur les lignes de la matrice conduit à la construction d'une grille losangée régulière dans laquelle s'inscrivent l'ensemble des éléments de la ferme. Comme précédemment, les chevrons, les écharpes, l'entrait retourné et l'assemblage des liens obliques aux chevrons se positionnent selon le tracé de ces lignes directrices, suivant leur inclinaison et leurs entrecroisements. Quelques différences s'observent toutefois avec le tracé d'épure de la nef. Ici,

l'emplacement des écharpes est déterminé par leur arête supérieure, non par l'arête inférieure, et le quadrillage ne permet pas de positionner les jambes de force, contrairement à la nef.

De même, l'inclinaison du quadrillage est de $49,3^\circ$ contre 54° pour la nef. Comme nous l'avons déjà évoqué, cette différence s'explique par la largeur de vaisseau, plus grande que celle de la nef, et la hauteur constante du faitage des quatre grandes toitures de la cathédrale qui imposent ici une inclinaison plus faible des versants. Le facteur déterminant la pente de ces toitures est donc directement lié à la hauteur du premier étage de la tour-lanterne – en haut duquel s'alignent les faitages – et à la largeur des vaisseaux, et non aux éventuels tracés d'épure des charpentes, pas plus qu'aux matériaux de couverture. Les tracés d'épure dépendent ainsi, pour les quatre grandes charpentes de cette cathédrale, du projet des élévations de la tour-lanterne et de la largeur des vaisseaux préexistants ou reconstruits.

Malgré ces quelques différences, on constate que l'ensemble du tracé de cette grille s'apparente indiscutablement avec l'épure des fermes de la nef. Le procédé est strictement identique et la détermination de la position des bois suit le même principe. Par ailleurs, la subdivision des mesures des modules de référence, pour ces deux épures, en cinq pieds – de valeurs certes différentes – comme celle de la longueur des chevrons en cinq modules tend à confirmer cette parenté. Le tracé des fermes de la nef, du transept et du chœur a donc été réalisé sur le même principe géométrique bien que leur mise en place se soit étalée sur au moins une vingtaine d'années.

Le procédé élaboré pour le tracé des lignes directrices de ces fermes rejoint ceux des charpentes du beffroi de Bayeux et de l'église de Neuf-Marché. Il consiste à mettre en place sur l'aire d'épures un carroyage basé sur une mesure fixe (cinq pieds ici, six et sept pieds à Neuf-Marché) sur lequel on reporte les mesures

élémentaires que sont la hauteur du comble et la largeur du vaisseau. Ce carroyage dessine une grille régulière qui reproduit sous forme d'un module unique les mesures de référence à l'échelle du pied du chantier. La « mise sur ligne » obéit donc géométriquement à ce quadrillage en alignant les bois sur les fils de l'épure par leur arête inférieure ou supérieure ou par le positionnement de leurs assemblages à la rencontre de ces lignes.

Ces tracés d'épures impliquent la mise en place d'un carroyage caractéristique en forme de damier. L'implantation des piquets et des fils au sol, sur l'aire d'épures, nécessite l'emploi du cordeau pour respecter l'équidistance des points d'ancrage et le parallélisme des lignes directrices.

La forme en damier des tracés d'épure se justifie dans le procédé d'agrandissement à la taille réelle du dessin d'exécution. Comme pour les pans-de-bois ou les fermes de Neuf-Marché, le carroyage permet de transformer un dessin précis réalisé sur parchemin ou sur une planche de bois en une épure en taille réelle, en modifiant simplement les dimensions du module de référence. Cette grille en damier permet également de reporter facilement les mesures sur l'aire à tracer sans risque d'erreur. Le dessin d'exécution réalisé d'après cette grille autorise également des constructions symétriques, géométriquement simple, comme par exemple la répartition équidistante des assemblages le long des chevrons.

L'usage d'un même procédé pour le tracé des épures des quatre grandes charpentes de cette cathédrale permet d'avancer trois hypothèses. La première suppose que cette technique a été transmise entre les maîtres charpentiers qui se sont succédé entre le chantier de la nef et celui du transept et du chœur ; la seconde induit l'idée qu'il puisse s'agir d'un seul et unique maître charpentier qui aurait assuré la direction de ces deux chantiers ; la troisième suggère que cette technique était très répandue et que les différents maîtres charpentiers de ces chantiers l'ont appliquée systématiquement par souci d'homogénéité ou suivant les recommandations du chapitre⁴³. Quoiqu'il en soit, les différences de tracé entre l'épure des fermes de la nef et celles du chœur et des deux croisillons démontrent avec clarté l'existence de deux chantiers majeurs, le premier concernant la nef achevée en 1183d et le second regroupant la construction des deux croisillons et du chœur entre 1192 et 1208d.

43. Certains textes mentionnent le souci qu'avait parfois le chapitre de vouloir refaire à l'identique une charpente lors de sa reconstruction. En 1683, lors de la reconstruction des premières travées de la nef de la cathédrale de Rouen, les fermes devaient être assemblées « comme celles qui y sont de présent », c'est-à-dire avec la même disposition de pièces et les mêmes assemblages que les fermes du XIII^e siècle (AD Seine-Maritime, G 2818). Dans la cathédrale de Lisieux, en 1556, cette recommandation fut également suivie lors de la reconstruction de la charpente sur les premières travées de la nef puisque la nouvelle charpente est une copie conforme de celle de la fin du XII^e siècle, encore en place sur les autres travées.

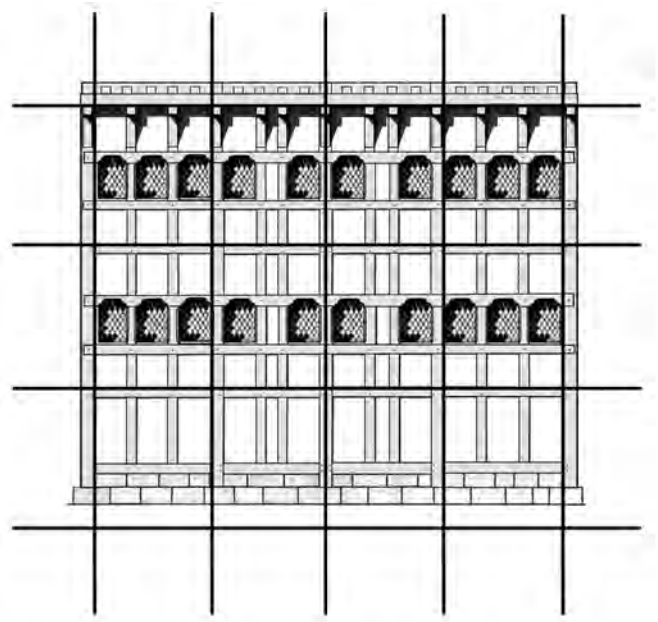


Fig. 59 : Essai de restitution des tracés réguliers de l'épure de la façade du logis abbatial de Saint-Amand de Rouen (1248-1270d).

La façade du n° 6, rue Saint-Amand à Rouen (1248-1270d)

Les seuls éléments d'origine conservés de cette façade sont les poteaux d'ossature qui supportent les fermes et quelques éléments épars (sablères, colombes). Les entailles des assemblages relevées sur ces bois ont cependant permis de reconstituer la structure d'origine lors des restaurations de 1984 (fig. 59). Bien que la reconstitution soit fidèle à la disposition d'origine de la façade, nous nous en tiendrons essentiellement aux éléments d'ossature encore en place pour éviter tout risque d'erreur. Cette réduction du champ d'interprétation limite la restitution des tracés d'épure à ces seuls éléments, ne donnant ainsi qu'une idée partielle du développement des lignes régulatrices.

La disposition des poteaux d'ossature s'organise selon une trame relativement apparente. L'égalité de largeur des deux travées extrêmes désigne en effet une mesure qui détermine également la largeur des deux travées médianes à partir d'un axe central. Ces quatre travées s'organisent donc selon une trame régulière qui permet de positionner les poteaux par leur face externe à partir d'un axe vertical médian placé au milieu du poteau central. Ainsi, les éléments verticaux de l'ossature sont disposés de façon symétrique tous les 2,71 m ($\pm 0,04$ m) à partir d'un axe médian, placé au milieu de la façade.

Les éléments horizontaux de l'ossature sont disposés également selon une trame régulière. Celle-ci définit la position du cours des sablières hautes par leur face inférieure et les deux

cours d'entretoises par leur face supérieure. Ces éléments sont en effet équidistants, selon ces faces, de 3,23 m ($\pm 0,04$ m). Le report de cette mesure sur la partie inférieure de l'élévation ne détermine aucun emplacement de pièce, si ce n'est peut-être le niveau de sol primitif, intérieur ou extérieur.

On constate que la disposition des éléments d'ossature de cette façade, et par conséquent des fermes principales qui s'appuient sur ces poteaux, répond à une trame orthogonale définie par une mesure de largeur et une mesure de hauteur. Ces deux valeurs ne se correspondent pas et aucun rapport n'a pu être établi entre elles sur une mesure unitaire d'un pied.

La symétrie des travées de cette façade, définie à partir d'un axe vertical médian, et l'équidistance des niveaux de l'élévation attestent d'un tracé d'épure prédéterminé dont les lignes régulatrices dessinent un quadrillage homogène et régulier, à l'image de ceux évoqués précédemment. Les lignes directrices de ce damier correspondent à l'emplacement des fils tirés au sol sur l'aire d'épures, lors de l'établissement de la charpente, disposés donc selon le principe d'un carroyage.

Cette définition géométrique du tracé d'exécution se justifie par sa facilité de mise en œuvre au sol avec une implantation au cordeau des piquets du carroyage suivant des mesures répétitives et des angles simples. Elle s'explique aussi par le fait qu'un damier régulier aux lignes équidistantes permet de limiter les erreurs de mesure, la symétrie des tracés étant un gage de sécurité. Enfin, ce mode d'épure a surtout l'avantage de générer un équilibre des proportions dans la composition de la façade, et de répondre ainsi aux exigences esthétiques du maître d'ouvrage.

Le caractère élémentaire et pratique de cette technique de tracé d'épure semble avoir perduré dans les réalisations en pan-de-bois en Normandie jusqu'à la fin du Moyen Âge. Les études réalisées par Yves Lescroart ont permis de mettre en évidence l'emploi de tels tracés régulateurs dans l'exécution des façades des manoirs normands des XV^e-XVI^e siècles⁴⁴. Ces tracés définissent également une trame en forme de quadrillage régulier à l'intérieur duquel se positionnent tous les éléments de l'ossature et certaines pièces du colombage par le jeu croisé des lignes horizontales, verticales et diagonales.

La charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux (1227/1228d)

La technique de tracé appliquée à cette charpente, comme à celle de l'abbatiale de La Trinité de Fécamp étudiée ci-après, diffère complètement de celles évoquées jusqu'à présent. Elle s'en distingue par un

moindre degré de complexité, par la rapidité de son exécution et par l'absence caractérisée de carroyage au sol pour le tracé de l'épure. Il s'agit d'une technique novatrice adaptée à de nouvelles formes de charpentes et de conditions de travail que nous évoquerons plus loin.

Le principe de base consiste à définir le tracé de l'ensemble des éléments constitutifs de la ferme à partir d'une mesure unique et toujours au moyen d'un cordeau (fig. 60). Cette mesure de référence, comme précédemment, est liée aux dimensions de l'édifice, plus précisément à la largeur du vaisseau qui porte la charpente. Dans le cas présent, la longueur totale de l'entrait en sous-face, soit la largeur totale de la ferme, constitue la mesure à partir de laquelle tout le tracé va être élaboré. On conçoit bien, en effet, que cette longueur ne peut être prédéfinie qu'en fonction de la largeur de l'édifice hors œuvre des murs. Cette interdépendance entre la construction de pierre et la charpente du comble s'exprime ici à travers des mesures communes employées aux tracés de leurs épures.

L'exécution de ce tracé d'épure s'effectue à l'aide d'un compas, uniquement à partir de la longueur totale de l'entrait. Celle-ci donne une ouverture de compas qui permet de tracer deux cercles à partir de chaque extrémité de l'entrait. Les deux cercles tracés, on divise par deux la longueur d'entrait obtenant une deuxième ouverture de compas qui, comme précédemment, sert à tracer deux cercles centrés chacun sur les extrémités de l'entrait. L'intersection des cercles aux points (a) et (a') permet de tracer deux autres cercles avec la même ouverture de compas. La rencontre de ces deux derniers cercles fixe la faite de la charpente que l'on rejoint à chaque extrémité de l'entrait, donnant ainsi l'arête supérieure des chevrons et le profil exact de la ferme.

À partir de ce stade, les tracés qui vont suivre servent à définir la position des pièces par leur arête inférieure, les tracés précédents étant destinés uniquement à dessiner le triangle de la ferme. On trace ainsi l'épaisseur des chevrons parallèlement aux lignes des deux versants. Toujours avec la même ouverture de compas – d'un demi-entrait – on tire un cercle centré sur la faite pour obtenir deux points, (b) et (b'), à l'intersection des arêtes inférieures des chevrons. Ces deux points définissent la position du premier faux-entrait par sa face inférieure qui correspond précisément à la mesure du demi-entrait. Les points (b) et (b') deviennent dès lors les centres de deux nouveaux cercles, avec la même ouverture de compas. Les points (c), (c'), (d) et (d') obtenus à la rencontre de ces cercles, de ceux tracés à partir de (a), (a') et du faite permettent de tracer les axes des arêtes inférieures des écharpes de la ferme. Le poinçon étant l'axe vertical de la ferme, on a désormais l'emplacement précis des principaux éléments constitutifs de la ferme. Les jambes de force trouvent également leur axe par leur face interne à partir des points (a) et (a') jusqu'à la face interne des murs, de même que les entretoises assemblées sur les flancs de l'entrait. Seul le tracé du second faux-entrait n'a pas pu être déterminé à partir des cercles tracés.

44. LESCROART 1995b, p. 79.

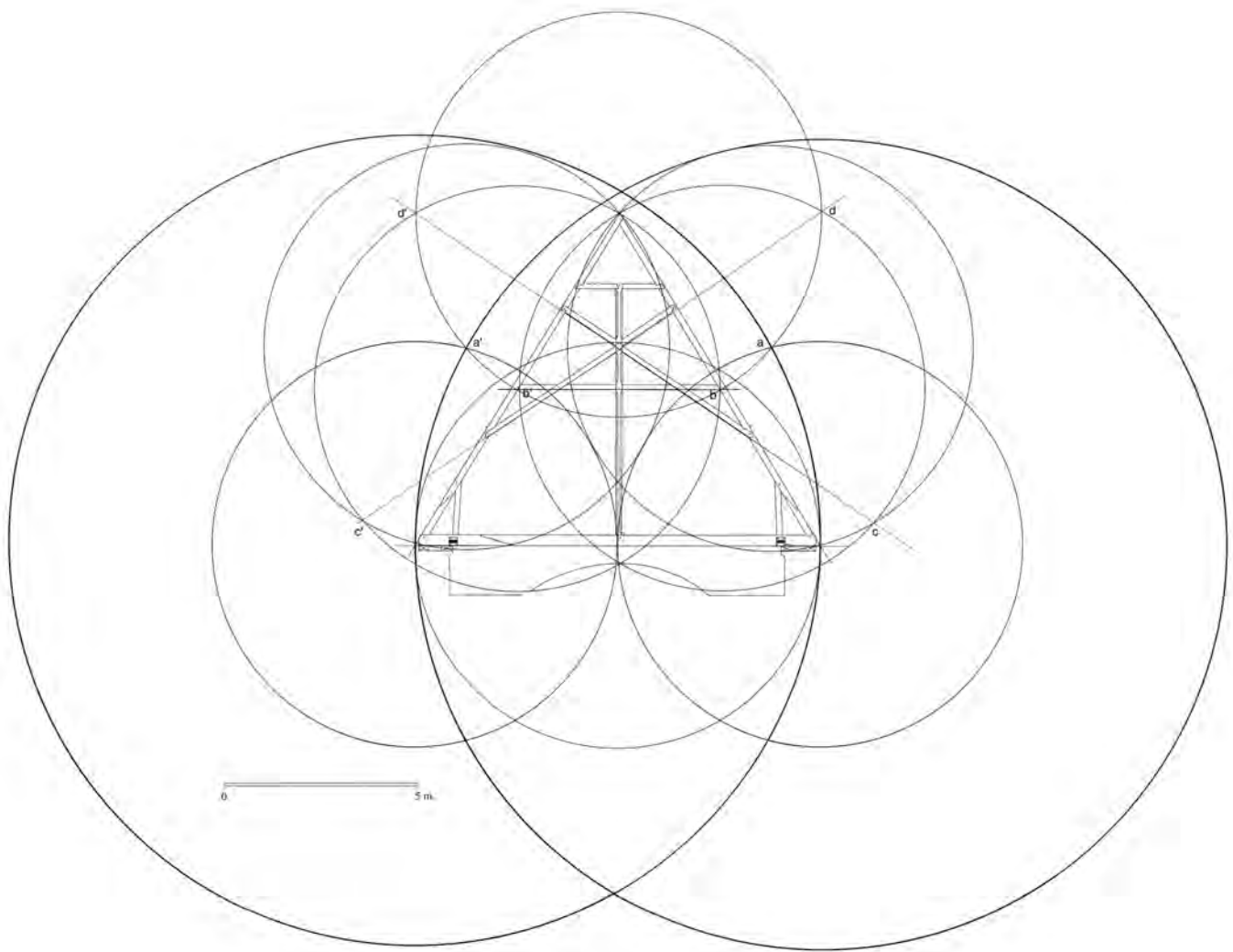


Fig. 60 : Essai de restitution des tracés régulateurs de l'épure des fermes du chœur de la cathédrale de Bayeux (1227/1228d).

Le relevé précis de ces fermes, la parfaite conjonction de ce tracé avec l'emplacement des pièces, comme les nombreux essais infructueux réalisés à partir d'autres mesures étalons et d'autres types de tracés permettent de nous assurer avec une certaine confiance de l'objectivité de cette épure.

La nef de l'abbatiale de La Trinité de Fécamp (1217-1223d)

Le tracé régulateur des fermes de la nef répond au même principe graphique que celui évoqué précédemment (fig. 61). Il se réalise à l'aide d'un cordeau à partir d'une seule mesure, liée à la longueur de l'entrait, selon la technique de superposition de cercles. Les points de rencontres de ces cercles permettent d'obtenir les lignes

directrices de l'épure sans qu'il soit nécessaire de tracer une grille ou une maille régulière, matérialisée sur l'aire d'épures par un carroyage.

Le cas des fermes de Fécamp se distingue cependant du précédent : la charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux était une création *ex nihilo*, qui ne prolongeait pas une structure antérieure. Dans le cas présent, les fermes mises en place en 1217-1223d sur les cinq travées occidentales de la nef appartiennent à la dernière campagne de construction de l'abbatiale. Elles prolongent une charpente antérieure, sur les quatre travées orientales édifiées sous l'abbatit de Raoul d'Argences (1188-1219), elles-mêmes succédant à une autre, sur la première travée est de la nef, mise en place lors de la campagne de l'abbé Henri de Sully (1168-1187). Les raccords entre ces trois chantiers s'observent encore nettement dans les élévations de la nef, par des

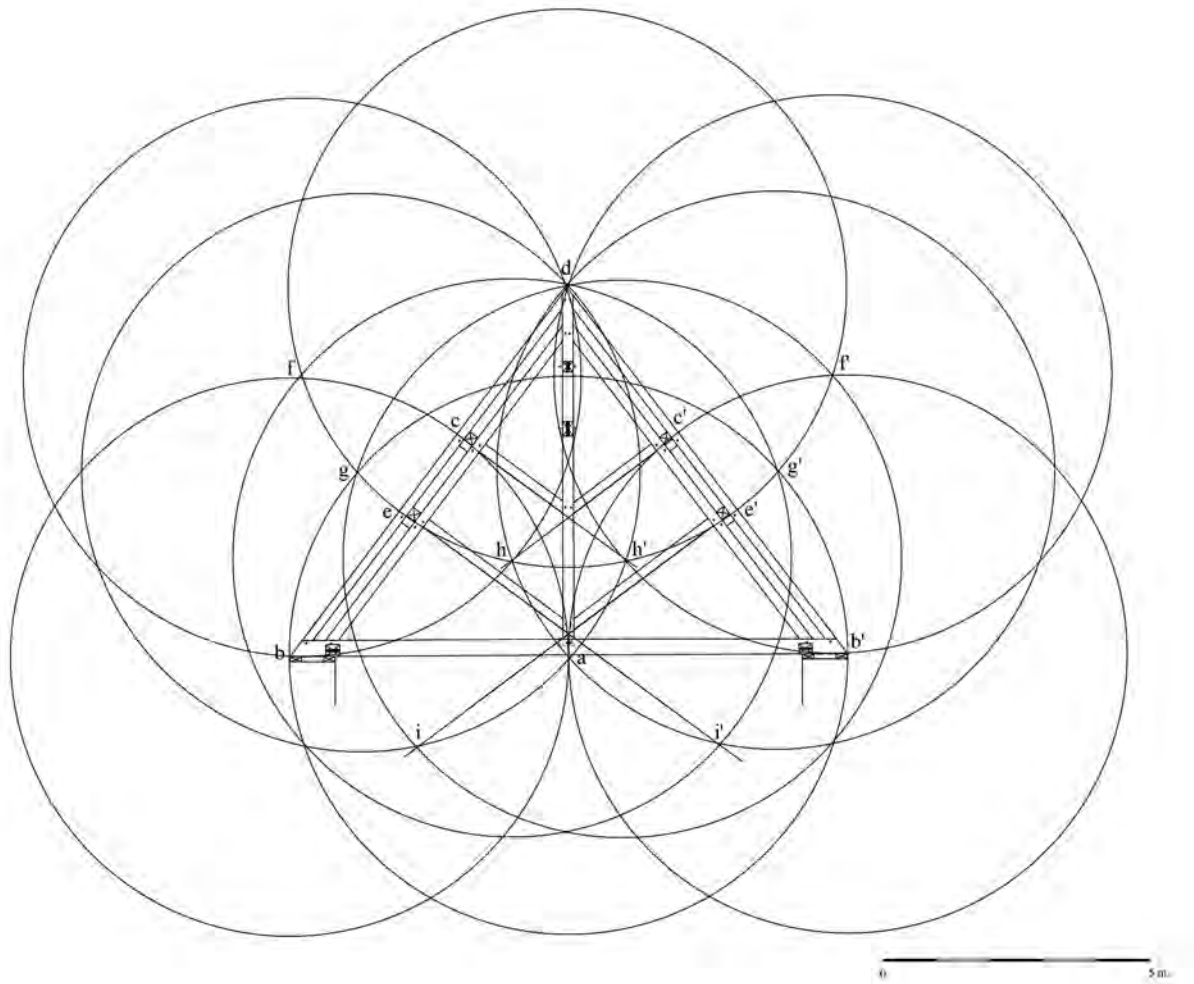


Fig. 61 : Essai de restitution des tracés régulateurs de l'épure des fermes de l'église abbatiale de Fécamp (1217-1223d).

changements de style et de modénature des chapiteaux et des bases de colonne.

Ainsi, les fermes présentées ici « récupèrent » une pente prédéterminée avec une hauteur de comble déjà fixée par les épreuves des fermes antérieures, aujourd'hui disparues. La hauteur du faîte et la pente, c'est-à-dire le profil exact de la ferme, sont des données déjà acquises qui n'ont pas besoin d'être redéfinies par le tracé de l'épure des nouvelles fermes. Les points et les mesures de référence de cette épreuve concernent donc la longueur de l'entrait, comme dans le cas précédent, et le faîte de la ferme.

La technique utilisée pour le tracé de l'épure utilise les principes déjà employés à Bayeux. L'ouverture de compas de référence est fournie par la moitié de la longueur totale de l'entrait en sous-face, soit la moitié de la base de la ferme. Elle permettra à elle seule d'obtenir tous les points de rencontre nécessaires au tracé des lignes régulatrices de l'épure.

Au préalable, il est indispensable de tracer le profil de la ferme, c'est-à-dire de reprendre au cordeau la mesure de la longueur de l'entrait et de la hauteur du faîte des fermes précédentes et de les reporter sur l'épure. En rejoignant les extrémités de ces longueurs, on obtient un triangle qui définit l'arête extérieure des chevrons et de l'entrait. Dès lors, on peut reporter sur ce triangle l'épaisseur des pièces concernées en faisant coïncider leur arête extérieure avec les lignes du triangle.

Avec l'ouverture de compas obtenue sur la demi-longueur de l'entrait en sous-face, on trace quatre cercles centrés sur chaque angle du triangle, aux points (b), (b'), (d), et au milieu de l'entrait en (a). L'intersection des cercles centrés sur les angles du triangle, avec l'arête inférieure des chevrons donne les points (c), (c'), (e), (e') et la rencontre entre tous ces cercles les points (f), (f'), (g), (g'). À partir de ces derniers points, (f), (f'), (g) et (g'), on trace quatre cercles dont la rencontre permet d'obtenir deux points : (h) et (h').

Et enfin, à partir de (h) et (h'), on dessine deux derniers cercles pour acquérir (i) et (i').

Il suffit désormais de rejoindre les points (c) et (h'), (c') et (h), (e) et (i'), (e') et (i) pour avoir les principales lignes directrices de l'épure. Elles définissent la position des pannes et l'arête inférieure des quatre contrefiches de la ferme.

La position du poinçon est simplement déterminée par l'axe médian de la ferme. Celle des arbalétriers est cependant définie par parallélisme en fonction de l'épaisseur des bois qu'ils doivent supporter, c'est-à-dire les chevrons et les pannes. Seuls les liernes et les liens du contreventement longitudinal échappent à ce tracé, qu'un autre doit probablement déterminer.

Conclusion

L'une des caractéristiques principales des charpentes romanes réside dans l'orthogonalité des éléments constitutifs de leurs fermes. Comme pour Neuf-Marché, la plupart des fermes de ces charpentes romanes présentent des potelets et des jambes de force verticaux assemblés à plusieurs faux-entraits, selon les lignes directrices d'une grille orthogonale au module régulier. Il est donc très vraisemblable que l'épure en damier, suivant l'emploi d'un carroyage au sol, était très largement répandue pour la conception des charpentes romanes. Des épures en forme de grille losangée, au maillage diagonal, ont été utilisées à Bayeux, à Lisieux mais aussi pour les fermes de la charpente du XI^e siècle de l'église de Chabris (Indre), dont les pièces constitutives s'organisent selon un damier losangé. Cette technique présente en effet l'avantage de retranscrire très rapidement le tracé du dessin d'exécution en épure grandeur réelle au sol – tout en conservant les proportions – et surtout de définir une composition équilibrée de la structure par une répartition homogène et symétrique des assemblages suivant le maillage du carroyage.

Cette technique de tracé d'épure n'est plus employée dans la conception des fermes à partir de la seconde moitié du XIII^e siècle, avec l'abandon du principe des charpentes romanes. Elle perdure toutefois pour la conception des façades et des pans-de-bois en Normandie à la fin du Moyen Âge, et probablement encore à l'époque moderne.

L'abandon de cette technique d'épure romane témoigne des développements de l'architecture gothique et de l'apparition de nouvelles formes de charpentes. Elles s'accompagnent d'une nouvelle conception dans l'élaboration des tracés régulateurs des épures. Avec les exemples de Bayeux et de Fécamp, datés de la première moitié du XIII^e siècle, on constate que le dessin du tracé régulateur s'exécute sans l'aide d'un quadrillage mais uniquement à partir d'un cordeau que l'on manipule comme un compas à

partir d'une unique mesure de référence. Cette technique permet d'agrandir également un dessin d'exécution en grandeur réelle sur une aire d'épures à l'aide d'une mesure modulable à différentes échelles. En substituant l'emploi exclusif du cercle au carroyage fixe, le principe d'agrandissement demeure tout aussi efficace.

Cependant, on constate qu'il n'est plus nécessaire de conserver sur l'aire d'épures un carroyage de plusieurs dizaines de fils tendus entre des piquets pour représenter l'épure de la ferme, un seul cordeau suffit désormais pour la réalisation du tracé, avec une unique longueur comme module de base. Seules les rencontres des cercles sont matérialisées au sol par des piquets, et les fils tendus entre eux ne représentent plus que l'emplacement des bois, et non le maillage destiné à les tracer. Les piquets et les fils tendus sur l'aire d'épures sont donc nettement moins nombreux qu'avec un carroyage. La préparation de l'épure au sol se trouve ainsi considérablement simplifiée et le temps consacré à cette réalisation, fortement réduit.

Mais l'avantage principal de cette technique réside dans la difficulté évidente rencontrée par les charpentiers qui, n'ayant pas connaissance du dessin d'exécution, chercheraient à comprendre le tracé régulateur. Avec un carroyage fixé au sol, le tracé d'épure d'une charpente peut se mémoriser et être copié aisément par n'importe quel charpentier qui aurait le désir d'en reproduire la forme sur d'autres chantiers. Avec le tracé d'épure par cercles successifs, surtout lorsque les points définitifs sont obtenus par des cercles « intermédiaires » non caractérisés par des lignes régulatrices, comme ceux pour Bayeux obtenus par les points (a) et (a'), ou ceux pour Fécamp avec les points (f), (g), (h), il devient très délicat, voire impossible, de reproduire à l'identique le tracé des lignes directrices sans connaître le processus graphique qui permet de l'obtenir, représenté sur le dessin d'exécution. L'épure devient la propriété intellectuelle exclusive du maître charpentier ou du concepteur du tracé. Cet aspect des choses n'est certainement pas anodin et innocent à l'orée du XIII^e siècle où se multiplient les chantiers et lorsque s'organise la profession. La volonté des maîtres charpentiers de vouloir préserver leurs privilèges et leurs statuts face aux autres charpentiers passe nécessairement par la protection des techniques de conception qui demeurent l'acte premier de création d'une charpente.

Ce nouveau mode de tracé d'épure, moins perméable que le carroyage, explique peut-être en partie la très grande diversité des structures de fermes qui apparaît avec l'avènement du gothique, alors que l'on est obligé de constater l'étonnante similarité des fermes des charpentes romanes, tracées pour la plupart sur des épures en carroyage, et dont le procédé apparent fixé sur l'aire d'épures a permis une large diffusion.

La localisation des aires d'épures et des ateliers

Véritable pivot des activités de préparation des pièces et de l'élaboration de la charpente, l'aire d'épures, par son emplacement, définit la position même du chantier de charpenterie. C'est effectivement autour de cette aire que s'articulent toutes les étapes de la conception de l'ouvrage. Le coût et les difficultés du transport du bois faisaient que, jusqu'à une époque encore récente, ces aires d'épuration se situaient sur le lieu même du bâtiment, de même que toutes les autres activités liées au travail des pièces comme l'établissage, la taille et la mise-dedans⁴⁵. Cette proximité limitait le déplacement des bois entre ces opérations jusqu'à leur mise en place définitive sur l'édifice.

Par ailleurs, la définition du projet obligeait le maître charpentier à prendre des mesures à l'aide de perches et de cordeaux sur le site de la construction. Ces mesures servaient de base à la conception du tracé de l'épuration et régulièrement, pendant la durée du chantier et en fonction de l'irrégularité du terrain à bâtir ou de l'édifice à couvrir, le maître charpentier devait vérifier ces mesures afin d'éviter toute erreur. Certains bâtiments présentent en effet des murs gouttereaux qui ne sont pas tout à fait parallèles du fait de reprises de maçonneries plus anciennes, de poussées de voûte ou d'autres pathologies structurelles. Le mur ouest du croisillon nord de la cathédrale de Lisieux est ainsi plus large que le mur est, en raison peut-être de la reprise des maçonneries romanes. La charpente – datée par dendrochronologie 1192-1202d – est cependant adaptée à l'irrégularité de ces murs et épouse parfaitement ces défauts. Le report des mesures et la vérification continue des données réclamaient donc la proximité du site et de l'aire d'épures.

L'aire à tracer se situait logiquement au pied de l'édifice, de préférence à l'intérieur et à l'abri dans une partie encore couverte ou déjà mise hors d'eau. Pour le déambulatoire de la cathédrale de Bayeux évoqué ci-dessus, les tracés de son épuration étaient tirés à même le sol pour adapter les bois au profil exact du rond-point. Les épures du plan de la charpente ou de l'assise d'un comble supposent en effet la reproduction des dimensions exactes de l'emprise de la structure. Le tracé de telles épures devait être réalisé à l'emplacement définitif de la future charpente.

En milieu urbain, lorsque le site de l'édifice ne permettait pas d'accueillir cette aire d'épures, elle était battue en plein air, exposée aux intempéries, dans les cimetières et sur le parvis des églises qui jouxtaient le bâtiment. À Rouen, en 1468, 216 chênes furent amenés dans « l'aître Saint Jacques des Jacobins » pour exécuter la charpente de cette église⁴⁶. Toujours à Rouen, pour la construction

de la librairie de l'archevêché en 1478, les bois furent entreposés et travaillés dans le cimetière du parvis de la cathédrale, à 100 m de la construction à lever⁴⁷. Certaines places gardent encore la mémoire de telles activités comme les *zimmerplatz* de certains villages alsaciens.

Selon les techniques traditionnelles, l'aire était en terre battue salpêtrée ou alors constituée d'un platelage maintenu sur des piquets fichés en terre⁴⁸. Pour de grands chantiers, elle pouvait prendre la forme d'un parquet de châtaignier ou de chêne cloué sur des lambourdes (fig. 62). Cependant aucune trace archéologique, iconographique ou textuelle n'en représente la forme avec précision. Le caractère abstrait de telles épures figurées au sol par des piquets et des fils ou par de simples tracés inscrits sur le sol peut expliquer le fait qu'elles n'ont pas marqué l'esprit des observateurs de l'époque et qu'elles n'ont jamais été représentées dans l'iconographie. De même, les outils employés à cet usage (fil à plomb, compas, traceret) ne suscitaient pas autant d'admiration et de fascination de la part des spectateurs d'un chantier que la cognée, la doloire ou la tarière dont le maniement réclamait un certain effort physique.

Il est difficile d'établir un lien direct, pour un chantier de grande ampleur comme celui d'une cathédrale, entre la localisation des épures d'ouvrages en pierre et celles de charpentes. Les épures destinées aux maçons concernent des ouvrages sculptés comme une rose, un portail ou le fenestrage d'une baie et servent à concevoir les patrons, les gabarits ou « môles » pour la taille des pierres. De telles épures ont été conservées lorsqu'elles ont été tracées sur des murs en pierre comme dans la grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d) où l'épuration des grandes arcades a été tracée sur un gouttereau⁴⁹ ou à la cathédrale de Reims, où l'épuration gravée sur un mur du triforium du bras sud montre en détail la coupe du portail central et latéral⁵⁰. Ces épures sont localisées dans l'édifice en des endroits très divers, le plus souvent sur des murs de l'édifice comme les dessins d'ogive et de pinacle visibles sur les murs de la sacristie de la chapelle Saint-Mathieu de Roslin en Écosse⁵¹ ou la rose représentée sur un mur d'une chapelle absidiale de la collégiale de Saint-Quentin (Aisne)⁵². Dans de grands édifices comme la cathédrale d'York en Angleterre où les chantiers étaient permanents, une « chambre aux traits » était aménagée dans une annexe où maçons et architectes pouvaient travailler à l'abri, à partir des épures tracées au sol, et entreposer en sécurité les patrons et dessins d'exécution. Une chambre aux traits de ce type a été reconnue récemment dans le comble de la salle du

45. BRONDEL 1979, p. 324.

46. AD Seine-Maritime, G 2505.

47. AD Seine-Maritime, G 2508.

48. BRONDEL 1979, p. 325.

49. ÉPAUD 2006.

50. ERLANDE-BRANDENBOURG 1993, p. 79.

51. *Ibid.*, p. 79.

52. BECHMANN 1993, p. 128.

Trésor (1224/1225d) de la cathédrale de Bayeux dont le sol aplani en mortier de chaux de 60 m² conserve de nombreux tracés d'épures. La charpente de ce comble – dont de nombreux éléments d'origine sont encore présents en réemploi – était constituée de façon à en libérer l'espace pour la circulation. Il semble que dès l'origine, lors de la construction du chœur au début du XIII^e siècle, cette pièce était destinée au travail des maçons et des architectes pour la définition de patrons à partir des épures représentées sur le sol.

Du fait de la nature et des dimensions des épures de charpentes, de telles chambres aux traits n'ont pu exister en charpenterie. Cependant, il existait sur certains grands chantiers comme à la cathédrale de Rouen en 1434 une « *loge des charpentiers* » installée au pied de la tour Saint-Romain qui servait vraisemblablement à entreposer les outils appartenant à la fabrique ainsi que les éventuels dessins d'exécution⁵³. Cette loge qui fixait l'atelier de charpenterie pouvait également servir au maître charpentier à réaliser ces projets et dessiner des essais d'épures. La mention, rare et précieuse, qui relate l'étalement et le redressement de son pignon chancelant, semble traduire l'état précaire de ce bâtiment, ressemblant manifestement aux baraques utilisées par les différents corps de métiers intervenant sur un chantier. De telles loges pouvaient donc exister sur de grands chantiers dès les XII^e-XIII^e siècles : leur utilisation restreinte, bornée à la durée des travaux, expliquerait la quasi-absence de trace archéologique ou archivistique de ce type de loge.

Lorsqu'ils n'étaient pas immobilisés par des chantiers de grande ampleur pendant de nombreux mois, voire des années, les ateliers de charpenterie étaient mobiles et itinérants. Aucun atelier fixe n'est en effet connu pour toute la période médiévale. Seules de petites officines – établies au rez-de-chaussée ou dans une annexe de l'habitation des charpentiers – servaient à la confection de menus travaux comme l'exécution d'un escalier, d'une fenêtre ou alors à entreposer des outils ou des engins démontés. Un atelier de chantier se situait donc systématiquement sur l'emplacement même de l'édifice ou à proximité, là où les épures pouvaient être tracées. D'ailleurs, les terrains que les censiers, livres d'ensaisinement et actes fonciers parisiens des XIV^e et XV^e siècles désignent comme « chantiers », appartenant probablement à des charpentiers, ressemblent davantage à des entrepôts de merrains qu'à de véritables chantiers, surtout à une époque où le commerce de merrains était en plein essor⁵⁴.

Ce n'est qu'au début du XIX^e siècle, dans les grandes villes, que se fixent les ateliers de charpenterie avec des aires d'épures immobiles établies sur un platelage permanent sous un hangar

aménagé, à l'abri des intempéries. L'ouverture de grands chantiers, de travaux d'urbanisme et aussi l'amélioration des moyens de transport dans le courant du XIX^e siècle incitèrent les entreprises à installer ces aires d'épures au sein de leur atelier de manière à accroître la productivité et à améliorer les conditions de travail des charpentiers. Cependant, pour de petites entreprises de charpenterie dans les campagnes, il faut attendre la seconde guerre mondiale pour que ces ateliers se sédentarisent. L'achat par ces charpentiers-entrepreneurs de lourdes machines-outils de taille et d'équarrissage explique aussi en partie l'implantation définitive de ces ateliers dans des hangars permanents.

De la mise sur ligne à la mise dedans

La mise sur ligne

La « mise sur ligne » est l'opération qui consiste à placer les bois sur les lignes de l'épure (fig. 45). Elle intervient lorsque l'épure a été tracée au sol et que les bois ont été équarris et lignés. Cette appellation, toujours employée par les compagnons charpentiers⁵⁵, provient de la nature même des épures qui sont représentées au sol par des lignes qu'elles soient sous la forme de fils tendus entre des piquets ou de simples tracés sur la terre battue ou un plancher provisoire (fig. 62).

Les pièces sont disposées sur l'épure selon l'orientation qui a été définie avant leur lignage et leur emplacement est donc déjà déterminé avant cette opération. En effet, l'orientation des bois a permis de choisir les éléments les mieux adaptés à leur fonction par rapport à leur forme, leur longueur et leur section. Ainsi, la mise sur ligne consiste seulement à mettre en place les bois sur les traits de l'épure en vue de tracer les assemblages. La superposition des bois se fait au moyen de cales pour garantir leur stabilité et leur horizontalité (fig. 45). Pour la préparation d'assemblages à mi-bois, l'empilement respecte l'ordre de mise en place des bois : ceux qui seront levés en priorité sont en dessous et ceux assemblés en dernier au-dessus. Pour les tenons-mortaises, seule la section est prise en compte, les pièces les plus fortes étant disposées en priorité sur l'épure et celles de moindre section étant posées en dernier.

Le positionnement sur les lignes de l'épure s'opère aussi en fonction de la face lignée des bois, celle-ci étant placée perpendiculairement au sol, à la verticale de la ligne de l'épure comme pour la charpente de la nef de Lisieux, de Fécamp ou du chœur de Bayeux. Cela permet de positionner les assemblages directement sur ces faces suivant le tracé de l'épure. Le lignage et la

53. « *Ricardo Pieplato carpentario por avoir aidé a estaier et redrecher le bout de la loge des charpentiers devers la tour Saint Romain lequel estoit en peril de choir par II jours valant X sols* » (AD Seine-Maritime, G 2487).

54. ROUX 1991, p. 243.

55. LE PORT 1979, p. 61.



Fig. 62 : Aire d'épures sur plancher provisoire. Chantier expérimental de Guédelon (Yonne).

mise sur ligne de ces charpentes ont donc privilégié la face inférieure de ces bois comme une sorte de convention technique. Pour d'autres charpentes comme celle de Neuf-Marché, les pièces sont alignées sur les tracés de l'épure par leur face supérieure. Les éléments des pans-de-bois du beffroi de Bayeux sont mis sur ligne par leur face inférieure pour une partie du pan et par la face supérieure pour l'autre partie.

Il ne semble donc pas exister aux XII^e-XIII^e siècles de règle majeure dans le choix de la face des bois pour la mise sur ligne. Seules des conventions de chantiers ont pu décider de ce choix pour une charpente en particulier, selon les habitudes du maître-charpentier.

Le piquage

Les bois soigneusement équarris et lignés, disposés sur des cales à la verticale des lignes de l'épure, les charpentiers peuvent dès lors commencer le piquage qui consiste à tracer l'emplacement précis des assemblages grâce à un fil à plomb (fig. 45 et 63). Il s'agit plus exactement de dessiner sur les différentes faces, par la superposition des bois sur l'épure ou une ferme déjà réalisée, la forme et le profil de l'assemblage en faisant correspondre entre eux les

traits de lignage des différentes pièces. C'est de cette opération très délicate que dépend la précision de l'ajustement des assemblages.

L'observation des traces de piquage dans les charpentes de ce corpus a permis de mettre en évidence l'emploi exclusif de la pointe métallique ou « traceret » pour cette opération. Elles apparaissent systématiquement, du XII^e au XIII^e siècle, sous l'aspect d'une fine griffure laissée par une pointe affûtée en fer (fig. 64), qui atteste de l'usage du traceret – traditionnellement utilisé en charpenterie pour le piquage⁵⁶ – dès le XII^e siècle en Normandie.

Le tracé de piquage se fait lorsque les bois sont empilés dans leur position définitive les uns sur les autres au moyen de cales. La superposition au plus près des éléments permet ainsi de tracer le profil exact de l'assemblage en tenant compte des imperfections et des défauts de chaque pièce. Le report de ces déformations s'opère traditionnellement au moyen d'un fil à plomb et d'un compas⁵⁷ et autorise l'adaptation d'un assemblage au défaut du bois.

La parfaite maîtrise du piquage se remarque dans toutes les charpentes étudiées, du XII^e au XIII^e siècle, à travers la cohésion des assemblages et les nombreuses adaptations aux déformations

56. BRONDEL 1979b, p. 320.

57. LE PORT 1979, p. 71.



Fig. 63 : Piquage au fil à plomb.
Chantier expérimental de Guédelon (Yonne).

naturelles que sont les flaches et les dépressions d'arêtes. Cette qualité d'ajustement des bois s'observe durant tout le Moyen Âge.

La dépression d'arête sur laquelle vient s'assembler un autre bois est compensée par celui-ci avec un prolongement de bois qui épouse exactement le profil selon l'expression d'un dicton « comme il a le menton, on lui fera la barbe » (fig. 65). Ces défauts pouvaient être évalués à l'aide d'un compas et reportés sur les bois correspondants, mais de nombreux charpentiers parvenaient à réaliser ces barbes sans procéder par le compas, simplement en évaluant leur forme à l'œil.

En complément du tracé de l'assemblage sur les faces du bois, l'emplacement du trou de la cheville est aussi parfois matérialisé ou tâté. Ce piquage préliminaire au percement se remarque lorsque la tarière dévie de sa trajectoire et s'écarte du piquage de la face opposée. L'écart entre un trou de cheville et son piquage rend compte du percement à partir de la face opposée puisque l'un des deux piquages a servi de point de départ à la tarière.

Ces piquages de trous de cheville se présentent sous la forme soit d'un simple trait de traceret (charpente de l'abbatiale de Fécamp,



Fig. 64 : Traces de piquage d'un assemblage à mi-bois.
Église de la Bussière-sur-Ouche, Côte-d'Or (1148/1149d).

1217-1223d), soit d'une encoche faite au ciseau (Rouen, cathédrale Notre-Dame, 1195d, fig. 66), soit d'un creusement à la gouge (nef de la cathédrale de Lisieux, 1182/1183d).

La mise dedans

Après la taille des assemblages suivant les tracés du piquage intervient la « mise dedans » qui consiste à assembler provisoirement, au sol, les éléments d'une ferme ou d'une structure pour s'assurer de leur bonne exécution et corriger d'éventuels défauts de taille⁵⁸. Cette opération indispensable est attestée à Rouen sur le chantier de la librairie de l'archevêché en 1478 : « [...] *ausdits charpentiers pour avoir ouvré de leur mestier tant a assembler desassembler le bois servant au bout de ladite librairie en l'estre [cimetière] de ladite eglise porter ledit bois a ladite librairie [...]* »⁵⁹.

58. LE PORT 1979, p. 65.

59. AD Seine-Maritime, G 2508.



Fig. 65 : Rattrapage par piquage d'une dépression d'arête pour un assemblage. Grange Saint-Lazare de Beauvais (1219 /1220d).



Fig. 66 : Traces de piquage des trous de cheville. Cathédrale de Rouen, vers 1230d.

Lors de cette opération de vérification, quand les assemblages sont encastés, les charpentiers procèdent au percement des trous de cheville de façon à faire correspondre par le même trou les deux pièces assemblées. Les essais de percement de trous de cheville ainsi que le fond des mortaises, percées préalablement à la tarière avant la taille au ciseau à bois, permettent d'apprécier la forme de la pointe des tarières utilisées pour ce travail. Dans la totalité des cas observés dans les charpentes des XI^e-XIII^e siècles, les traces de tarières apparaissent sous l'aspect d'un creusement hémisphérique comme le fond d'une cupule. Seule une tarière à cuiller dont l'extrémité est évidée comme une gouge (ciseau à lame concave) peut laisser de telles empreintes et non des tarières à lame torsadée ou vrillée. Si la pointe vrillée de tarière existe dès le XII^e siècle en Normandie, elle a vraisemblablement

été utilisée uniquement pour des travaux de menuiserie : la faible largeur de sa lame rend peu crédible son usage en charpenterie⁶⁰. Il faut attendre la fin du Moyen Âge pour voir la tarière torsadée employée dans le métier de charpenterie et le XVII^e siècle pour l'usage des tarières torsadées à double couteau renversé⁶¹.

C'est également au cours de cette opération de mise dedans, lorsque les bois sont pré-assemblés au sol, que s'effectue le marquage des assemblages, spécifiquement destiné à assurer le bon ordre du levage des bois.

Le marquage

Les différentes étapes de la chaîne opératoire évoquées jusqu'à présent ont pour but de transformer une grume en pièce équarrie et l'adapter par un taillage précis de ses assemblages aux autres bois d'une structure. Dès lors, le travail du piquage permet d'ajuster les bois entre eux tout en tenant compte des irrégularités et des défauts de chacun. Les assemblages sont ainsi adaptés aux irrégularités de chaque pièce (dimension, section, flache, profil...) et respectent son « individualité ». Pour cette raison, les pièces ne sont pas interchangeables et chaque élément est destiné à occuper un emplacement spécifique dans la charpente. À chaque pièce sera donc attribuée une marque pour spécifier son appartenance à une structure et pour déterminer sa localisation vis-à-vis des autres bois. Cette opération s'effectue lorsque les bois sont pré-assemblés au sol, au cours de la mise dedans, avant leur mise en place.

Le marquage attribue un signe distinctif à chaque pièce, au droit de certains assemblages, pour permettre de localiser précisément sa position par rapport aux autres éléments au sein de la charpente. Ce repérage signalétique est destiné aux charpentiers qui ont la charge de lever la charpente et sert donc à faciliter le travail de reconnaissance des bois lors de leur mise en place. Il assure aux charpentiers un levage rapide des différents bois tout en garantissant la justesse de leur assemblage.

Pour une charpente de comble, les marques identifient chaque pièce au sein d'une ferme et chaque ferme au sein de la charpente. Les différentes parties composant un beffroi ou une construction en pan-de-bois sont également individualisées au même titre qu'une pièce de bois au sein d'une ferme grâce à des systèmes de numérotation distincts.

Outre l'appartenance à une ferme ou à une structure, la marque peut également, en fonction de son emplacement ou de

60. HALBOUT, PILET et VAUDOUR 1987, p. 207.

61. BRONDEL 1979b, p. 315.

son écriture, déterminer l'orientation de la pièce au sein de cette structure. Un bois de forme symétrique peut en effet occuper sa position selon deux orientations possibles.

Les diverses informations que peut contenir un marquage et la grande quantité de bois marqués dans une charpente (plus de 500 pièces marquées pour la nef de la cathédrale de Rouen) ont incité les charpentiers à mettre en place des systèmes de convention pour simplifier le marquage et faire en sorte qu'il puisse être compris rapidement par les charpentiers au cours du levage. Les conventions de marquage s'appliquent donc à l'écriture des marques, à leur localisation sur les bois et aux numérotations. Elles doivent permettre aux charpentiers-levageurs (responsables du levage) de reconnaître facilement et immédiatement, sur le tas de bois, les pièces à assembler entre elles et de les orienter convenablement.

Lorsque le « gâcheur » (responsable technique du chantier)⁶² désirait garder la maîtrise complète du chantier, la lecture et la compréhension du marquage pouvaient devenir complètement hermétiques aux autres intervenants. En 1627, Mathurin Jousse évoque par exemple l'emploi des « contres ou fausses marques dont on dit que quelques-uns se servent pour empêcher que d'autres qu'eux mêmes ne montent leurs ouvrages »⁶³. En effet, le marquage mis en place en 1556 sur la nef de la cathédrale de Lisieux présente une marque distincte pour chaque assemblage et apparaît réellement indéchiffrable. Pour les charpentes des XII^e-XIII^e siècles en Normandie, il ne semble pas que de telles dissimulations aient existé. La clarté de la lecture et la simplicité des conventions paraissent avoir été la règle sur les chantiers à cette époque.

Le relevé systématique des marques des charpentes étudiées ici a permis de mettre en évidence, d'une part, une très grande diversité de types et de systèmes d'écriture et, d'autre part, la mise en place à partir du XII^e siècle de conventions de marquage dans l'établissement des charpentes.

Nous tenterons ainsi dans un premier temps de dresser l'inventaire des types de marques, d'évoquer dans un deuxième temps leur positionnement sur les bois au sein des charpentes avant d'aborder les multiples systèmes utilisés pour numéroter un ensemble de fermes. Enfin, nous essayerons d'analyser ces marquages afin de comprendre l'organisation du chantier et la hiérarchisation des tâches entre les équipes au cours de la mise en place de la charpente.

62. D'après le compagnon Marcel Le Port, le gâcheur est celui qui distribue les gâches c'est-à-dire les travaux devant être effectués par les équipes et assure la responsabilité de l'organisation de l'atelier, de la qualité des travaux qui s'y exécutent, de la productivité et, quelquefois, de l'embauche. Il assure en outre la livraison et l'approvisionnement des chantiers sur lesquels il se rend parfois pour relever les mesures : par ses fonctions, le gâcheur est l'organe de liaison entre le bureau, l'atelier et le chantier (LE PORT 1979, p. 55).

63. JOUSSE 1627 rééd. 1702, p. 8.

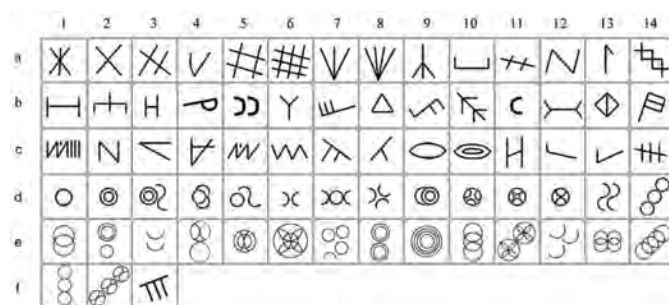


Fig. 67 : Tableau des signes particuliers

Typo-morphologie des marques

Le recensement des marques ou signes inscrits sur les bois révèle une grande diversité de types qui s'exprime à travers la forme des signes, l'outil utilisé pour leur écriture et leurs associations entre eux. Il est possible ainsi de définir six familles de signes à l'intérieur desquelles se distinguent plusieurs sortes d'écriture, de valeurs numériques ou non : les signes particuliers, les encoches sur arêtes, les encoches carrées, les bâtonnets ou traits, les coups de ciseau et les chiffres à bases V et X.

Les signes particuliers (fig. 67)

Sous cette appellation se regroupent toutes les marques dont la forme n'exprime aucune valeur numérique. Elles sont très variées et revêtent parfois des aspects très fantaisistes comme les grilles (5a, 6a), les serpentins (1c, 5c, 6c), les combinaisons de cercles (de 1d à 2f) ou les symboles anthropomorphiques à caractère sexuel (9c et 10c)⁶⁴. Certaines se confondent parfois avec des chiffres tel le V ou le X mais leur appartenance à des ensembles dénués de numérotation atteste l'absence de valeur numérique. Le graphisme de ces marques s'apparente aux signes lapidaires utilisés par les tailleurs de pierre ou les maçons comme ceux inscrits au charbon de bois vers le début du XIII^e siècle sur les pierres d'un grand arc de décharge présent dans le comble de la nef de la cathédrale de Bayeux (fig. 68). Comme l'évoque Daniel Bontemps, « cette parenté n'est sans doute pas tout à fait le fruit du hasard pour une époque où charpentiers et maçons travaillaient de concert sur les grands chantiers ou même étaient maîtres dans les deux spécialisations »⁶⁵.

Ces signes se rencontrent dans des marquages réalisés soit exclusivement avec ce type de marque, soit en association avec des séries

64. Les allusions anthropomorphiques, à connotation sexuelle ou pas, sont très nombreuses dans cette profession, que ce soit pour les assemblages, les noms de pièces, certaines opérations de levage ou d'établissement comme le chevillage et les marques d'assemblages.

65. BONTEMPS 1984, p. 139.

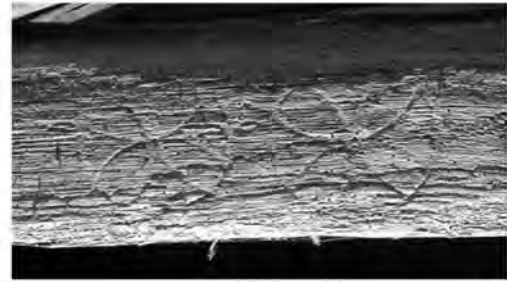


Fig. 68 : Signes lapidaires inscrits au charbon de bois.
Cathédrale de Bayeux, arc de décharge de la nef, début XIII^e siècle.

de marques numériques telles des encoches, bâtonnets ou des chiffres à base V et X. L'exemple le plus précoce est celui de Neuf-Marché (signe 14a) (1127-1133d), qui conserve la seule marque d'origine de cette charpente. On ignore donc la nature du marquage des fermes de cette charpente et comment ce signe particulier était intégré dans le marquage.

Les charpentes de la chapelle de Chanu (1183-1192d) et de la grange du Val-de-la-Haye (1216-1220d) ont un marquage constitué exclusivement avec des signes particuliers (fig. 67 : de 1d à 14d pour celle du Val-de-la-Haye et de 1e à 2f pour Chanu [fig. 69]). Leur distribution au sein de la charpente semble totalement arbitraire et ne répond à aucune suite logique. Pour la grange du Val-de-la-Haye, toutes les fermes et les éléments d'ossature portent ces marques, les chevrons étant marqués avec des chiffres romains. L'ensemble de ces signes présentent la particularité d'avoir été réalisés uniquement avec des cercles de différents diamètres (variant entre 4 et 9 cm) excluant ainsi l'idée de l'emploi de la rouanne qui

Marque 




Marque 



Fig. 69 : Marques circulaires. Chapelle de Chanu, Villiers-en-Désœuvre, Eure (1183-1192d).

est un outil à tracer des cercles de même diamètre fréquemment utilisé à la fin du Moyen Âge⁶⁶. Toutefois l'emploi de la rouanne semble attesté à Étampes sur le chœur de l'église Notre-Dame (1177-1187)⁶⁷ et à Amiens, dans la charpente de l'abside de la cathédrale Notre-Dame (1284-1285)⁶⁸. L'outil utilisé ici s'apparenterait davantage à une rainette combinée à un compas.

La charpente du bras sud (1199-1208d) du transept de la cathédrale de Lisieux, présente aussi un marquage presque entièrement composé de signes particuliers (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 8 et fig. 67 : de 1b à 14b). Ils sont inscrits essentiellement à l'aide d'une rainette à large extrémité. Deux d'entre eux seulement ont été tracés à la pointe d'un ciseau à bois ou d'une fine pointe tranchante. Là aussi, la distribution désordonnée de ces marques au sein de la charpente ne semble répondre à aucune convention.

66. Cet instrument est composé d'un manche en bois et de deux pointes métalliques, l'une pour piquer dans le bois comme une pointe de compas, l'autre en forme de rainette pour tracer des cercles (LE PORT 1979, p. 78).

67. HOFFSUMMER 2002, p. 64.

68. Id. 1995, p. 232.

Le deuxième cas de figure concerne les marquages qui associent ces signes à d'autres types de marques. On constate que pour la charpente des nefs de l'abbatiale de Boscherville (1120-1130d) (Saint-Martin-de-Boscherville, église abbatiale Saint-Georges, fig. 21) et de la cathédrale de Lisieux (1182/1183d) (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 12), les signes sont dispersés aléatoirement parmi des courtes séries numériques de marques à traits, à encoches et à coups de ciseau. Cette association anarchique s'observe aussi dans la charpente du chœur de l'église de Gonesse (Val-d'Oise, fin XII^e - début XIII^e siècle)⁶⁹ ou dans la chapelle de l'ancien palais épiscopal de Laon (1178-1188d)⁷⁰. Ces signes sont donc ici mélangés à diverses autres marques, à valeur ordinale pour certaines et distribuées parfois en courtes séries mais dont l'ensemble reste dénué de véritable cohérence numérique, comme les marquages précédents.

Le dernier type d'association de signes particuliers avec des marques à valeur numérique se distingue de ceux évoqués ci-dessus par le fait que ces signes prennent une valeur ordinale, c'est-à-dire qu'ils désignent, non par leur forme mais par leur présence, un rang spécifique au sein du marquage, une place précise dans la numérotation des fermes. Ce type se rencontre dans les charpentes du bras nord et du chœur de la cathédrale de Lisieux (1192-1206d) (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 14 et 26), dans la nef de l'abbatiale de Fécamp (1217-1223d) (Fécamp, église abbatiale de La Trinité, fig. 9) et dans le chœur de l'église de Quatremare de la première moitié du XIII^e siècle (Quatremare, église Saint-Hilaire, fig. 7). Dans ces quatre cas, les signes particuliers identifient spécifiquement les fermes principales de la charpente, les fermes secondaires étant numérotées par des chiffres à base V et X et des séries de coups de ciseau. Nous n'en connaissons pas d'autres exemples à l'heure actuelle.

L'écriture de ces signes particuliers sur les bois s'est faite soit à l'aide de la rainette (fig. 70), dès le début du XII^e siècle (signes 3a, 4a de Boscherville), soit avec une fine pointe tranchante en métal comme un traceret ou l'arête d'un ciseau (fig. 71). La rainette sera ensuite le plus souvent utilisée pour graver sur les bois ces signes dont le graphisme demeure parfois assez complexe. Le traceret n'est employé que pour les signes aux traits droits comme les grilles, mais les griffures laissées par cet outil présentent toujours l'inconvénient d'être peu visibles et de s'effacer rapidement.

L'emploi des signes particuliers est caractéristique du XII^e-début XIII^e siècle et disparaît après le milieu du XIII^e siècle en Normandie pour la période médiévale. Quelques cas exceptionnels ont cependant été observés comme dans le manoir de Saint-Lô à Aclou (Eure, 1360-1361d), construit pendant la guerre de Cent Ans par des charpentiers anglais qui ont reproduit une charpente typiquement anglo-saxonne avec des marques d'assemblage constituées de signes particuliers très originaux, caractéristiques des charpentes anglaises du XIV^e siècle.



Fig. 70 : Marque particulière inscrite à la rainette.
Cathédrale de Rouen (1227-1232d).

Les encoches sur arête

Il s'agit d'un type de marque inédit dans l'état actuel des connaissances. Ces marques se présentent sous l'aspect d'encoches réalisées sur l'arête de la face d'établissement des bois. Chaque encoche est obtenue en pratiquant deux entailles obliques rapprochées, laissant ainsi une échancrure sur l'arête en forme de V. La taille de ces encoches est très variable (entre 0,7 cm et 3 cm de large). Par leur position particulière, souvent sur de l'aubier, elles présentent l'inconvénient d'être parfois discrètes et, malheureusement, très exposées à l'érosion.

Relativement rares, elles se rencontrent toujours au sein d'un marquage associant d'autres types de marque (entailles en bâtonnets, signes particuliers ou autres). Une marque peut comprendre une à plusieurs encoches successives, jusqu'à 6 maximum d'après nos observations. Elles présentent donc une valeur ordinale qui est déterminée par le nombre d'encoches : un bois portant une marque à quatre encoches désignera le rang 4

69. BONTEMPS 1984, p. 150.

70. HOFFSUMMER 1994, p. 110.



*Fig. 71 : Marque particulière inscrite au traceret.
Église Saint-Georges de Boscherville (1120-1130d).*



*Fig. 72 : Encoches sur arête.
Église Saint-Germain-des-Prés, Paris (1018-1038d).*

de cette pièce au sein d'une numérotation. Jamais une marque de ce type ne se rencontre isolément dans un marquage, elles sont toujours plusieurs pour constituer de petites séries continues, parfois dispersées au sein de la charpente.

Ces encoches sur arête font partie des plus anciennes marques recensées à l'heure actuelle en France. Elles se rencontrent sur les chevrons réemployés de la charpente de la nef de l'église de Saint-Germain-des-Prés à Paris, datés par dendrochronologie de 1018-1038d⁷¹ (fig. 72). Plusieurs chevrons présentent ces encoches sur l'arête inférieure de leur face d'établissement, au droit d'un assemblage à mi-bois. Elles contiennent entre deux et six encoches, distantes de 5 cm environ, et constituaient une petite série dont l'ordonnance a été perdue par le réemploi de ces bois.

Les encoches sont très larges et profondes, et semblent avoir été faites à coups de hache.

En Normandie, elles se rencontrent sur les bois des nefs de l'abbatiale de Boscherville (1120-1130d) et de la cathédrale de Lisieux (1182/1183d). Plus discrètes, elles paraissent avoir été taillées au ciseau à bois et se rencontrent également au sein du marquage des fermes. Leur nombre restreint suffit cependant pour constituer à chaque fois une petite série de marques de 1 à 4 encoches maximum.

Leur présence au sein des marquages des charpentes médiévales semble dans l'état actuel des connaissances se limiter aux XI^e-XII^e siècles.

Les encoches carrées

Ce type de marque se présente sous la forme d'une ou de plusieurs petites encoches, alignées les unes aux autres et distantes entre elles

71. FRAITURE et HOFFSUMMER 2000.



*Fig. 73 Marque à encoches. Poinçon en réemploi.
Cathédrale de Rouen (1195d).*

de 1 à 2 cm environ (fig. 73). Chaque encoche est obtenue par deux petites entailles parallèles faites au ciseau à bois, perpendiculairement au sens des fibres ligneuses, et par le retrait du bois ainsi tranché entre ces deux incisions. Les encoches sont approximativement carrées, de 1,5 cm de côté en moyenne, et peu profondes.

D'après nos observations, une marque peut contenir entre une et neuf encoches au maximum (nef de la cathédrale de Rouen), le plus souvent alignées dans le sens de la longueur du bois. Plus rarement, les encoches peuvent être regroupées lorsqu'elles sont au nombre de trois ou quatre, ou encore se présenter en étoile.

Le nombre d'encoches contenues dans une marque et le fait qu'elles se rencontrent toujours en petites séries contribuent à leur conférer une valeur ordinale : une marque de quatre encoches fait porter au bois le rang 4 dans une numérotation.

Elles s'observent en effet le plus souvent en courtes séries continues de quatre à cinq marques (de 1 à 5 encoches) associées à d'autres séries au sein du marquage. L'exemple le plus ancien se situe dans la charpente de la nef de l'abbatiale de Boscherville (1120-1130d), dans un marquage perturbé par le réemploi des bois, accompagné de courtes séries de marques à bâtonnets, à coups de ciseau et d'encoches sur arêtes (Saint-Martin-de-Boscherville, église abbatiale Saint-Georges, fig. 21). Ce type d'association de marques à encoches, à bâtonnets et à coups de ciseau, en courtes séries continues successives s'observe aussi dans la charpente de l'église de Saint-Pierre de Montmartre à Paris (1164-1174d).

Elles se rencontrent également sur les réemplois de la nef de la cathédrale de Rouen (1195d), dans un marquage qui comporte des signes particuliers et peut-être des chiffres à base V et X. Enfin, elles peuvent se présenter sous la forme d'une unique et courte série, associée pour le reste du marquage soit à des signes particuliers (chœur de l'église Saint-Pierre de Gonesse de la fin XII^e-début XIII^e siècle⁷², chapelle de l'ancien palais épiscopal de Laon de 1178-1188d⁷³), soit à des signes particuliers et des marques à bâtonnets (église Saint-Mort à Huy en Belgique, 1230-1235d)⁷⁴, soit à des chiffres à base V et X (chœur de la cathédrale de Bayeux, 1227/1228 d).

On constate donc qu'aucun marquage n'est réalisé uniquement avec ce type de marque, en raison peut-être de la difficulté de son graphisme au-delà de quatre ou cinq encoches. Elles semblent disparaître vers le début du XIII^e siècle avec l'avènement des longues séries numérotées en chiffres à base V et X.

Les coups de ciseau

Comme le précédent, ce type de marque est spécifique de l'outil utilisé pour son inscription. Ces marques apparaissent sous la forme d'une courte entaille résultant d'un coup de ciseau frappé perpendiculairement au sens des fibres ligneuses. Une marque peut comprendre entre un et treize coups de ciseau maximum, d'après notre recensement. Ces petites entailles de 1,5 cm à 2 cm de long, en fonction de la largeur de la lame du ciseau, sont disposées au sein de chaque marque parallèlement les unes aux autres selon un alignement continu. Lorsque le nombre de coups par marque approche la dizaine, ils s'organisent en deux alignements parallèles, l'un à côté de l'autre.

Ces marques se rencontrent en petites séries associées à d'autres courtes séries de marques à bâtonnets, à encoches ou de signes particuliers. Le premier exemple connu se situe dans la charpente de la nef et du bras sud du transept de l'abbatiale de Boscherville (1120-1130d) (fig. 74). Dans le premier cas, ces marques sont majoritaires avec les bâtonnets mais le réemploi des bois et la

72. BONTEMPS 1984, p. 150.

73. HOFFSUMMER 1994, p. 110.

74. Id. 1995, p. 221.



Fig. 74 : Marque inscrite par coups de ciseau.
Église Saint-Georges de Boscherville (1120-1130d).

dispersion des marques ne permettent que d'envisager une distribution en plusieurs séries ne dépassant pas six coups de ciseau par marque. Pour la charpente du bras sud du transept, il s'agit d'une courte série allant jusqu'à quatre coups de ciseau, associée à une autre série de marques de quatre encoches également.

L'emploi de ce type de marque associé aux marques à bâtonnets se retrouve également dans la charpente du chœur de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle (Orne, fin du XII^e siècle) (fig. 75). Il s'agit de la série la plus longue puisque le marquage présente une suite presque continue de marques contenant jusqu'à 13 coups de ciseau (Saint-Sulpice-sur-Risle, fig. 8). Elles s'observent également en séries, toujours avec les bâtonnets, associées cette fois aux encoches dans la charpente de l'église de Saint-Pierre de Montmartre (1164-1174d)⁷⁵.



Fig. 75 : Marque inscrite par coups de ciseau.
Église de Saint-Sulpice-sur-Risle (fin du XII^e siècle).

Employées de façon minoritaire dans le marquage des fermes, elles se retrouvent dans la charpente de la nef de la cathédrale de Lisieux (1182/1183d) en une petite série (jusqu'à six coups) avec de nombreux signes particuliers et quelques marques à encoches dispersées.

Enfin, pour le début du XIII^e siècle, dans la charpente de l'abbatiale de Fécamp (1217-1223d), on les voit encore de façon minoritaire en une petite série allant jusqu'à 5 coups de ciseau, à côté d'une autre courte série de marques à bâtonnets et associées à une longue suite continue de marques à base V et X. Il s'agit de leur dernière apparition dans le marquage de bois dans notre corpus.

Il n'a pas été recensé de marquage contenant ce type de marque dans d'autres charpentes médiévales en France. Cependant, l'état actuel du recensement ne permet d'en tirer aucune conclusion.

Les bâtonnets

Cette appellation désigne toutes les marques constituées d'un ou de plusieurs trait(s) successif(s) à l'exception de celles appartenant à une série de marques à base V et X. Ces traits, qui peuvent être au nombre de sept par marque, se présentent toujours parallèlement les uns aux autres et perpendiculairement au sens des fibres du bois.

Il existe plusieurs types de traits selon l'outil utilisé. Les marques inscrites à la rainette se reconnaissent par un trait au fond incurvé et aux extrémités distinctes, l'une en forme concave pour le début du trait, l'autre convexe pour l'arrêt du trait. Celles gravées au ciseau à bois s'identifient par une incision très fine et profonde dans les fibres du bois (fig. 76). Un trait peut dès lors être obtenu par une seule incision mais aussi par deux incisions (Saint-Sulpice-sur-Risle, fig. 9). Il existe encore une dernière forme, plus archaïque mais bien plus visible à l'œil que les

75. FRAITURE et HOFFSUMMER 1998.



Fig. 76 : Marque à bâtonnets inscrite par griffure au ciseau.
Église de Saint-Sulpice-sur-Risle (fin du XII^e siècle).

précédentes, qui est obtenue par un coup de hache sur le bois (Saint-Germain-des-Prés).

L'emploi des bâtonnets s'observe dans les marquages des bois les plus primitifs : dans les églises parisiennes de Saint-Germain-des-Prés (1018-1038d) et de Saint-Pierre de Montmartre (1164-1174d) ou, en Normandie, dans l'abbatiale de Boscherville (1120-1130d) et dans l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle pour la seconde moitié du XII^e siècle. Ces bâtonnets sont distribués sous la forme de courtes séries continues ou discontinues allant jusqu'à quatre ou cinq à Boscherville, sept à Saint-Sulpice et huit bâtonnets à Saint-Pierre de Montmartre. Plusieurs séries peuvent se trouver cumulées ou mélangées au sein d'un même marquage avec, pour chacune d'entre elles, une écriture d'outil distinct. Chaque série de bâtonnets inscrits par un outil spécifique revêt donc une individualité propre au même titre qu'une série de marques de type différent (encoche, coups de ciseau...).

Pour la fin du XII^e siècle, sur la nef de la cathédrale de Lisieux, on note encore son emploi en courtes séries dispersées au sein du marquage (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 8) et sur le bras sud du transept en petite série continue (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 24) comme sur la nef de l'abbatiale de Fécamp (1217-1223d) jusqu'à quatre bâtonnets (Fécamp, fig. 9).

Enfin, ce type de marque s'observe aussi à Bayeux dans la chapelle axiale du chœur (1224/1225d) sous la forme d'une série continue de un à sept bâtonnets, avec la particularité d'être terminée par une marque à base V pour le rang huit : VIII. Ces marques ne se rencontrent plus par la suite dans le marquage des bois.

Par ailleurs, on constate que ces séries de bâtonnets sont employées conjointement aux marques à encoches (Saint-Germain-des-Prés, Boscherville), aux coups de ciseau (Saint-Sulpice-sur-Risle), à ces deux types de marque à la fois (Saint-Pierre de Montmartre), et associées en plus aux signes particuliers (Boscherville, bras sud de la cathédrale de Lisieux). Le principe de marquage par une association de courtes séries demeure donc avec l'emploi de ce type de marque.

En dehors de la Normandie et de la région parisienne, les marques à bâtonnets sont employées selon les mêmes principes dans les charpentes du XII^e siècle. On connaît l'existence d'une série continue de deux à sept bâtonnets à Floreffé en Belgique, dans le marquage de la charpente du croisillon nord de l'abbatiale (1165d)⁷⁶ et d'une autre série de deux à dix bâtonnets dans la nef de ce même édifice (1175-1180d)⁷⁷. À Laon, dans la charpente de la chapelle du palais épiscopal (1178-1188d), on retrouve aussi une petite série de un à cinq bâtonnet(s)⁷⁸ et encore à Soignies, dans le chœur de la collégiale Saint-Vincent (1185-1200d), une série complète et continue de un à treize bâtonnet(s). Ce système de numérotation disparaît dans les charpentes médiévales vers le début du XIII^e siècle pour ne réapparaître que sporadiquement vers la fin du XV^e et au XVI^e siècle dans le Bassin mosan, dans l'église de Weweler et de Baelen⁷⁹.

Les marques à base V et X

Ces marques concernent toutes les inscriptions à bâtonnets composées d'au moins un des deux chiffres romains V et X dont la valeur numérale correspond respectivement à 5 et 10. L'association des bâtonnets et de ces deux chiffres, selon des conventions d'écritures très diverses, permet d'obtenir des marques avec une valeur numérale pouvant atteindre la cinquantaine, contrairement aux précédentes qui dépassaient très rarement la dizaine. Il s'agit

76. GÉNICOT 1974, p. 33.

77. HOFFSUMMER 1995, p. 224.

78. *Ibid.*, p. 219.

79. HOFFSUMMER 1989, p. 98.

donc d'un type de marque incomparablement plus pratique et efficace que les précédents et qui permettra d'améliorer considérablement le marquage des assemblages et des fermes au sein des grandes charpentes.

Dans l'écriture des chiffres romains, l'ordre des signes peut signifier soit une soustraction, soit une addition : XIV = 14 ; XVI = 16. La soustraction s'opère lorsqu'un signe se place avant un autre de plus grande valeur numérale dans le sens de lecture « normal » ou occidental, de la gauche vers la droite. De plus, il existe d'autres signes tels L pour symboliser 50 ou C pour 100. Dans le marquage des bois, en charpenterie, les chiffres L et C ne sont jamais utilisés, certainement parce qu'il existe rarement plus d'une cinquantaine de fermes dans une même série numérotée d'une grande charpente. La soustraction n'est également jamais appliquée dans le marquage, quel que soit l'ordre des chiffres au sein d'une marque (fig. 77). Cet état de fait s'explique logiquement par les différents sens de lecture possible selon la position des bois dans la charpente et le risque de confusion que cela impliquerait. Seul un exemple contredit cette règle, dans la charpente de la grange (1276d) de l'abbaye de Chaloché (Maine-et-Loire), où on constate dans le même marquage une soustraction (XIX = 19), répétée deux fois dans la numérotation, et une abréviation du 50 (I) pour exprimer une autre soustraction (XI = 40)⁸⁰. Il s'agit du seul exemple connu mais l'état actuel du recensement ne permet pas de savoir si la soustraction était plus répandue qu'il n'y paraît ou si ce contre-exemple correspond à l'exception qui confirme la règle. Notons que dans la foliotation des manuscrits médiévaux, la soustraction des signes ne serait apparue qu'à partir du XIV^e siècle⁸¹.

En raison de ces particularismes d'écriture qui excluent la soustraction et les chiffres supérieurs à la dizaine, nous préférons parler de notations « à base V et X » plutôt que de chiffres romains. Des conventions de marquage qui leur sont propres les distinguent en effet de l'écriture des chiffres romains. Ces conventions sont directement liées aux contraintes du graphisme sur le bois, à la nécessité de faciliter la lecture de nombreuses marques et aux habitudes personnelles de tel ou tel charpentier.

La distribution de ces marques en séries selon une numérotation continue fait apparaître un certain nombre de conventions communes à la plupart des charpentes étudiées dans ce corpus. On constate que la succession des dizaines pour exprimer 30 ou 40 par exemple peut s'écrire soit en alignant les X côte à côte soit en combinant les X par un trait commun (fig. 77). De même, pour exprimer l'addition, le V et le X peuvent apparaître associés distinctement ou sous une forme contractée par la fusion d'un de leurs traits. Ainsi, n'importe quel nombre peut être représenté soit par

| Marque | Valeur |
|---------|--------|
| IIII | 4 |
| VIIII | 10 |
| X | 10 |
| XVII | 17 |
| IIVX | 17 |
| X/I | 16 |
| X// | 18 |
| XXII | 22 |
| XXII | 22 |
| I// | 26 |
| X//IIII | 39 |

Fig. 77 : Tableau des écritures et des abréviations des marques à base V et X.

l'association de X pour les dizaines, d'un V pour la valeur 5 et de I pour les unités, soit par la contraction des X et des V, les traits d'unité restant toujours indépendants. L'ordre et le sens des signes demeurent en général aléatoires et ne revêtent que dans de très rares cas une signification sémiologique. Le cas de la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d) rend compte de ces exceptions où le sens d'écriture des signes (IVX ; XVI ou avec le V renversé) correspond à un critère d'identification des différentes équipes de charpentiers (Rouen, cathédrale Notre-Dame, fig. 34).

D'autres conventions propres à l'écriture de certains nombres et d'abréviations de marques liées à des emplacements limités sur les bois s'observent dans notre corpus. En les comparant aux premiers tableaux connus de marques de charpentiers, notamment celles de Mathurin Jousse de 1627, publiées en 1702, et celles de Mazerolle de 1895 (fig. 78), on constate une relative permanence des formes entre le XIII^e et le XIX^e siècle et l'apparition de certaines abréviations comme l'inclusion des traits à l'intérieur du X (Bayeux) dès le début du XIII^e siècle (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 57). L'écriture du 9 et du 19 dans les traités du XVIII^e et du XIX^e siècle ne se rencontre pas sous la même forme aux XII^e-XIII^e siècles ni les abréviations des nombres compris entre 5 et 10. Des exceptions apparaissent comme à Bayeux avec le 9 en forme de croix barrée verticalement, le 11 à Lisieux en forme de patte d'oie, le 16 à Fécamp qui combine l'abréviation du X, du V et d'un I ou encore le 5 et le 10 qui s'écrivent soit conventionnellement V et X, soit par une succession de bâtonnets : IIIII et VIIII.

80. BONTEMPS 1995, p. 58-60.

81. REUSENS 1899, p. 147 d'après HOFFSUMMER 1989, p. 103.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|----|-----|----|------|----|------|----|-------|----|-----------------|------------------|-------|-----|
| / | 1 | // | 2 | /// | 3 | //// | 4 | ∧ | 5 | ∧ | 6 | ∧ | 7 | ∧ | 8 |
| ∧ | 9 | X | 10 | X/ | 11 | X// | 12 | X/// | 13 | X//// | 14 | X∧ | 15 | X∧ | 16 |
| X// | 17 | X/// | 18 | X∧ | 19 | X# | 20 | X/ | 21 | X// | 22 | X/// | 23 | X//// | 24 |
| X∧ | 25 | X∧ | 26 | X// | 27 | X/// | 28 | X∧ | 29 | X# | 30 | L ⁵⁰ | C ¹⁰⁰ | CL∧ | 156 |

Fig. 78 : Tableau des marques du traité de Mazerolle (MAZEROLLE 1895).

Les formes conventionnelles de la notation à base V - X et de leurs abréviations se sont donc figées dès leur apparition à la fin du XII^e siècle en Normandie. Les particularités propres à chaque marquage témoignent de l'absence de rigidité consensuelle dans l'écriture des marques. À chaque chantier son marquage, pourrait-on affirmer.

La distribution de ce type de marque se présente dans la plupart des cas sous la forme d'une numérotation continue. Plusieurs suites continues peuvent composer un même marquage comme à Lisieux sur le chœur (1200-1206d) ou encore à Bayeux sur le bras nord du transept (vers 1250d) où deux courtes suites animent la numérotation des fermes. Elle peut aussi s'accompagner d'une suite d'un autre type de marque comme celles à encoches (Bayeux, chœur : 1227/1228d) ou à bâtonnets (Fécamp : 1217-1223d). Plus rarement, le marquage à base V et X apparaît avec un ensemble de marques distribuées entièrement dans le désordre, comme en témoigne une partie de la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d).

Au sein même d'une série à base V et X, sur une charpente à structure tramée, la numérotation des fermes principales peut être confondue avec celle des fermes secondaires dans une unique suite continue comme à Bayeux dans la charpente du chœur (1227/1228d) ou dans le dortoir des abbayes de Bonport (1221d) et de Fontaine-Guérad au début du XIII^e siècle. Dans la charpente du bras sud du transept (1223-1226d) de Bayeux les fermes principales adoptent aussi ce type de marque mais leur valeur numérale correspond à la fin de la série. D'autres cas de figures se présentent comme à Fécamp (1217-1223d) ou à Bayeux dans la maison impasse Prud'homme (1226d) et sur le bras nord du transept (vers 1250d) où les fermes principales sont marquées différemment des fermes secondaires par une numérotation à base V et X. Enfin, il existe quelques cas où les fermes principales sont marquées de chiffres particuliers et les fermes secondaires par une numérotation à base V et X : à Lisieux dans la charpente du bras nord du transept (1192-1202d) et du chœur (1200-1206d), comme à Rouen dans la charpente de la nef (1227-1232d).

Aucune règle conventionnelle ne commande vraiment la distribution de ces marques au sein des marquages des fermes.



Fig. 79 : Marque gravée à la rainette.
Cathédrale de Rouen (1227-1232d).

La diversité de leur répartition répond à celle des formes des marques qui témoignent d'une certaine liberté dans l'écriture des signes. Il en est de même pour les outils utilisés : la rainette apparaît comme l'outil de prédilection (fig. 79) même si le ciseau sert parfois à leur inscription soit par des griffures (fig. 80) soit par des petits coups (fig. 81).

Dans le nord de la France et en Belgique, le marquage à base V et X apparaît dans le courant du XIII^e siècle à Floreffe (1227-1237d), à Liège sur l'église Saint-Paul (vers 1250)⁸² et la cathédrale de Tournai (1243d)⁸³. Il est également identifié dans le Val-d'Oise, sur les bois de la grange abbatiale de Maubuisson (1234-1264d)⁸⁴ et dans le Maine-et-Loire dans la charpente de

82. HOFFSUMMER 1989, p. 99; ID. 1995a, p. 202.

83. GÉNICOT 1977, p. 147.

84. DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 129.



Fig. 80 : Marque inscrite par griffure au ciseau.
Cathédrale de Lisieux, chœur (1200-1206d).



Fig. 81 : Marque inscrite par coups de ciseau au fond d'une mortaise.
Abbaye de Bonport, Eure, dortoir (1221d).

la grange abbatiale de Chaloché (1275-1276d)⁸⁵. On y retrouve généralement les mêmes principes : absence de soustraction et abréviation des dizaines et des quinzaines par la fusion des traits. On constate toutefois que les particularités d'écriture observées à Bayeux (forme du 9), à Lisieux (forme du 11) ou à Fécamp (IIIII et VIIIII) comme la dispersion des marques au sein de la numérotation sont propres à ces charpentes.

85. BONTEMPS 1995, p. 50.

L'apparition et la diffusion de ce type de marquage se situent donc plus tôt en Normandie que dans les autres régions avec notamment la charpente du bras nord de la cathédrale de Lisieux (1192-1202d), de son chœur (1200-1206d) et celle du bras sud du transept de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d).

L'emplacement des marques sur les bois et dans la structure

À chaque charpente ses marques et son marquage. La diversité des marquages semble proportionnelle au nombre de charpentes existantes. L'étude de l'emplacement des marques au sein de la structure rend compte de la richesse et de la diversité qui caractérisent cette époque d'expérimentation et de recherche technologique.

Un bois peut être marqué d'autant de manières différentes que sa surface le permet : sur une face déterminée (face d'établissage, face supérieure ou inférieure), au droit d'un assemblage précis ou de plusieurs assemblages, entre deux assemblages, en milieu ou en bout de pièce et même au fond des mortaises. Cet emplacement permet de déterminer la vocation d'une marque : la marque d'assemblage est reportée sur les deux pièces au droit d'un assemblage tandis que la marque de pièce est isolée sur un bois. La présence majoritaire des marques sur l'une des faces des bois, en fonction de la forme des assemblages, peut servir à retrouver la face d'établissage de ces pièces. Enfin, la localisation des marques peut également avoir une signification particulière utilisée dans l'orientation des bois lors du levage des fermes. Dès lors, il est peut-être possible d'évoquer l'existence d'un système de latéralisation (moyen d'orienter les fermes selon un axe médian) qui utiliserait la localisation des marques sur les bois.

Les marques de pièce

Les marques de pièce se distinguent des marques d'assemblage par le fait qu'elles sont destinées à identifier une pièce et non un assemblage. Une pièce ainsi marquée ne portera donc qu'une seule marque, inscrite bien en évidence toujours sur la face d'établissage de la pièce (face supérieure au-dessus de l'épure) au milieu ou en partie inférieure du bois. Cette marque n'est donc pas liée à un assemblage et si elle devait être inscrite à proximité d'un assemblage, elle n'est dans ce cas pas reproduite obligatoirement sur le bois assemblé correspondant.

Le premier exemple se rencontre sur les entrants du transept de l'église abbatiale de Boscherville (vers 1120-1130d) où chaque entrant présente une unique marque sur leur flanc à une extrémité. Bien que ces bois aient plusieurs assemblages, une seule marque a été inscrite sous la forme d'une succession de bâtonnets dans le but d'identifier le rang de la ferme.

Dans la charpente de l'église de Chanu (1183-1192d), les marques sont inscrites en pied de pièces pour les écharpes et à l'about ou au milieu des entrants retroussés, sans aucun report de celles-ci.

Ce type de marquage se rencontre également dans la charpente du chœur de la cathédrale de Lisieux (1200-1206d) (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 31). Tous les bois de cette charpente, à l'exception des entrants retroussés, ne présentent en effet qu'une seule marque, destinée à identifier spécifiquement la pièce et non un assemblage. Les chevrons, sous-chevrons, écharpes et autres pièces obliques ou verticales sont marquées systématiquement en pied, sur l'extrémité inférieure, sans relation directe avec un assemblage. Les entrants retroussés sont marqués à chacune de leurs extrémités (les positions a, b, e et f étant considérées comme l'extrémité de la pièce) sans que la marque ne soit reportée sur le chevron correspondant, à une exception près (F4). Elles demeurent donc des marques de pièces bien que la pièce soit marquée en deux endroits, peut-être pour la repérer plus rapidement. Lorsque ces marques sont en pied de pièce, elles ne sont pas reportées sur l'autre pièce correspondante, au droit de l'assemblage.

La correspondance des marques au droit des assemblages n'est pas toujours évidente à établir puisque deux pièces marquées et assemblées à une extrémité peuvent montrer une éventuelle correspondance de leurs marques sans que celles-ci aient été destinées à identifier cet assemblage. C'est le cas pour les marques des pieds de petites contrefiches obliques et celles de l'extrémité des entrants retroussés de la charpente de Lisieux.

Il convient cependant de reconnaître que le marquage des pièces peut parfois se combiner ou se confondre avec celui des assemblages dont les conventions obligent à ne marquer une pièce qu'à une seule de ses extrémités. Ce marquage que l'on désignera comme mixte, dans le doute, se rencontre dans les autres charpentes de la cathédrale de Lisieux. Dans celles de la nef (1182/1183d), du bras nord et sud du transept (1192-1208d), les écharpes, les contrefiches, les sous-chevrons, les jambes de force et les blochets n'ont qu'une seule marque sur leur extrémité inférieure ou en milieu de face pour les bois les plus courts (blochets et jambes de force). Les chevrons sont toujours marqués en pied avec parfois une marque supplémentaire au droit de l'assemblage de l'entrant retroussé. Cette dernière sert donc à identifier cet assemblage tandis que la plupart des marques des entrants retroussés sont également aux extrémités. Rarement les entrants retroussés sont marqués au pied des écharpes (un seul cas dans la nef et trois dans le croisillon sud). On peut ainsi convenir d'un système mixte qui privilégie le marquage des extrémités des pièces, en pied pour les éléments obliques et aux deux bouts pour les bois horizontaux avec un report pour ce dernier sur les chevrons. On observe en effet ce cas de figure dans la charpente de l'église de Norrey-en-Auge de la seconde moitié du XII^e siècle

et dans celle de Quatremare de la première moitié du XIII^e siècle avec toutefois un marquage des pièces horizontales à un seul de leurs abouts.

Il ne semble donc pas que le marquage des pièces *stricto sensu* soit un archaïsme des techniques de marquage des assemblages puisqu'on les rencontre simultanément, du début du XII^e siècle jusque dans le premier quart du XIII^e siècle. Il s'agit d'un procédé à part entière, utilisé assez marginalement au regard de notre corpus, dans le seul but d'économiser les marques inscrites au sein des fermes. Il s'emploie cependant plus fréquemment en combinaison avec le marquage des assemblages dont les conventions se confondent partiellement avec celles de ce marquage.

En dehors de la Normandie, nous connaissons l'exemple des chevrons réemployés de la charpente de la nef de l'église de Saint-Germain-des-Prés à Paris (1018-1038d). Chaque chevron ne présente en effet qu'une seule marque inscrite dans la partie inférieure de la pièce, indifféremment à la proximité des assemblages. Retenons également l'exemple de la charpente de la chapelle de l'ancien palais épiscopal de Laon (Aisne) de la fin du XII^e siècle dont les bois sont marqués d'une unique marque, en milieu de pièce ou en pied sur leur face d'établissage, à proximité ou non d'un assemblage et sans report de la marque⁸⁶.

Les marques d'assemblage

Les marques d'assemblages se caractérisent par un positionnement à proximité d'un assemblage et par leur report sur l'autre pièce assemblée. Elles peuvent se situer sur la face d'établissage des bois comme sur les faces supérieure ou inférieure. Une pièce est marquée préférentiellement aux assemblages d'extrémité mais certaines conventions de marquage font que quelques assemblages sont privilégiés au détriment d'autres dans le but de limiter leur nombre au strict minimum. Ces conventions sont en général propre à chaque charpente et il n'existe pas de véritables règles préétablies qui soient respectées dans toutes les charpentes médiévales. L'emplacement des marques peut être défini selon les habitudes du maître charpentier ou répondre à des exigences liées à l'organisation des équipes de charpentiers au sein du chantier.

La répartition des marques d'assemblages dans les fermes et leur positionnement sur les bois peuvent en effet correspondre à un programme prédéfini pour distinguer le travail accompli des différentes équipes au sein d'un même chantier. Chaque équipe peut donc avoir un plan de marquage qui lui est propre de façon à ne pas confondre leur production avec celle d'une autre équipe. Cette précaution permet ainsi de ne pas mélanger au sol les bois exécutés par tels ou tels groupes de charpentiers.

Cette différenciation par le marquage de plusieurs lots de fermes au sein d'une même charpente s'observe particulièrement

86. HOFFSUMMER 1995a, p. 110.

bien sur la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d) (Rouen, fig. 34). Cette charpente comporte en effet trois lots de fermes qui se distinguent par le marquage de leurs assemblages selon trois critères. Le premier concerne la numérotation des fermes puisque chacun de ces lots présente une numérotation propre, faite avec des marques à base V et X. Les marques du premier lot de fermes sont réparties en une série discontinue, celles du deuxième en une série continue de I à XIII et celles du troisième lot en une autre série continue de I à XIII. À chacun de ces trois lots de fermes correspond également une répartition des marques qui leur est propre (deuxième critère). Dans le premier lot, les bois sont marqués sur leur face inférieure des bois, en pied et à une seule extrémité, dans le deuxième lot, les marques sont inscrites sur la face supérieure, en pied et toujours à une seule extrémité et enfin, dans le troisième lot, les bois sont marqués sur la face supérieure et systématiquement aux deux extrémités. Enfin, le troisième critère de distinction entre ces trois lots concerne l'écriture des chiffres à base V et X et leur sens de lecture. En effet, d'après l'observation des traits gravés à la rainette, il est possible de connaître le sens dans lequel ils ont été tracés et donc le véritable sens de lecture de ces marques. On constate ainsi qu'à chacun de ces trois lots de fermes correspond un sens d'écriture distinct des marques à base V et X. Pour le premier, les marques s'écrivent XΛI, le deuxième IVX et le troisième XVI.

Ces trois lots de fermes, de structure identique, présentent donc un marquage d'assemblage distinct. La répartition et le positionnement de ces marques sur les bois répondent en conséquence à un programme prédéfini pour différencier plusieurs ensembles de fermes. Le marquage de l'assemblage d'une ou des deux extrémités de la pièce, sur la face inférieure ou supérieure, obéit ainsi à des exigences et des règles qui sont propres à ce chantier et non pas à un schéma évolutif plus général des techniques de marquage. Il convient donc d'être extrêmement prudent quant à la définition d'une éventuelle évolution de ces techniques au cours de cette période.

L'étude du marquage des assemblages d'autres charpentes du corpus confirme notre propos : la répartition des marques d'assemblage répond prioritairement à des critères propres au chantier dans le seul but de départager des lots déterminés de fermes ou de pièces. L'exemple des charpentes du chœur et du bras sud du transept de la cathédrale de Bayeux (1223-1228d) illustre bien cette théorie.

La charpente du chœur de cette cathédrale (1227/1228d), présente deux grands ensembles d'une dizaine de fermes chacun dont le marquage est distinct (Bayeux, cathédrale, fig. 57-58). Dans le premier lot de fermes, les bois sont marqués préférentiellement à leurs extrémités sans qu'il y ait nécessairement un report de la marque sur les chevrons, notamment pour les têtes d'écharpes et les seconds faux-entrants, et les marques des faux-entrants sont majoritairement disposées sur les faces d'établissage et supérieure des bois.

Dans le second lot de fermes, les marques s'apparentent presque à des marques de pièce puisqu'elles ne sont plus localisées aux extrémités des bois mais en milieu de segment, à mi-longueur des éléments. Les écharpes sont marquées uniquement au droit de leur assemblage avec le premier entrant retroussé sur lequel la marque est reportée tandis que les chevrons sont marqués dans leurs parties supérieure et médiane. De même, le faux-entrant est marqué majoritairement au milieu de sa longueur. On constate donc que ces marques ont vocation à « marquer » un ensemble d'assemblages plutôt qu'un seul, leur emplacement permettant en effet d'identifier rapidement un nœud d'assemblage (pied d'écharpe – extrémité du premier entrant retroussé – milieu du chevron) ou une partie de la ferme (triangle de tête, triangle latéral du pied des écharpes). Par ailleurs, on relève que dans ce lot de fermes, toutes les marques des écharpes, des faux-entrants et des entrants retroussés sont placées sur la face supérieure des bois, à la différence de celles du premier lot. Les autres fermes de cette charpente, qui ne s'intègrent pas dans ces deux lots, présentent une répartition des marques qui concilie les spécificités de marquage de ces deux lots. On constate donc pour cette charpente deux types de marquage distincts qui se succèdent approximativement dans la numérotation des fermes et qui se différencient essentiellement par la répartition des marques sur les bois. L'emplacement de ces marques d'assemblage ou d'ensembles d'assemblages répond ainsi à une volonté propre à ce chantier de départager deux lots de fermes distincts, plus qu'à des modalités ou des règles prescrites par la profession.

Dans la charpente du bras sud (1223-1226d) de cette cathédrale, il est possible de séparer en plusieurs ensembles les chevrons du versant ouest et ceux de l'autre versant selon la répartition de leurs marques (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig 68-70). Il est cependant délicat de définir des lots de fermes, seuls les chevrons d'un versant et les bois qui s'y assemblent semblent pouvoir se regrouper isolément. Cette différenciation est-ouest de l'implantation des marques coïncide avec une implantation faciale distincte selon l'axe vertical de la ferme. En effet, tous les bois disposés à l'est de cet axe, passant par le poinçon, sont marqués sur la face d'établissage au nord et tous ceux disposés à l'ouest sont marqués sur la face inférieure. Cependant, il n'est pas possible de concevoir un travail de marquage qui s'appliquerait séparément aux bois de chaque versant, ceux-ci ne pouvant être marqués qu'ensemble lors de la mise dedans de tous les bois de la ferme. On peut donc suggérer que cette répartition des marques résulte non pas du travail de plusieurs équipes mais plutôt de « mains » distinctes pour chacun de ces lots de chevrons. Le marquage effectué par tel ou tel charpentier serait donc attribuable à ces différents lots sans que ces derniers correspondent à une série particulière dans la numérotation des fermes. L'intervention de ces « mains » pour ces ensembles apparaît alors aléatoire et n'obéit

à aucune volonté de démarquer le travail de différentes équipes de charpentiers.

Pour cette charpente, la répartition générale des marques d'assemblage répond à la nécessité d'établir la latéralisation, c'est-à-dire la distinction des bois du côté est de l'axe vertical de la ferme et ceux du côté ouest par le marquage des assemblages. Ainsi, chaque pièce se trouve marquée à ses deux extrémités pour repérer plus rapidement son sens d'établissement et pour faciliter son orientation au moment de sa mise en place. Cette latéralisation et le report systématique de ces marques sur l'autre bois assemblé expliquent le nombre élevé de marques sur les chevrons (jusqu'à sept) et dans chacune de ces fermes (vingt en moyenne).

Dans les autres charpentes de notre corpus, lorsque l'implantation des marques sur les bois ne semble pas répondre à des volontés de distinction de production entre différentes équipes de charpentiers, on peut constater que cette répartition obéit à une logique pratique liée directement aux techniques de levage et de manutention des bois au moment de leur mise en place. Cette logique consiste d'une part à simplifier le travail en réduisant au minimum le nombre de marques à inscrire et d'autre part à faciliter leur lecture par les charpentiers travaillant à leur levage.

Dans la cathédrale de Lisieux, chaque ferme secondaire possède 25 assemblages pour 14 marques en moyenne, soit l'équivalent du nombre de pièces constituant la ferme. Les fermes secondaires de la cathédrale de Bayeux comportent 18 assemblages pour 24 marques et celles de la cathédrale de Rouen, 20 assemblages au minimum pour un nombre de marques compris entre 15 et 24. La nécessité de reporter la marque sur les deux pièces assemblées explique en partie ce surnombre pour Bayeux et Rouen en comparaison avec Lisieux où les marques de pièce sont plus nombreuses. Si tous les assemblages étaient marqués, on comptabiliserait deux fois plus de marques qu'il n'y a d'assemblages. Ainsi, le marquage s'est limité à certains assemblages, définis selon leur position au sein de la structure. Les charpentiers ont donc privilégié, dès le XII^e siècle, les assemblages de pied des pièces obliques et verticales ou leur partie inférieure, situées au plus bas niveau dans la ferme comme on peut le constater sur les fermes de la cathédrale de Lisieux (pied des écharpes, des contrefiches, des chevrons, sous-chevrons...), sur celles de Rouen (pied des écharpes et des poteaux), sur les fermes de l'abbatiale de Fécamp (pied des contrefiches, chevrons et arbalétriers) ou des églises de Saint-Sulpice-sur-Risle, de Quatremare et de Chanu. Ce positionnement préférentiel, déjà remarqué sur d'autres charpentes médiévales⁸⁷, a perduré comme convention au cours des siècles puisqu'il est appliqué encore aujourd'hui par les compagnons charpentiers⁸⁸.

Ce choix s'explique peut-être par simple souci de lisibilité au moment de la mise en place de la charpente : le repérage des marques s'effectuerait plus aisément, celles-ci étant situées au plus près des charpentiers travaillant au niveau des entrants ou dans les fermes déjà montées.

Pour les pièces horizontales dans les charpentes lorsque le marquage n'est pas dicté par des exigences de détermination de lots, les charpentiers privilégient, également dès le XII^e siècle, le marquage de l'assemblage d'une seule extrémité, quelle qu'en soit l'orientation comme sur les fermes de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle, de Chanu et plus tard à Quatremare ou à la cathédrale de Rouen (1227-1232d). On l'observe aussi sur les fermes de l'église de Saint-Pierre de Montmartre (1164-1174d) à Paris dont toutes les pièces verticales sont aussi marquées en pied. La simple volonté de limiter le travail d'inscription peut expliquer ce choix.

Les marques d'appareillage et autres marques

Ce type de marque désigne toutes celles qui sont inscrites au droit d'un assemblage et dont les traits débordent sur les deux pièces assemblées. Gravés lors de la mise dedans des bois, lorsque les éléments sont pré-assemblés, les traits peuvent effectivement être inscrits sur les deux bois, nécessairement sur la face d'établissement. Lors de leur assemblage définitif, la correspondance des traits permet de confirmer plus précisément qu'avec un simple marquage la parfaite complémentarité des deux bois. Ces marques sont le plus souvent constituées de traits droits (par exemple III) de manière à ce qu'elles puissent conserver leur signification en étant réparties par moitié sur chacune des deux pièces.

Les rares marques d'appareillage que nous avons observées se situent dans les charpentes de la cathédrale de Bayeux, dans le déambulatoire sur les éléments du contreventement longitudinal et sur certains bois de la charpente du bras nord du transept (sous la forme de deux traits parallèles II valant 2), et du bras sud, toujours sur la face d'établissement. Ces seuls exemples permettent d'attester l'emploi de cette technique de marquage au plus tôt vers 1225 en Normandie. Nous ignorons, faute d'étude, la date d'apparition et l'éventuelle diffusion de cette technique en dehors de la Normandie⁸⁹.

Les marques d'identité, destinées à dédicacer un ouvrage ou simplement une pièce majeure dans la structure, sont inconnues aux XII^e-XIII^e siècles en Normandie. Elles y apparaissent au début du XVI^e siècle sous la forme d'un millésime accompagné parfois du nom du maître charpentier, généralement sur un entrant de ferme principale pour une charpente de comble⁹⁰. Ces millésimes se rencontrent fréquemment sur les façades des maisons en

87. HUNOT 2000, p. 59; DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 123.

88. BRONDEL 1982, p. 373.

89. Elle est attestée à Bruxelles dans une maison non datée rue de Laeken (HOFFSUMMER 1995a, p. 200).

90. Charpente de la nef de l'église Notre-Dame de Dreux : millésime 1636 sur un entrant de ferme principale.

pan-de-bois du début du XVI^e siècle jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. L'observation de ces chronogrammes sur les charpentes du nord de la France et en Belgique par P. Hoffsummer et en Anjou par J.-Y. Hunot atteste de leur apparition dans ces régions vers la fin du XVI^e siècle⁹¹.

Les marques de marchands, isolées du marquage des assemblages et non millésimées, sont plus problématiques quant à leur interprétation. Pour les XI^e et XIII^e siècles, seules les marques rencontrées sur certains bois réemployés, datés entre 1195d et 1200, dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen, semblent s'y apparenter. Sur le flanc ouest des entrants des fermes 2, 3 et 9 de la charpente actuelle, sur leur extrémité nord, on observe une marque identique en forme de A, dépourvue de toute valeur ordinale. L'absence d'assemblage pour une sablière et le fait qu'elles ne correspondent pas à la marque respective de la ferme, inscrite au droit de certains assemblages, semblent indiquer qu'elles servent à la seule identification de la pièce. Il est possible également qu'il s'agisse d'un signe de latéralisation destiné à orienter la pièce lors du levage puisque ces entrants ne comportent que des mortaises dans l'axe de leur face supérieure.

Il faut attendre le XVIII^e siècle pour voir apparaître dans les charpentes des marques authentifiées de marchands. Elles se présentent sous la forme approximative de chiffres romains avec de grands V entrecroisés de traits obliques et souvent accompagnés d'un N comme par exemple les marques inscrites sur les pièces mises en place en 1759 dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen, pièces mentionnées d'ailleurs dans un toisé de marchand de bois dénommé Gardien⁹². Ces marques permettaient de reconnaître la provenance de ces bois, travaillés et vendus par l'atelier d'un marchand de bois. De telles marques aux formes analogues ont aussi été identifiées dans le nord de la France et en Anjou pour la fin du XVIII^e siècle et le XIX^e siècle⁹³. En aucun cas on ne peut attribuer ces signes à des marques de flottage puisque les bois flottés étaient le plus souvent à l'état de grumes. Aucune marque de flottage n'a été identifiée sur les bois dans les charpentes médiévales normandes.

L'absence de marque

Plusieurs marquages, notamment en Normandie dans des charpentes des XII^e-XIII^e siècles, présentent en leur sein, dans une série de fermes numérotées, un « blanc » : c'est-à-dire une ferme complètement dépourvue de marque. Au regard du nombre de charpentes étudiées dans notre corpus, il s'avère que l'omission de marque est assez fréquente puisqu'elle se rencontre dans la majorité des cas : dans les charpentes des églises de Saint-Sulpice-sur-Risle et de Quatremare, du croisillon nord et du chœur de la

cathédrale de Lisieux, de la nef de la cathédrale de Rouen, du croisillon nord et sud et du chœur de la cathédrale de Bayeux et de la nef de l'église abbatiale de Fécamp.

On remarque que cette absence apparaît toujours dans une numérotation à base V et X ou bien en présence de marques graduées, jamais dans un marquage de signes particuliers. À ce titre, elle peut donc revêtir une valeur numérique au regard des autres fermes qui sont numérotées. Par ailleurs, on constate que si la ferme dépourvue de marque est une ferme secondaire, elle occupe alors toujours une position de début ou de fin d'une série dans le marquage. À Saint-Sulpice-sur-Risle, elle termine la série de 1 à 13 traits, dans le chœur de Lisieux elle précède le début de la série à la ferme 3, dans le chœur de Bayeux elle termine la longue série 4-29 et une autre omission débute la série des encoches, à Fécamp elle achève la numérotation de 1 à 16 et enfin à Rouen elle finit la série de 7 en séparant deux types de numérotation.

Si cette ferme est une ferme principale, sa position occupera soit le début d'une série, comme dans le croisillon nord de la cathédrale de Bayeux, ou bien la fin, comme dans le chœur de cette cathédrale, soit l'extrémité de la charpente comme dans le croisillon nord de la cathédrale de Lisieux ou à Quatremare.

Dans les deux cas, l'omission de marque détermine l'extrémité d'une série numérotée ou de la charpente. Elle correspondrait ainsi soit à l'achèvement d'un lot de fermes exécutées par une équipe de charpentiers comme nous l'évoquerons plus loin, soit à son commencement. Cette pratique apparaît en usage dès la seconde moitié du XII^e siècle à Saint-Sulpice-sur-Risle et pendant toute la première moitié du XIII^e siècle en Normandie.

Deux autres exemples peuvent être observés, dans la charpente de la grange de Chaloché (Maine-et-Loire, 1262-1275d) et dans celle du chœur de l'église de Gonesse (Val-d'Oise, fin du XII^e siècle ou début du XIII^e siècle)⁹⁴. Dans la première, la position de l'omission se situe au sein d'une longue série numérotée et dans la seconde, il s'agit d'un marquage libre de signes particuliers où l'absence de marque s'applique à une ferme principale au milieu de la charpente. L'auteur de ces deux études souligne que « l'absence de signes vaut marque par rapport aux autres fermes marquées » et confirme donc nos observations bien qu'il ne semble pas y avoir de lien direct entre ces deux cas et les marquages précédemment évoqués. Nous ne connaissons pas d'autres exemples pour cette période ni pour les siècles suivants.

Notons enfin les rares cas où l'absence de marque concerne l'ensemble de la charpente. Celle de la nef de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais (vers 1144d) ne présente en effet aucune marque d'assemblage ou de pièce. En dehors de la Normandie,

91. HOFFSUMMER 1995a, p. 199; HUNOT 2000, p. 81.

92. AD Seine-Maritime, G 2792.

93. HOFFSUMMER 1995a, p. 199; HUNOT 2000, p. 60.

94. BONTEMPS 1984, p. 128-167 et 1995, p. 27-85.

nous connaissons les charpentes de l'église abbatiale de la Bussière-sur-Ouche (Côte-d'Or, 1148-1149d)⁹⁵ qui sont aussi dépourvues de marque. En Roumanie, les charpentes à chevrons-formant-fermes des églises des régions de Transylvanie et de Maramures sont également dépourvues de marque. Construites encore aujourd'hui selon des modèles médiévaux, ces charpentes présentent la particularité d'être identiques à celles édifiées en Normandie au XII^e siècle avec des couples de chevrons indépendants, raidis par un seul entrain retroussé assemblé à mi-bois. D'après un maître charpentier roumain, responsable de la construction d'une de ces charpentes, le marquage des assemblages n'est pas jugé utile pour l'exécution d'une série de fermes identiques : elles sont réalisées les unes après les autres et montées successivement sans recours au marquage⁹⁶. Les charpentes de Sainte-Marie-aux-Anglais de la Bussière-sur-Ouche, de petites dimensions, répondraient à ce principe de simplicité.

Les systèmes de latéralisation

La latéralisation est un procédé de marquage qui permet de distinguer les éléments disposés à gauche ou à droite de l'axe de symétrie de la charpente. Cet axe pour les charpentes de comble est un plan longitudinal, situé verticalement, à la position du poinçon. Les signes de latéralisation permettent ainsi de faciliter l'orientation des pièces au cours de leur levage et de repérer plus rapidement, par la simple observation de ces signes, le versant auquel le bois appartient.

Jusque dans la seconde moitié du XII^e siècle en Normandie, les pièces de charpentes sont presque toutes assemblées par des mi-bois asymétriques en forme de demi-queue d'aronde ou avec un ergot. L'orientation de ces bois au cours de leur mise en place s'effectue par la simple observation de ces assemblages dont l'encastrement s'opère toujours sur la même face d'une ferme (face d'établissage). En effet, tous les mi-bois d'une ferme sont assemblés du même côté et n'importe quelle pièce se trouve automatiquement orientée par la position et la forme de ses entailles ou de ses tenons⁹⁷. Pour cette raison, il n'existe pas durant cette période de système de latéralisation dans le marquage des bois.

Avec la diffusion de l'assemblage à tenon-mortaise dans les charpentes à partir de la seconde moitié du XII^e siècle, les pièces peuvent ne plus comporter que des mortaises et des tenons axiaux. Ces assemblages symétriques ne permettent pas d'orienter la pièce dans un sens particulier et celle-ci peut donc être inversée lors de son montage par rapport à l'axe de la ferme. Seul le marquage des

assemblages permet d'éviter de telles erreurs (qui ne se rencontrent d'ailleurs jamais) soit par un positionnement distinctif des marques pour chaque côté de la structure, soit par une écriture différentielle, soit par le rajout d'un signe supplémentaire appelé contremarque pour celles inscrites sur les bois d'un des deux versants.

Le seul positionnement des marques sur les pièces peut revêtir une fonction de latéralisation. L'orientation des bois assemblés uniquement par tenon-mortaise peut effectivement être correctement exécutée selon l'emplacement des marques : soit sur une face préétablie, soit à un endroit déterminé de la pièce. Les entrains des charpentes du transept de l'église abbatiale de Boscherville (1120-1130d), les premiers entrains retroussés et les aisseliers de la charpente de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle (seconde moitié du XII^e siècle) (Saint-Sulpice, fig. 5), les entrains et tous les blochets et jambes de force des charpentes de la cathédrale de Bayeux (1225-1250d) ou les entrains, les chevrons et les arbalétriers de la charpente de l'abbatiale de Fécamp (1217-1223d) (Fécamp, fig. 10) ont pu être orientés convenablement du simple fait de la position conventionnelle de leurs marques sur la face d'établissage. L'orientation des bois est en effet plus aisée lorsque les marques sont apparentes sur cette face plutôt que sur les faces inférieure ou supérieure du bois, celles-ci se confondant avec le plan axial de la charpente.

Le premier véritable système de latéralisation recensé en Normandie se rencontre dans la cathédrale de Bayeux, dans la charpente du bras sud (1223-1226d). Toutes les marques des bois disposés à l'est du plan axial de la charpente sont inscrites sur leur face d'établissage, au nord, et toutes celles présentes sur les bois de l'autre côté de cet axe, versant ouest, sont gravées sur leur face inférieure (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 68-70). Bien que les assemblages à mi-bois des pièces de cette charpente aient permis de les orienter correctement, les charpentiers ont utilisé ce procédé de latéralisation pour faciliter davantage la manutention de ces bois. Cette différenciation faciale dans le choix de l'emplacement des marques se retrouve dans la charpente du chœur de la cathédrale d'Amiens (1284-1285) et plus tardivement aux XV^e-XVI^e siècles en Flandre et au pays de Herve dans les églises de Baelen et de Termonde⁹⁸.

Le deuxième cas recensé en Normandie s'observe dans la charpente de la nef de l'église abbatiale de Fécamp (1217-1223d) (Fécamp, fig. 14). La latéralisation des bois s'exprime ici par le rajout d'une marque sur les éléments des fermes principales disposés au sud du plan axial de la charpente. À l'exception de la ferme 45 qui est dépourvue de marque et de la ferme 20, toutes les contrefiches sud des fermes principales présentent en pied une marque sous la forme d'un ou de deux traits, qui est systématiquement reportée au droit de l'assemblage sur le poinçon.

95. LOCATELLI 1999.

96. Témoignage de Vasile Pop, maître charpentier à Desesti, Maramures, Roumanie.

97. Les tenons des mi-bois n'ont qu'un seul arasement et sont appelés tenons bâtards (LE PORT 1979, p. 82).

98. HOFFSUMMER 1995a, p. 204.

La présence de cette marque d'assemblage supplémentaire sur la face supérieure des contrefiches sud, alors que toutes les autres sont sur la face d'établissage, permet aux charpentiers de reconnaître plus facilement ces bois et d'éviter par conséquent de les confondre avec les contrefiches nord. Ces bois ne présentent effectivement que des tenons-mortaises et la confusion avec les contrefiches nord peut se produire facilement puisqu'elles sont symétriques transversalement et longitudinalement, contrairement aux pièces assemblées par des mi-bois. Nous ne connaissons pas d'exemple de comparaison de ce type précisément, avec un rajout de marques d'assemblage sur une face différente, en Normandie ou dans d'autres régions.

Deux autres systèmes de latéralisation ont été observés sur les bois du dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, fig. 10). Le premier consiste à rajouter une petite encoche carrée aux marques à base V et X des bois du versant sud. Cette encoche fait donc office de contremarque et permet de distinguer en deux lots les bois marqués et contremarqués pour mieux les orienter. Ce système de contremarque est connu dans le nord de la France et en Belgique un peu plus tard dans le XIII^e siècle comme un signe accompagnant la marque (Liège, église Saint-Paul, 1250-1330 environ) ou comme « langue de vipère », petit trait rajouté à celui d'une marque (Liège, église Sainte-Croix, 1283-1284).

Le second système de latéralisation de la charpente de Bonport s'observe sur les fermes secondaires (F79 à F98) de ses deux dernières travées ouest. Il consiste à inverser le sens de la numérotation : pour les bois du versant nord, les marques évoluent de l'est vers l'ouest de I à XVII, tandis que pour ceux du versant sud, les marques vont de I à XVII mais dans le sens inverse, de l'ouest vers l'est. Ce système très original suppose de la part des charpentiers une attention toute particulière vis-à-vis du plan de marquage des fermes. C'est le seul exemple que nous connaissions de ce type. Notons par ailleurs que les marques de cet ensemble sont pour la plupart situées au fond des mortaises, se trouvant ainsi dissimulées après l'assemblage définitif des bois⁹⁹.

Enfin, dans la charpente de l'église de Quatremare, de la première moitié du XIII^e siècle, les marques de chaque versant se distinguent par l'outil utilisé : celles du versant nord sont inscrites à la rainette et celles du versant sud, au traceret. Ce système s'observe aussi à Gand, en Belgique, dans la charpente de la salle des Malades de l'hôpital de la Biloque (1251-1255d) où la rainette est utilisée au sud et le traceret au nord¹⁰⁰. En Anjou, dans la

charpente de l'aile est du prieuré Saint-Lazare de Fontevraud (1141-1162d), la distinction entre les marques des deux versants se fait là aussi par le choix de l'outil utilisé. Les marques d'un versant sont inscrites à la rainette et celles de l'autre au ciseau¹⁰¹. Cette différenciation par l'outil se retrouve encore au XV^e siècle dans la nef de la cathédrale de Meaux avec des marques inscrites au ciseau à l'est et à la gouge à l'ouest¹⁰². Toujours dans cette charpente, les marques des lisses au nord se distinguent de celles du sud par leur dimension, celles d'un côté étant plus grandes que leurs opposées.

Apparue dès la seconde moitié du XII^e siècle, la latéralisation se diffuse donc surtout à partir du XIII^e siècle à travers de multiples procédés. Son adoption n'est pas systématique et de nombreuses charpentes du XIII^e siècle en sont dépourvues. En Normandie comme ailleurs, il n'existe pas de véritable convention pour le type de contremarque comme pour le choix du versant latéralisé. Ce n'est que très tardivement que les règles de latéralisation dans les techniques de marquages furent définitivement fixées¹⁰³, vraisemblablement avec la diffusion des traités de charpenterie de l'époque moderne. Ces règles stipulent aujourd'hui que la contremarque, en forme d'un trait muni d'une queue, est située à droite de l'axe des fermes par rapport à la face d'établissage et que les marques situées à gauche soient dotées du « franc », un trait droit¹⁰⁴.

Les systèmes de marquages des fermes

La présentation des différents types de marques rencontrés dans ce corpus et de leurs positionnements dans les fermes permet désormais d'aborder la question de leur distribution au sein du plan de la charpente. La diversité des marques employées aux XII^e-XIII^e siècles et le fait que nombre d'entre elles n'expriment pas de valeur numérale expliquent en partie la multitude de systèmes de marquage recensés à cette époque pour la Normandie. L'évolution du marquage des bois suit en parallèle celle des charpentes dont le degré de technicité ne cesse de croître tout comme la hiérarchisation de la profession avec la multiplication des chantiers. Les systèmes de marquages doivent s'adapter aussi bien aux formes nouvelles des charpentes gothiques qu'aux mutations du métier de charpentier dont la professionnalisation doit répondre aux exigences des grands chantiers.

Ainsi allons-nous constater une évolution chronologique bien nette entre les marquages « libres » et « semi-gradués » des fermes,

99. Ces marques ont pu être observées suite au démontage des aisseliers de cette charpente à l'époque moderne. Un cas de marquage à l'intérieur des mortaises a également été recensé en Belgique, dans la charpente de la grande salle des Malades de l'hôpital de la Biloque à Gand vers 1251-1255, marques qui n'ont pu être observées que lors du démontage des bois (HOFFSUMMER 1995, p. 200).

100. HOFFSUMMER 1989a, p. 99.

101. HUNOT 2000, p. 59.

102. ASSELINEAU 1995, p. 100.

103. LE PORT 1987, p. 373.

104. BRONDEL 1982, p. 372.

adaptés aux petites structures romanes, et les marquages « gradués » destinés à numéroter aussi bien les fermes de l'ouvrage le plus simple que celles des charpentes gothiques plus grandes et plus complexes.

Le marquage libre et semi-gradué

Les premiers systèmes de marquage recensés dans différentes régions françaises dont la Normandie sont presque tous analogues et remontent pour le plus ancien aux années 1018-1038d (Saint-Germain-des-Prés). Ces marquages que nous qualifierons de « libres » et de « semi-gradués », faute d'autres appellations, définissent un procédé d'identification des fermes très spécifique qui tend à disparaître vers la fin du XII^e siècle en Normandie¹⁰⁵.

Le système libre désigne un marquage totalement dépourvu de graduation. Les marques qui le composent ne possèdent aucune valeur ordinale, aucune attribution numérique. Il s'agit en général de marques en forme de signes particuliers ou de marques à bâtonnets ou à encoches isolées qui ne désignent ni l'ordre, ni le rang de la ferme par rapport à une autre. Ce marquage ne permet pas de positionner une ferme donnée au sein d'un ensemble hiérarchisé. L'emplacement spécifique des fermes ne peut donc être prédéterminé par une marque au sein de la charpente comme il serait possible de le faire avec une marque numérique dans une série de fermes marquées en continu de 1 à 25 par exemple.

Le système semi-gradué inclut la notion d'une graduation dans le marquage sous la forme de courtes séries inférieures à la dizaine, mêlées à d'autres marques non graduées. Seules quelques fermes regroupées par petits lots vont s'ordonner numériquement sans donner pour autant un sens cohérent à tout le marquage de la charpente. Ces petites séries de fermes numérotées ne sont pas organisées entre elles et leur distribution avec les autres marques au sein de la charpente demeure anarchique. Ce type de marquage se caractérise notamment par l'absence dans ces séries de marques à base V et X. Il s'agit dans la plupart des cas de séries de marques à bâtonnets et à encoches ne dépassant que rarement la dizaine. La distinction entre ces deux systèmes est parfois délicate à faire puisque la distribution de ces courtes séries est tout aussi libre que celle des marques non graduées et il ne semble pas qu'un de ces deux types de marquage soit antérieur à l'autre, voire plus archaïque ou plus évolué.

En Normandie, les marques les plus anciennes sont celles de l'église abbatiale de Boscherville (vers 1120-1130d) et l'église de Neuf-Marché (1127-1133d). Pour Neuf-Marché, seule une marque nous est parvenue, un signe particulier qui, comme nous

le verrons plus loin, permet d'avancer l'hypothèse d'un marquage libre ou semi-gradué puisqu'il ne permet pas de numéroter les fermes. À l'église abbatiale Saint-Georges de Boscherville, l'ensemble des chevrons d'origine de la nef, en réemploi dans le chevronnage actuel, présente une multitude de marques de types différents possédant pour la plupart d'entre elles une valeur ordinale (jusqu'à six maximum). Leur distribution au sein du marquage d'origine devait s'organiser en petites séries allant de 1 à 4 en moyenne, agencées de façon aléatoire les unes aux autres et avec les marques non ordinales. Ce marquage semi-gradué ou libre ne permettait pas d'ordonner entre elles toutes les fermes dans une seule numérotation, celle-ci étant fragmentée en de nombreuses petites séries de marques distinctes.

L'exemple le plus explicite du marquage libre demeure celui de la charpente de la nef de la cathédrale de Lisieux en 1183d (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 12). Le marquage des fermes au sein du plan de la charpente se traduit par une suite désordonnée de marques dont certaines ont une valeur ordinale (par exemple : trois encoches, quatre traits, deux entailles...) mais qui ne s'organisent en aucune série numérique. Leur distribution est totalement anarchique, libre, et ne reflète aucune volonté d'agencer ces fermes hiérarchiquement dans la charpente. Aucune distinction entre les fermes principales et les fermes secondaires n'est faite, pas plus qu'entre les différents types de marques entre elles (à encoches, à bâtonnets, à entailles...).

On retrouve ce type de marquage libre dans la charpente du bras sud du transept de cette cathédrale vers 1199-1208d avec un ensemble de signes particuliers, totalement dénués de valeur ordinale à l'exception de F7 et F8 (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 24). De par la nature de ces marques non ordinales, il est évident que ce marquage n'est pas gradué et que la distribution des fermes dans le plan de la charpente ne répond à aucune logique numérique. Ce système libre aurait donc permis d'intervenir les fermes entre elles dans la situation – dont nous ignorons la réalité – où aucun plan de positionnement des fermes par signes n'aurait existé.

Autres exemples aussi éloquents : ceux de la chapelle de Chanu (1183-1192d) et de la grange du Val-de-la-Haye (1216-1220d), constituées toutes deux du même registre de signes circulaires. Leur système de marquage ne consiste qu'à identifier une pièce au sein d'une ferme par un motif spécifique sans aucune volonté de graduation entre ces fermes, celles-ci étant toutes identiques.

Comme cela a été évoqué plus haut, il est difficile de distinguer le marquage libre du semi-gradué puisque ces deux systèmes se rencontrent parfois au sein d'un même ensemble, comme dans la charpente du chœur de l'église Saint-Pierre de Gonesse (Val-d'Oise, fin du XII^e-début du XIII^e siècle)¹⁰⁶. On y

105. En dehors de la Normandie, le marquage semi-gradué se rencontre encore, sporadiquement, en Belgique aux XV^e-XVI^e siècles dans les charpentes du chœur de la chapelle de Weweler (1461-1462) et de l'église de Baelen en 1547-1548 (HOFFSUMMER 1995a, p. 202).

106. BONTEMPS 1984, p. 150.

observe en effet deux très courtes séries de marques à encoches – de 1 à 3 encoches chacune – parmi une multitude de signes particuliers répartis librement dans le plan de la charpente. Le marquage des bois datés de 1195d-1200 réemployés dans la nef de la cathédrale de Rouen semble présenter les mêmes caractéristiques : séries de marques à encoches (jusqu'à 9 encoches) accompagnées de nombreux signes particuliers. Ce cas de figure se rencontre fréquemment vers la fin du XII^e siècle et le début du XIII^e siècle en France comme en Belgique¹⁰⁷.

Les marquages semi-gradués peuvent présenter différents degrés d'organisation, plus ou moins structurés selon les charpentes. Ils peuvent être composés de nombreuses petites séries numérotées dispersées parmi d'autres marques comme précédemment ou bien être constituées de séries numériques plus longues mises bout à bout. Il est difficile d'établir une typochronologie de ces marquages pour la période romane puisqu'il semble y avoir eu coexistence pendant les XI^e-XII^e siècles des marquages libres et semi-gradués, quelque soit leur degré d'organisation. En effet, on observe dès 1018-1038d, sur les bois réemployés de l'église de Saint-Germain-des-Prés à Paris des marques ordinales à traits et à encoches ayant pu appartenir à un marquage semi-gradué constitué de plusieurs séries continues, sans signes particuliers, soit deux siècles environ avant le marquage libre du bras sud de Bayeux.

On constate cependant que le marquage semi-gradué a tendance à s'affranchir des signes particuliers pour ne constituer que des suites continues comme dans la charpente de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle, de la seconde moitié du XII^e siècle (Saint-Sulpice, fig. 8). Celle-ci présente en effet une suite de trois séries de marques à bâtonnets et à coups de ciseau dont une atteint la valeur 13. Le sens de croissance de ces séries s'inverse pour l'une d'entre elles par rapport aux autres et leur numérotation ne correspond pas au plan de distribution des fermes au sein du plan de la charpente, avec notamment une distinction entre les fermes secondaires et les fermes principales. Il faut cependant noter une tendance à constituer des séries plus longues et plus complètes que celles évoquées précédemment. Cette recherche s'observe aussi sur la charpente du bras nord du transept de l'église abbatiale de Saint-Georges de Boscherville (1120-1130d), où les marques des entrants appartiennent à une série progressive allant de 1 à 11 bâtonnets. Le marquage des entrants du bras sud, en partie disparu, devait se présenter à l'identique. On retrouve cette



Fig. 82 : Encombrement des treize traits d'une marque à bâtonnets. Église de Saint-Sulpice-sur-Risle (fin du XII^e siècle).

tendance dans la charpente de l'église de Saint-Pierre de Montmartre à Paris (1164-1174d) avec cinq séries progressives mises bout à bout dont la plus longue atteint 8 traits. Chaque série est faite de marques de types différents (à bâtonnets, à coups de ciseau, à encoches et à la rainette) et leur sens de progression est parfois inversé par rapport aux autres comme à Saint-Sulpice-sur-Risle. Lorsque les charpentes sont petites et le nombre de fermes réduit, une seule série de marques ordinales suffit pour numéroter les fermes comme à Saint-Georges de Boscherville (11 fermes), à Floreffe en Belgique sur le début de la nef de l'église abbatiale avec 10 fermes (1175-1180d) ou à Soignies sur le chœur de la collégiale Saint-Vincent avec 13 fermes (1185-1200d)¹⁰⁸.

Le handicap de ce type de marquage et de marques (bâtonnets, encoches, coups de ciseau) est bien évidemment la difficulté de numéroter une série de fermes au-delà de la dizaine. La perception visuelle demeure limitée à une certaine quantité de traits juxtaposés et la confusion peut vite se faire entre deux marques de 11 et 12 traits par exemple (fig. 82). De plus, le report au droit de plusieurs assemblages de la ferme d'une marque de plus de dix coups de ciseau, d'encoches ou de traits juxtaposés est assez laborieux. C'est vraisemblablement pour ces raisons que les séries de marques ordinales dépassent très rarement la dizaine et que le marquage des longues charpentes comprend plusieurs séries, plus ou moins courtes, faites avec des outils d'inscription différents de façon à distinguer ces séries entre elles comme à Saint-Sulpice-sur-Risle ou à Saint-Pierre de Montmartre.

107. Croupe du chœur de l'église Saint-Symphorien à Tours, 1170-1180; chapelles du Palais épiscopal (1178-1188) et des Fonts de la cathédrale de Laon, 1208-1218 (HOFFSUMMER 1995a, p. 220-221); croisillon sud de la cathédrale de Tournai en Belgique, vers 1171 (GÉNICOT 1977, 145); croisillon nord de l'abbatiale de Floreffe en Belgique, 1170-1180 (GÉNICOT 1974, p. 34; HOFFSUMMER 1989b, p. 108); nef de l'église Saint-Mort à Huy en Belgique, 1230-1235 (HOFFSUMMER 1995a, p. 221).

108. HOFFSUMMER 1995a, p. 224-225.

Les marquages semi-gradués, composés de plusieurs séries de marques ordinales (bâtonnets, encoches, coups de ciseau) témoignent d'une volonté manifeste des charpentiers de numériser les fermes et de les organiser en séries continues bien qu'elles soient limitées parfois à quatre ou cinq fermes seulement. L'incapacité de dépasser numériquement la dizaine au sein d'une série de fermes a maintenu jusqu'à la fin du XII^e siècle ce type de marquage dans un système « archaïque » de numérotation des charpentes, avec des suites ordinales désordonnées, inversées et mélangées parfois avec des signes particuliers. Une autre raison permet d'expliquer la nature de ce type de marquage où aucune ferme ne tient véritablement de place déterminée au sein du plan de la charpente. Cette raison semble être directement liée à la structure même des charpentes romanes, du moins jusque vers le milieu du XII^e siècle en Normandie. Comme nous l'évoquerons plus loin, les charpentes du XI^e siècle et de la première moitié du XII^e siècle ont la particularité d'être toutes constituées de fermes identiques, indépendantes, avec pour chacune d'entre elles un entrain à la base. Ces charpentes présentent donc une série homogène de fermes analogues d'un bout à l'autre de l'édifice. L'ordre de levage de ces fermes au cours de la mise en place de la charpente importe peu puisqu'il est possible de les intervertir librement sans que la structure globale de la charpente ait à en pâtir. La distribution des fermes n'étant pas régie par un ordonnancement précis, il n'était pas nécessaire d'organiser leur marquage suivant une numérotation structurée. Le marquage libre et semi-gradué des fermes, réalisé avec des signes particuliers ou des séries dispersées, semble être une réponse adaptée à cette forme de structure. Les marques étaient spécifiquement destinées à identifier les éléments d'une ferme uniquement, et non pas à organiser ces fermes au sein d'une numérotation cohérente. Cela permet peut-être d'expliquer pourquoi ces marquages libres et semi-gradués contiennent parfois, au sein d'une charpente, plusieurs fermes portant la même marque comme sur la nef de Saint-Georges de Boscherville.

Le marquage gradué

Dans la seconde moitié du XII^e siècle, on constate dans les marquages semi-gradués une tendance à limiter le nombre des séries ordinales et à prolonger leur longueur au-delà de la dizaine jusqu'à la limite de la lisibilité : 13 bâtonnets (fig. 82) à Saint-Sulpice-sur-Risle (fin du XII^e siècle), 8 à Saint-Pierre de Montmartre (1164-1174d), 10 à Floreffe (1175-1180), 13 à Soignies (1185-1200). Par ailleurs, la multiplication des grands chantiers de construction dans le courant du XII^e siècle et la nécessité d'adapter les marquages aux nouvelles formes des charpentes gothiques ont très probablement abouti, vers la fin du XII^e siècle en Normandie, à cette innovation majeure dans les techniques de marquage qui consiste à symboliser la valeur 5 par V et la valeur 10 par X. L'application de ces chiffres romains dans l'écriture des marques permet désormais de prolonger les

séries au-delà de la dizaine, de façon presque illimitée. Des procédés d'écriture se sont vite mis en place pour faciliter leur lecture et éviter tout risque de confusion entre les marques. De même, les abréviations des nombres supérieurs à la dizaine sont apparues presque aussitôt, dès le début du XIII^e siècle, pour simplifier le graphisme et faciliter le travail d'inscription.

Les premiers marquages utilisant la base V et X s'observent dans la seconde moitié du XII^e siècle dans la charpente du logis de la maladrerie de Gravigny avec une série de I à VIII, dans celle du croisillon nord de l'église de Norrey-en-Auge avec également une série de I à VIII (Norrey, fig. 3), dans le chœur de la chapelle de Fontaine-le-Pin avec une série de I à X, et dans celle du croisillon sud de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d), sous la forme d'une unique série progressive de 2 à 20. La distribution de ces dernières dans le plan de la charpente n'est pas tout à fait régulière puisque la marque 2 se trouve comprise entre 8 et 9, et que la numérotation saute systématiquement les fermes principales, celles-ci étant marquées avec les nombres de fin de la série. Il est intéressant de relever cette répartition numérique entre les fermes secondaires qui sont numérotées sans discontinuité et les fermes principales à qui les charpentiers ont attribué les derniers numéros. Cette distribution se retrouve en effet dans la charpente du bras nord de cette cathédrale (1250d) qui présente deux séries inversées de marques à base V et X selon les mêmes dispositions : les fermes secondaires sont marquées en continu en sautant les fermes principales et celles-ci sont numérotées avec les dernières valeurs de la série (Bayeux, cathédrale Notre Dame, fig.85-86).

L'emploi du marquage gradué avec les bases V et X semble s'être très vite répandu et de manière quasi exclusive puisque les marquages libres et semi-gradués disparaissent en Normandie à la même époque, la dernière charpente à en utiliser étant celle du croisillon sud de transept de la cathédrale de Lisieux (1199-1208d). Quelques rares charpentes du début du XIII^e siècle emploient encore le marquage libre ou semi-gradué en courtes séries simultanément avec le marquage gradué, comme celle du chœur de la cathédrale de Lisieux avec une courte série de trois marques à encoches (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 31) ou celle de la nef de la cathédrale de Rouen qui emploie les marques à bases V et X au sein d'un marquage libre pour une série d'une vingtaine de fermes. Mais la quasi-totalité des charpentes à partir du deuxième quart du XIII^e siècle en Normandie utilisent un marquage gradué avec l'emploi de marques à bases V et X.

La graduation de ces marquages peut être de différents types et revêtir plusieurs degrés de complexité. Les plus simples consistent en une numérotation continue progressive d'un bout à l'autre de la charpente sans distinction des fermes principales et secondaires. On l'observe dans la charpente du comble de la maison n° 18, rue Saint-Romain à Rouen (1201-1216d), sous la forme d'une unique série continue de XV à XXV¹⁰⁹. De même à Bayeux, sur le chœur

de la cathédrale (1227/1228d), les fermes principales et secondaires sont toutes numérotées sans distinction ni discontinuité dans une même série progressive de 4 à 29 (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 53) comme sur le dortoir de l'abbaye de Fontaine-Guérard et à Bonport au début du XIII^e siècle entre les fermes 35 et 79 dans trois séries continues. Cette numérotation commune aux deux types de fermes se rencontre aussi dans les charpentes du chœur de la cathédrale de Meaux (vers 1227d)¹¹⁰, de la nef de la cathédrale d'Amiens (1298-1300d)¹¹¹ ou de la grange de l'abbaye de Chaloché (Val-d'Oise, 1262-1275d)¹¹².

La distinction dans la numérotation de ces deux types de fermes se rencontre dès le début du XIII^e siècle avec le cas du croisillon sud de Bayeux (1223-1226d), évoqué ci-dessus. Dans cet exemple, les fermes principales sont numérotées avec des marques à bases V et X dont la valeur correspond à la fin de la série. À Fécamp, sur la nef de l'église abbatiale (1217-1223d), les fermes principales sont marquées différemment des fermes secondaires dont la numérotation suit une série continue de 1 à 16 (Fécamp, fig. 14). Les marques de ces fermes principales demeurent à base V et X mais n'appartiennent pas à la même numérotation. Ces dernières retiennent par ailleurs notre attention puisqu'elles se répartissent en deux lots : le premier (F5-F55-F25) où les marques sont écrites sur la base V et le second (F35-F20-F30) où les marques sont à base X.

Les fermes principales peuvent aussi suivre une numérotation graduée continue à la différence des fermes secondaires, comme dans la charpente du manoir de Boos (Seine-Maritime, milieu du XIII^e siècle), où les fermes principales sont numérotées de 1 à 6 et les fermes secondaires de 1 à 26 sans discontinuité : I II III IV I V VI VII VIII II VIII X XI XII III XIII... De même, les fermes principales de la maison de l'impasse Prud'homme à Bayeux (1226d) suivent une graduation distincte des fermes secondaires. En dehors de la Normandie, on rencontre ce type de marquage différencié entre ces deux types de fermes dans la charpente de la grange de Maubuisson (Val-d'Oise, 1234-1264d) où la numérotation des fermes principales correspond à une suite numérique de 1 à 9¹¹³.

Le dernier type de distinction que nous connaissons entre le marquage des fermes secondaires et principales consiste à marquer les fermes principales avec des signes particuliers, sans valeur ordinale, tandis que les fermes secondaires suivent en continu une suite numérique progressive à base V et X. C'est le cas d'une partie de la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d), de celle du croisillon nord et du chœur

de la cathédrale de Lisieux (entre 1192 et 1206d) et de celle du chœur de l'église de Quatremare (première moitié du XIII^e siècle) avec notamment une omission de marque pour l'une des fermes principales.

À partir du début du XIII^e siècle en Normandie, les charpentiers vont utiliser très majoritairement le marquage gradué avec les marques à bases V et X, avec ou sans distinction des fermes principales, au détriment des marquages libres ou semi-gradués employés jusqu'alors dans les charpentes. Il ne semble pas y avoir eu de convention dans le marquage gradué des fermes, celui-ci pouvant être avec ou sans distinction des fermes principales et secondaires, et quelle que soit la structure de la charpente. Le succès de ce mode de marquage dès le début du XIII^e siècle s'explique de plusieurs façons. Le marquage gradué permet en effet de constituer de longues séries numérotées au sein desquelles chaque ferme tient une position précise grâce à un numéro. L'emplacement de chaque ferme principale et secondaire, c'est-à-dire le plan complet du montage de la charpente peut ainsi être prédéfini plus concrètement, simplement à travers le marquage des bois. La définition du projet de montage de la charpente et donc l'organisation des différentes opérations, entre la conception et la mise en place de toutes les fermes s'en trouvent considérablement facilitées. Pour la réalisation d'une grande charpente gothique de plusieurs travées, longue d'une soixantaine de fermes par exemple, il est beaucoup plus aisé de planifier les opérations de taille et de levage des fermes principales et secondaires si celles-ci sont numérotées dans une série qui définit leur position individuelle plutôt que dans un marquage libre où elles peuvent s'intervenir. La structure des nouvelles charpentes gothiques apparues dans la seconde moitié du XII^e siècle, subdivisées en travées régulières et dotées à partir du milieu du XIII^e siècle d'éléments de contreventement, ne pouvait que difficilement se satisfaire des marquages libres et semi-gradués pour leur montage. Le système de numérotation graduelle présente l'avantage d'être adapté à la trame des nouvelles charpentes gothiques et, grâce aux bases V et X, de convenir aussi bien à des structures de petites dimensions qu'à des charpentes de cathédrale. D'autre part, lorsque le marquage est gradué en continu, il permet d'estimer très rapidement l'avancée des travaux et surtout de se repérer automatiquement dans le plan de la charpente sans avoir recours à un plan de marquage.

Après le milieu du XIII^e siècle en Normandie, ce marquage graduel fut le seul utilisé dans les charpentes et ce jusqu'à aujourd'hui. Il se retrouve sur la maîtrise Saint-Évode de l'archevêché de Rouen en 1272d, au XIV^e siècle dans les charpentes du logis du prieuré de Saulseuse dans l'Eure, de la chapelle de la Vierge de la cathédrale de Rouen (1315-1316d) et au XVI^e siècle sur l'église abbatiale de Saint-Ouen à Rouen et de la cathédrale de Coutances. Les techniques de latéralisation ne se perfectionnèrent que très lentement puisque nombre de charpentes des XIV^e-

109. LESCROART et PITTE 1991, p. 69.

110. ASSELINEAU 1995, p. 87.

111. HOFFSUMMER 1995b, p. 230.

112. BONTEMPS 1995, p. 43-46.

113. DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 122.

XVI^e siècle en sont encore dépourvues (nef de la cathédrale de Coutances, église de Pierre Ronde à Beaufemesnil, porterie de Selles dans l'Eure...) tandis que d'autres systèmes sont mis en application comme dans les charpentes du XV^e siècle de la cathédrale de Coutances avec un marquage à numérotation distincte pour chaque versant sur le chœur et le transept. Le système de la contre-marque aura tendance à s'imposer vers la fin du Moyen Âge pour aboutir dès le XVI^e siècle et pendant l'époque moderne à des marquages très complexes voire incompréhensibles dans certains cas comme dans la partie occidentale de la nef de Lisieux en 1556-1559.

Pour conclure, il convient d'évoquer quelques cas isolés de marquage très particuliers, recensés en dehors de la Normandie. En Belgique sur l'église de Mousty vers 1200-1210 et en Angleterre dans la charpente de la tour-lanterne de la cathédrale d'Ely, les charpentiers ont en effet utilisé des lettres en série pour le marquage des bois¹¹⁴ ou encore des chiffres arabes au XVI^e siècle en Hollande (à Haarlem dans l'église Sint-Bavokerk en 1519-1520) et en Allemagne (à Schlitz dans la Hesse en 1529)¹¹⁵.

L'interprétation du marquage pour la compréhension de l'organisation du travail

Dans les charpentes à marquage gradué et semi-gradué, l'ensemble des fermes se subdivise dans certains cas en plusieurs séries numérotées plus ou moins longues et dont le sens de progression est parfois inversé. Dans le cas où ces charpentes n'auraient pas connu plusieurs campagnes de construction qui expliqueraient ces différentes séries de marques, les subdivisions dans la numérotation des fermes peuvent apporter de précieuses informations sur l'organisation du travail dans le cadre des chantiers de charpenterie. Par ailleurs, en relevant systématiquement le positionnement des marques dans les fermes tout en tenant compte de leur sens de lecture et du type d'outil d'inscription, plusieurs lots de fermes au marquage distinct au sein même de ces séries ont pu être mis en évidence.

Dans certains cas, les différentes séries ou systèmes de numérotation (marquage libre ou gradué) coïncident avec une répartition spécifique des marques dans les fermes et un sens de lecture particulier. C'est le cas de la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d), déjà évoquée plus haut, qui se subdivise en trois ensembles de fermes pourtant identiques et mises en place en une seule campagne (Rouen, cathédrale Notre-Dame, fig. 34). Le premier lot de fermes utilise une numérotation libre des fermes avec des marques positionnées sur une seule extrémité et en face

inférieure des bois, avec un sens de lecture spécifique (XΛI). Le second lot utilise un marquage gradué composé de deux séries progressives de marques disposées sur les bois toujours à une seule extrémité mais sur leur face supérieure, avec un sens de lecture inversé par rapport au précédent (IVX). Enfin, le troisième ensemble de fermes utilise une seule série progressive avec des marques placées cette fois-ci aux deux extrémités des bois avec un sens normal de lecture (XVI).

Dans la charpente du chœur de la cathédrale de Lisieux, on relève également deux séries numérotées dont la première correspond d'une part à une répartition des marques spécifiques sur les bois des fermes et d'autre part à un sens de lecture distinct de celui de l'autre série (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 31). À Bayeux, dans la charpente du croisillon nord de la cathédrale (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 85-86), les deux séries numérotées correspondent là encore à une distinction dans le positionnement des marques (marquage exclusif du pied des écharpes dans le premier, et des deux extrémités du premier faux-entrait pour le second) avec l'emploi d'un outil d'inscription différent.

Dans ces trois exemples, les séries numérotées correspondent à des modes de marquages distincts mais, dans certaines charpentes, des différences de positionnement de marques sur les faces des bois s'observent au sein même d'une série. Dans la charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux (Bayeux, cathédrale Notre-Dame fig. 57-58), la longue série de 4 à 32 se subdivise en deux lots distincts de fermes secondaires 2-17 et 18-27 avec un troisième lot pour les marques à encoches, positionnées différemment. Dans celle de la nef de l'église abbatiale de Fécamp, les cinq premières fermes de la série 1-16 ont leurs marques positionnées sur des faces bien distinctes de celles des fermes suivantes. Relevons aussi la série des fermes principales qui se répartissent en deux lots distincts : celui (F5-F55-F25) où les marques sont à base V et l'autre (F35-F20-F30) où les marques sont à base X. Enfin, dans la charpente du croisillon sud de la cathédrale de Lisieux (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 24) où le marquage des fermes est libre, sans numérotation ordinale, on peut aussi constater une subdivision du marquage en deux lots par la répartition des marques sur les bois et par l'outil de taille utilisé. En effet, les fermes 7 à 10, soit la première travée sud, ont leurs marques positionnées différemment de celles des autres fermes et sont les seules à être inscrites par des entailles au ciseau. À la même époque, en dehors de la Normandie, la charpente du chevet de la cathédrale d'Amiens (1284-1285d) présente trois systèmes différents de numérotation que P. Hoffsummer interprète comme « la conséquence d'une subdivision du travail à l'intérieur d'une même phase »¹¹⁶.

114. HEWETT 1985, p. 122; HOFFSUMMER 1995a, p. 201.

115. JANS 1989, p. 54 et GROSSMANN 1986, p. 31.

116. HOFFSUMMER 1995, p. 203.

Deux hypothèses peuvent être avancées selon les cas de figure pour expliquer les subdivisions au sein d'un marquage. Lorsque la charpente présente plusieurs séries numérotées, parfois inversées, avec ou sans marquage distinct pour chaque série de fermes, il est possible qu'il s'agisse d'un travail effectué par la même équipe de charpentiers sur différents arrivages de bois, chaque série se rapportant à un lot distinct. On peut en effet concevoir que la numérotation des fermes et que le plan de levage soient définis en fonction de la quantité de matériaux présents sur le chantier. À chaque nouvel arrivage de bois, parfois séparé du précédent par plusieurs mois pour de grands chantiers, les charpentiers établissent une numérotation spécifique et un nouveau plan de levage pour l'organisation des opérations de montage et du travail des équipes. Pour la construction de charpentes aussi importantes que celles d'une cathédrale, la réception des fournitures pouvait s'étaler sur plusieurs mois, voire quelques années comme ce fut le cas pour la charpente du château de Gaillon dans l'Eure en 1459-1463¹¹⁷. Les arrivages de grumes dépendent en effet de l'éloignement de leur lieu de coupe, du recrutement des bûcherons et des conditions de transport. Il est difficile de concevoir pour une charpente comme celle de la nef de la cathédrale de Rouen, qui compte 547 grumes, un seul et unique arrivage. La réception des grumes s'est forcément réalisée en plusieurs fois, déterminant pour chaque lot une redéfinition du plan de marquage des bois avec peut-être parfois un nouveau mode de marquage des fermes.

La seconde hypothèse suppose que le travail de conception et de levage d'une longue série de fermes a pu être réparti entre plusieurs équipes de charpentiers avec pour chacune d'elles un marquage spécifique soit pour ne pas confondre leurs réalisations, soit en raison des habitudes de marquage propres à chaque maître charpentier. Un grand chantier de charpenterie peut comprendre en effet plusieurs équipes pour exécuter l'ensemble du travail, chacune étant responsable d'un lot spécifique de fermes comme pour la nef de la cathédrale de Rouen. Dans cet exemple, l'équipe ayant utilisé le marquage libre était chargée de travailler uniquement avec les bois réemployés de la charpente romane. Les réemplois ne suffisant pas, les bois verts destinés à achever cette charpente ont été travaillés par deux autres équipes aux marquages bien spécifiques.

Enfin, quand les fermes principales ont un marquage distinct de celui des fermes secondaires, que ce soit par une numérotation différente ou par l'emploi d'un autre type de marque, il est possible d'envisager que celles-ci ont été exécutées par une équipe particulière de charpentiers. Ces fermes principales ne sont pas constituées comme les fermes secondaires et leur réalisation a pu faire appel à une équipe spécifique, travaillant sur une épure et à

la confection de pièces et d'assemblages propres à ces fermes. L'emploi d'un marquage distinct s'expliquerait par un rythme d'exécution plus lent (le nombre de pièces constituantes étant généralement plus élevé), une équipe de compétence supérieure (les assemblages et les dispositifs sont plus complexes : assemblages de triangulation, des éléments de contreventement et des poutres de rive, moulures éventuelles des poinçons et des entrails...) et donc de composition différente, et peut-être par un ordre de levage distinct. En effet, lorsque les fermes principales sont assemblées à des pièces longitudinales de contreventement, celles-ci sont montées prioritairement, avant les fermes secondaires. Dès lors, le marquage des fermes principales n'a plus de raison d'être intégré à celui des fermes secondaires puisque leur levage se fait séparément.

Le levage de la charpente

La mise en place d'une charpente peut s'effectuer soit lorsque l'ensemble des fermes ont été exécutées au sol soit au fur et à mesure de leur réalisation. Des pièces particulièrement complexes comme celles d'une croupe ou d'une noue pouvaient être taillées, au XIII^e siècle, après la pose des fermes, leur mesure étant obtenue par perchage, en prenant les dimensions sur place à partir des fermes déjà levées. Le levage de l'ensemble des fermes se réalise suivant un ordre déterminé par la structure même de la charpente et suivant les lots de fermes réalisées par séries et par équipe.

L'ordre et le sens de levage des fermes

Pour une charpente à chevrons-formant-fermes dépourvue d'étré-sillonnement longitudinal, les fermes sont levées les unes après les autres, les fermes déjà levées servant d'appui aux charpentiers pour monter les suivantes. Si la charpente est de grande dimension comme celles des cathédrales de Lisieux ou de Bayeux, chaque ferme est levée partiellement assemblée, les chevrons étant tenonnés à l'entrait retroussé et aux jambes de force, les raidisseurs secondaires comme les écharpes restant à assembler dans un second temps. Pour ces éléments secondaires, assemblés généralement par mi-bois, l'assemblage et le chevillage s'effectuent forcément par leur face d'établissement, lorsque les charpentiers sont disposés devant l'entaille à mi-bois, face aux marques d'assemblage. Le chevillage s'effectue donc face aux charpentiers en enfonçant la cheville au-devant d'eux, tout en prenant appui sur les fermes déjà montées, derrière eux. Il semble difficile en effet d'envisager le chevillage d'un assemblage par le côté opposé à sa face d'établissement, dans le vide, surtout avec des chevilles longues

117. LARDIN 1995, p. 124-125.

parfois de plus de 30 cm. Ainsi, dans certains cas comme celui-ci, le sens de levage des fermes se définit par l'orientation de la face d'établissage des fermes et le sens d'enfoncement des chevilles. La numérotation des marques d'assemblage qui parfois est inversée par rapport au sens d'enfoncement des chevilles ne peut donc ici servir à déterminer le sens de levage de la charpente.

La numérotation graduée des fermes du croisillon nord (1192-1202d) et du chœur (1200-1206d) de la cathédrale de Lisieux est en effet inversée par rapport au chevillage et donc à l'orientation de la face d'établissage de ces fermes. Dans le bras nord, les fermes sont numérotées graduellement dans le sens croissant de I à XXI du nord vers le sud tandis que l'enfoncement des chevilles d'origine de tous leurs assemblages s'est effectué dans le sens sud-nord avec une face d'établissage orientée au sud. De même dans le chœur où la numérotation des fermes va croissante de l'ouest vers l'est alors que le chevillage est orienté dans le sens inverse avec une face d'établissage des fermes à l'est. Dans la charpente du bras nord (vers 1250d) de la cathédrale de Bayeux, les fermes présentent deux séries inversées l'une par rapport à l'autre tandis que le chevillage est homogène d'un bout à l'autre de la charpente, toujours dans le même sens sud-nord, sans aucune inversion en rapport avec la numérotation. De même, la charpente du chœur de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle possède trois séries graduées dont l'une est inversée par rapport aux deux autres et le chevillage reste toujours orienté dans le même sens. Incontestablement, le sens de levage des fermes de ces charpentes n'a pas respecté la gradation de leur marquage. Celui-ci n'a donc pas servi pour orienter le levage des fermes. D'autres charpentes présentent toutefois un marquage des fermes dont la numérotation s'accorde dans le même sens que celui de leur chevillage comme celles du bras sud (1223-1226d) et du chœur (1227/1228d) de la cathédrale de Bayeux.

La numérotation graduée des fermes n'est pas destinée à dicter nécessairement le sens du montage de la charpente. La gradation doit permettre de faciliter l'exécution des fermes par équipes et de repérer leur position suivant un plan de marquage mais les charpentiers ne sont pas censés respecter obligatoirement le sens croissant de la numérotation pour leur levage. La numérotation des marquages peut servir à assurer la gradation de l'ordre de levage des fermes, non le sens de progression de leur mise en place. Le respect de cette numérotation est donc loin d'être strict. La lecture de ces marquages révèle en effet parfois de petites anomalies, la permutation d'une marque, le saut d'une autre ou une petite inversion dans le cours de la numérotation, comme dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (les marques XIII et XIII se trouvant en début de série), celle du bras sud de la cathédrale de Bayeux (la marque de valeur 2 comprise entre 8 et 9, et 18 après 15), celle du bras nord de la cathédrale de Lisieux (oubli de la marque 11) ou celles de la maison de l'impasse Prud'homme à Bayeux.

Si le marquage des bois est avant tout destiné à reconnaître l'appartenance d'une pièce à une ferme, la numérotation globale d'un ensemble de fermes, pour les charpentes romanes, reste relativement détachée des opérations de mise en place de la charpente. Les différentes séries, inversées ou non, au sein d'un marquage ou les marquages libres dépourvus de valeur ordinale ne trouvent pas de réelles justifications dans les opérations de levage des fermes. Ils traduisent parfois une organisation spécifique des équipes de charpentiers au cours de la taille des bois, non pour leur levage. La simplicité des structures des charpentes romanes, caractérisées par une succession de fermes identiques à entrain, autorise ce marquage et un levage libres. L'exemple des charpentes roumaines à chevrons-formant-fermes, construites encore aujourd'hui sans marque, nous le prouve. Rajoutons aussi que dans ces églises roumaines de conception romane seuls les clochers portent des marques d'assemblages. Celles-ci étaient encore exclusivement marquées de signes particuliers jusque vers 1750-1780 en raison de la simplicité de leur structure et de leur levage¹¹⁸.

L'apparition des charpentes tramées au XII^e siècle, avec des fermes principales à entrain et des fermes secondaires sans entrain, va modifier le mode de levage des charpentes. La présence d'entrains servant de base pour le plancher de travail et de support pour les engins de levage peut motiver le levage prioritaire des entrains. Toutefois, l'absence de contreventement dans la plupart des charpentes du XII^e et du début du XIII^e siècle ne permet pas de lever préalablement ces fermes principales si elles ne sont pas maintenues par le lattis de couverture et donc par les fermes secondaires qui leur sont contiguës. Le marquage distinctif des fermes principales et secondaires des charpentes de ce type – croisillon nord (1192-1202d) et chœur (1200-1206d) de la cathédrale de Lisieux – reste attaché à l'exécution de ces fermes et non à des procédés de levage.

Dans la première moitié du XIII^e siècle, les charpentes se dotent de liernes longitudinales destinées à reprendre les charges des fermes secondaires. Le marquage distinctif des fermes principales et secondaires trouve alors sa justification par le levage prioritaire des fermes principales comme dans la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d) ou de l'église abbatiale de Fécamp (1217-1223d). Dans l'exemple de Rouen, le marquage des fermes principales correspond précisément à celui des éléments du contreventement (Rouen, cathédrale Notre-Dame, fig. 34 et 38) puisqu'ils utilisent tous deux des signes particuliers. Ils témoignent d'une exécution et d'un levage commun. Pour les charpentes à fermes et pannes comme celles de Fécamp et de Heurteauville (1237/1243d), les chevrons sont nécessairement

118. Témoignage de Vasile Pop, maître charpentier à Desesti, Maramures, Roumanie.



Fig. 83 : Entailles de fixation d'un cabestan sur le poinçon d'une ferme principale. Cathédrale de Rouen (1227-1232d).

posés après les fermes principales puisque celles-ci supportent les pannes qui servent d'appui au chevronnage. À Fécamp, au droit des fermes principales, les pannes sont bloquées entre l'arbalétrier et le chevron par une échantignole assemblée aux deux bouts. Les cours de pannes sont donc posés en même temps que les fermes principales et le chevronnage des travées est donc levé après elles. Par ailleurs, les pièces maîtresses des fermes principales peuvent servir de support à des engins qui suivent l'avancement du levage de la charpente. Un poinçon de la nef de la cathédrale de Rouen conserve les entailles d'ancrage d'un cabestan utilisé lors du levage des fermes vers 1230d (fig. 83), leur déformation par des fentes de séchage du bois en témoigne. L'entrait de ces fermes principales constitue évidemment l'appui indispensable pour les engins comme en témoignent les nombreux assemblages et traces d'usures témoignant de leur fixation et de leur fonctionnement. Des planchers de travail étaient parfois posés sur ces entrants et même fixés par des chevilles comme ce fut le cas sur ceux de la



Fig. 84 : Échelons d'une échelle de perroquet sur un poinçon. Cathédrale de Rouen (1227-1232d).

charpente du bras sud de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d). Dans certains édifices voûtés, les entrants des fermes principales sont parfois légèrement décalés de l'extrados des voûtes comme sur le chœur, les deux bras du transept de la cathédrale de Bayeux, la nef de l'abbatiale de Fécamp ou dans le chœur de la cathédrale d'Amiens vers 1284-1285¹¹⁹. Il est fort probable que ce décalage témoigne soit de la présence d'un engin sur ces entrants destiné au levage et à la mise en place des claveaux de la voûte sous-jacente, soit de la nécessité de libérer un espace pour la construction de ces arcs.

Il apparaît comme une évidence qu'à partir du XIII^e siècle, dans la plupart des charpentes tramées et contreventées, les fermes principales ont été levées en priorité de façon à pouvoir les assembler aux éléments longitudinaux avant la pose des fermes secondaires, elles-mêmes destinées parfois à reposer sur ces pièces

119. HOFFSUMMER et LAMBERT 2002, p. 132.

longitudinales. Dans de nombreuses charpentes, il a été observé de grands trous de cheville traversant de part en part et à intervalles réguliers (entre 40 et 60 cm) les poinçons ou les arbalétriers des fermes principales. Dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen, ces chevilles sont toujours présentes dans certains poteaux et poinçons de fermes principales (fig. 84). Elles mesurent environ 40 cm de longueur pour une section de 3 à 4 cm de diamètre et sont présentes jusqu'en haut des pièces. Elles étaient destinées aux charpentiers pour accéder aux parties hautes de la charpente lors des opérations de levage de la charpente. Lorsqu'un assemblage ou une pièce permettait de prendre appui à un endroit précis de ces pièces maîtresses, les échelons étaient bien sûr absents et reportés plus haut. Ils s'observent aussi dans les poteaux des charpentes du transept de l'église abbatiale de Saint-Georges de Boscherville et dans certains arbalétriers de fermes principales du chœur de la cathédrale de Coutances. Sur certains bois de forte section et d'une longueur relativement importante, il est fréquent de remarquer des petites encoches sur les arêtes, vers le milieu de la pièce comme celles observées sur les poinçons de la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (fig. 85). Ces encoches servaient à garantir la fixation du nœud des cordes sur les pièces de bois au moment de leur levage.

Le sens de levage des fermes peut dans certains édifices être dicté par la présence d'un massif de maçonnerie qui servait au support des engins de levage et permettait le montage des premières fermes. À Bayeux, on constate que les charpentes du chœur et des bras nord et sud du transept de la cathédrale ont été levées à partir de la tour-lanterne. Celle-ci a donc servi à disposer les engins pour les premières opérations de levage. Il était évidemment plus pratique de poser des machines sur un étage de cette tour que sur un mur-pignon ou à l'extrémité orientale du chœur, dépourvu de large massif de maçonnerie. Les charpentes des deux bras du transept ont également été levées à partir de la tour-lanterne mais celle du chœur a été mise en place en partant de l'abside, desservie par les deux « jumelles », les deux escaliers latéraux. Il semble que des impératifs de chantiers, la présence d'échafaudages à tel endroit ou des travaux en cours à tel autre ont pu obliger les charpentiers à commencer par une extrémité plutôt qu'une autre. Dans la nef de la cathédrale de Lisieux, on observe à 2,30 m de la tour-lanterne une ferme qui présente des bois de plus forte section avec des négatifs d'assemblages de pan-de-bois destinés à fermer le comble (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 10). Cette cloison permet de supposer que la tour-lanterne gothique était alors en cours de construction avec des échafaudages sur son pourtour. Il semble en effet difficile de concevoir l'existence de cette cloison si la tour-lanterne romane était encore en place, la charpente de la nef serait venue s'y accoler. Les fermes disposées entre cette cloison et la tour auraient été exécutées au cours du chantier de la nef et déposées dans l'attente de l'achèvement de la tour-lanterne.



Fig. 85 : Entailles de fixation de cordage sur un poinçon.
Cathédrale de Rouen (1227-1232d).

La mise en place de la charpente sur un édifice précède le plus souvent la construction des voûtes¹²⁰. L'absence de ces voûtes permet de monter les bois nécessaires à la construction de la charpente au fur et mesure de l'avancement de sa mise en place, les engins se déplaçant avec le chantier. Lorsque les voûtes sont déjà présentes, dans le cas d'une reconstruction sur un édifice plus ancien, les bois sont alors transportés d'un seul point de levage à un autre, et amenés sur l'ensemble du chantier ce qui présente de très nombreux inconvénients de manutention. Pour la reconstruction complète de la charpente de la nef de la cathédrale de Bayeux aux XVI^e et XVII^e siècles, les charpentiers ont dû percer les voûtes au milieu de la nef pour faire monter les bois et ensuite les faire parvenir aux charpentiers. La présence des tours-lanternes sur les églises normandes a souvent servi au levage des matériaux en cas de travaux comme sur la cathédrale de Rouen lors de la reconstruction des grandes charpentes en 1822.

120. PRACHE 1995, p. 30.



Fig. 86 : La Construction de la Cité des dames, Christine de Pisan, La Cité des Dames, vers 1405, Paris, BnF, ms. fr. 1178, fol. 64v.



Fig. 87 : La construction de Troie, Recueil des histoires de Troie par Raoul Lefèvre, fin XV^e siècle, Berlin, Kupferstichkabinett, 4645.

Les engins de levage

Pour une charpente de comble, les poutres étaient vraisemblablement levées une à une et mises en place successivement (fig. 86 et 87). On peut toutefois concevoir le levage d'une ferme entière sachant qu'une roue à homme ou « écureuil » de 2,50 m de diamètre pouvait soulever un poids de 550 à 600 kg¹²¹ ce qui équivaut approximativement à un entrait principal de 7 m de long et de 30 x 30 cm de section ou bien à une petite ferme secondaire du type de Chanu (fig. 88). La puissance de ces engins était donc adaptée au poids des bois et aux dimensions de la charpente. De plus, le coût de tels engins ne pouvait être amorti que sur de grands chantiers et on ne saurait concevoir la présence d'une roue à homme sur de petits chantiers comme Chanu. Selon la puissance de ces engins, les fermes pouvaient être levées pré-assemblées avec le couple de chevrons déjà assemblés à un entrait retroussé par tenon-

mortaise, les écharpes ou un second faux-entrait étant fixé(s) après coup par mi-bois. L'emploi des mi-bois était souvent destiné à un assemblage ultérieur des pièces, tandis que le tenon-mortaise permettait un levage inamovible de plusieurs éléments pré-assemblés. La permanence des mi-bois dans les charpentes du milieu du XIII^e siècle est liée en partie à ces problèmes de levage et de mises en place successives des bois.

Au début du montage d'une charpente, les engins sont fixés sur les murs, avec parfois des renvois de cordages à un mât articulé qui peut être déplacé le long des goutteraux (fig. 89). Dès les premiers entrails posés, les engins peuvent être posés dessus et suivre l'avancement de la charpente. Ainsi, dans la plupart des charpentes de ce corpus, des entrails de fermes principales montrent des traces de fixation de machines sous la forme de mortaises ou d'encoches. Dans la charpente du bras sud (1223-1226d) de la cathédrale de Bayeux, un plancher provisoire était chevillé aux entrails et servait à faciliter les opérations de manutention et le déplacement des engins.

L'engin traditionnel le plus léger et le plus maniable des charpentiers demeure la « chèvre », composée de deux montants

121. VENNETIER 2002, p. 42.



Fig. 88 : Levage à la grue des fermes du XIII^e siècle de la chapelle de Chamu, Eure (photo : Charrier).



Fig. 89 : Construction de l'abbatiale de Saint-Denis, Grandes Chroniques de France par Robinet Testard, 1471, Paris, BnF, ms. fr. 2609, fol. 60v.

obliques assemblés en tête et raidis par des traverses horizontales¹²² (fig. 90). À la base, un treuil à bras permet d'enrouler une corde qui est renvoyée en tête à une poulie. L'ensemble est posé sur un entrain de ferme principale et fixé par

122. BRONDEL 1979, p. 344.



Fig. 90 : Début de la construction de la Grande Église de Bern, Chronique privée de Bern, dite de Spiez, de D. Schilling, 1420/1421, détail, Bern, Bürgerbibliothek (ms. Hist. Helv. I-16 fol. 755).

des haubans aux bois de la charpente. Bien que de tels engins ne permettent pas de soulever de lourdes poutres, ils pouvaient servir lors de grands chantiers au levage de courtes pièces, du lattis ou des matériaux de couverture.

Les « singes » sont des engins qui répondent au même principe que celui la chèvre. Ils sont simplement constitués d'un treuil à bras monté sur des tréteaux¹²³. Si, là encore, les charges soulevées sont relativement limitées, ils présentent l'avantage d'être légers et amovibles. Ils ont été utilisés encore à l'époque moderne et contemporaine dans les charpentes de la nef de l'église abbatiale de Fécamp et du bras sud de la cathédrale de Lisieux (fig. 92).

Sur le poinçon d'une ferme principale de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d), on observe une cavité circulaire (fig. 83) destinée manifestement à recevoir l'arbre d'un treuil

123. CALAME 1981, p. 42.



Fig. 91 : Plancher de travail disposé sur des entrâits
(Grandes Chroniques de France par Robinet Testard, Paris, BnF, ms. fr. 2609, fol. 12, 1471).



Fig. 92 : Singe du XIX^e siècle. Cathédrale de Bayeux, comble du transept.

horizontal à bras ou cabestan dont le système de fixation nécessitait aussi un chevillage dans le poteau faisant face à ce poinçon à trois mètres environ¹²⁴. L'entrâit du XIII^e siècle a malheureusement disparu nous privant des éventuelles traces

d'attache du pied de cet engin. Celui-ci était sans aucun doute contemporain de la mise en place des bois en raison d'une part des fentes de séchage du poinçon qui ont déformé cette cavité et d'autre part des voûtes sous-jacentes du XIII^e siècle qui ne présentent aucune trappe ni reprise de maçonneries. La forme et le dispositif de fixation de ce cabestan devaient ressembler à celui de la charpente de la nef de l'église Saint-Barthélemy de Liège (vers 1187-1188) en Belgique, qui était actionné par pression des bras sur des leviers verticaux (fig. 93)¹²⁵.

Le cabestan horizontal qui se trouve actuellement dans la charpente du chœur de l'église abbatiale de Fécamp et qui a probablement servi à son levage au XVIII^e siècle constitue un exemple possible d'engin ayant pu exister aux XII^e-XIII^e siècles (fig. 94). Le principe reste identique avec un enroulement de la corde autour d'un tambour actionné par la rotation d'une roue à bras. Les restes d'un autre engin de ce type observé dans le comble de la nef de cette église conservent les traces d'une deuxième roue à bras à l'autre extrémité de l'arbre. La puissance de ces engins a permis certainement de lever les pièces maîtresses de cette charpente mais l'efficacité de ce type de machine est

124. Cette ferme est située au milieu de la nef.

125. GÉNICOT 1977, p. 141 ; HOFFSUMMER 1989a, p. 112.

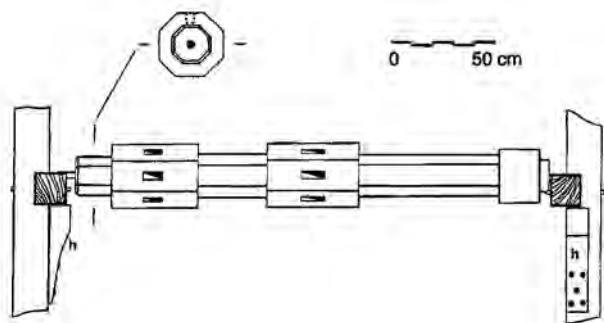


Fig. 93 : Cabestan en place dans la charpente de l'église Saint-Barthélémy de Liège, 1187/1188d (GÉNICOT 1977, p. 141).



Fig. 95 : Cabestan à deux moulinets. Cathédrale de Lisieux, tour-lanterne.



Fig. 94 : Cabestan d'époque moderne fixé entre deux fermes principales. Abbatiale de Fécamp, comble du chœur.



Fig. 96 : Cabestan fixé entre deux fermes. Cathédrale de Bayeux, nef, fin XVI^e-XVII^e siècle.

proportionnelle au diamètre de la roue à bras, actionnée au moins par deux hommes.

Dans le comble de la tour-lanterne de la cathédrale de Lisieux subsiste un engin de levage du même type muni de deux moulinets, posé à cheval sur deux entrails, lié peut-être aux travaux de restauration de la fin du XIX^e siècle (fig. 95). Un autre également en place a été observé dans la charpente de la nef de la cathédrale de Bayeux à l'édification de laquelle il a servi vers la fin du XVI^e siècle ou au début du XVII^e siècle (fig. 96). Les encoches laissées sur les entrails du bras sud de la cathédrale de Bayeux (1223-1226d) peuvent correspondre au mode de fixation d'engins de ce type. Là aussi, la force de traction dépend de la dimension des bras qui limite la puissance de ces engins. Par ailleurs, ils ne permettent pas de lever suffisamment haut les charges pour les manipuler librement à hauteur d'homme. Des reports de cordage fixés à des mâts pivotants étaient donc nécessaires pour hisser les charges en surplomb de l'engin, celui-ci pouvant dans ce cas être

positionné en bas des murs comme le figurent de nombreuses représentations iconographiques (fig. 97 et 98). Des contre-poids et des doubles poulies, faisant office de palans¹²⁶, permettaient d'optimiser leur capacité de levage, comme la prolongation de la flèche et la rotation de la grue augmentaient leur périmètre d'action.

Les treuils à « roue d'écureuil » ou à cage cylindrique restent les engins les plus impressionnants par leurs dimensions, leur maniement et leur capacité de levage. Installés à demeure dans le comble des plus grands édifices, ils permettaient de lever les plus lourdes charges et servaient à l'approvisionnement de tous les chantiers du bâtiment (charpente, maçonnerie, couverture...). Dans la tour nord de la cathédrale de Bayeux subsiste un grand treuil à roue de 4 m de diamètre environ, fixé aux poteaux du beffroi du XII^e siècle. Son installation doit

126. ERLANDE-BRANDENBOURG 1993, p. 121.



Fig. 97 : Cliché BnF, ms. fr. 264, fol. 209v.

remonter à la fin du Moyen Âge ou à l'époque moderne. Le moulinet du cabestan est ici remplacé par une « cage d'écureuil » que deux ou trois hommes faisaient tourner en marchant (fig. 99). Un autre treuil à roue de ce type et de même dimension s'observe dans la nef de la cathédrale de Sées, contre la façade occidentale, mis en place vers la fin du Moyen Âge lors de la reconstruction des charpentes (fig. 100). De tels engins existent encore dans les charpentes des églises Saint-Thiébaud à Thann et Saint-Martin à Colmar, en Alsace, ou dans le comble de la cathédrale de Beauvais. Celui de l'église Saint-Thomas à Strasbourg (roue de 4,50 m de diamètre) dispose en supplément d'un système de renvoi de corde muni d'une poulie et placé en partie haute de la charpente afin de pouvoir hisser les matériaux en surplomb du plancher de travail et les manœuvrer librement (fig. 101). Enfin, signalons l'engin présent dans le comble de la cathédrale de Strasbourg qui présente deux « cages d'écureuil » jumelées au même tambour, de 4,50 m de diamètre chacune, et celui situé dans la cathédrale Saint-Étienne à Auxerre, dans le



Fig. 98 : Domitien fait construire le Panthéon de Rome, miniature, XV^e siècle, Copenhague, Bibl. royale, ms. de Tooth 568, fol. 1.



Fig. 99 : Roue à cage d'écureuil, fin du Moyen Âge. Cathédrale de Bayeux, tour nord.

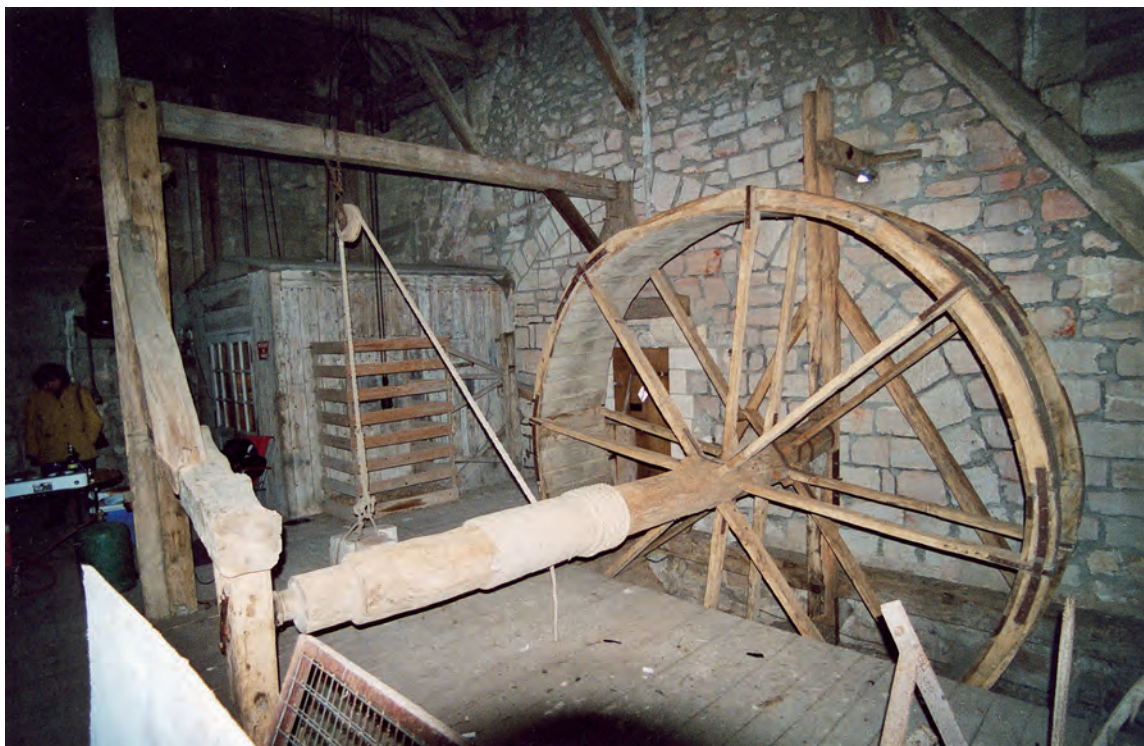


Fig. 100 : Roue à cage d'écureuil, *XV^e siècle*. Cathédrale de Sées, nef.

comble de la croisée du transept, muni non pas d'une cage mais d'une simple roue avec des échelons traversant la jante pour l'actionner¹²⁷. La plupart de ces engins semblent avoir encore servi dans le courant du *XIX^e* siècle pour monter divers matériaux dans le comble pour les travaux de restauration (bois, pierres, tuiles, plomb...) jusqu'à leur abandon au début du *XX^e* siècle avec l'arrivée des treuils électriques.

Les comptes de la fabrique de la cathédrale de Rouen, très riches en mentions d'engins de levage pour les *XV^e* et *XVI^e* siècles, permettent d'avoir un regard complémentaire. Ces comptes nous offrent en effet des descriptions précieuses sur la nature de ces engins, leurs fonctions, leur entretien et aussi sur leurs différentes appellations. Du *XV^e* au *XVI^e* siècle, ces textes mentionnent pour les travaux de restauration sur la cathédrale de Rouen l'usage de «grues» constituées d'un «*estoc*», d'un «*faucon a porter les poulies*» et d'une roue à homme pourvue de «*marches*»¹²⁸. Ce type d'engin à «*cage d'écureuil*» était relativement fréquent puisqu'il se rencontre aussi au-dessus des

voûtes de la croisée du transept en 1480 pour «*descendre les pierres dudict fournement [fenestrage]*»¹²⁹. Certaines de ces grues étaient dotées de plusieurs roues à hommes comme celle du «*beufroy de la tour neuve [tour de Beurre]*» en 1502¹³⁰ du même type certainement que celui de la cathédrale de Strasbourg. Ces grues étaient destinées aussi bien au levage des pièces de charpente que des pierres pour les travaux de maçonnerie¹³¹ et la plupart d'entre elles réclamaient des pièces de renfort métalliques comme des «*bendes de fer mis au patin de la grue*» de la tour Saint-Romain ou des «*estaefs de fer fixés en la sellette [assise]*» du même engin en 1468¹³². D'autres variétés d'engins sont mentionnées aussi, comme des «*chievres*»¹³³, des grues à roue appelées «*becquets*»¹³⁴, des «*cabestians*» et des «*estamperches*»¹³⁵.

127. CZARNOWZKY 1949, p. 11-27.

128. AD Seine-Maritime, G 2501, G 2503. La fabrication des poulies d'engins faisait appel à de véritables professionnels comme en 1414 où la fabrique paya XX livres à «*Jean Goubert tourneur de boys et faiseur de poullyes pour IIII poullyes dont l'une est revestue d'un chouquet et estoit pour ledit engin*» (AD Seine-Maritime, G 2484).

129. AD Seine-Maritime, G 2510.

130. AD Seine-Maritime, G 2519.

131. AD Seine-Maritime, G 2500bis.

132. AD Seine-Maritime, G 2505.

133. AD Seine-Maritime, G 2505.

134. AD Seine-Maritime, G 2541, G 2638, G 2816, G2568. Cet engin semble avoir été inventé par Robert Becquet lors de la construction de la «*pyramide*» en 1543. Il comportait trois roues à homme et était désigné en tant que «*grue*».

135. AD Seine-Maritime, G 2816, G 2500bis.

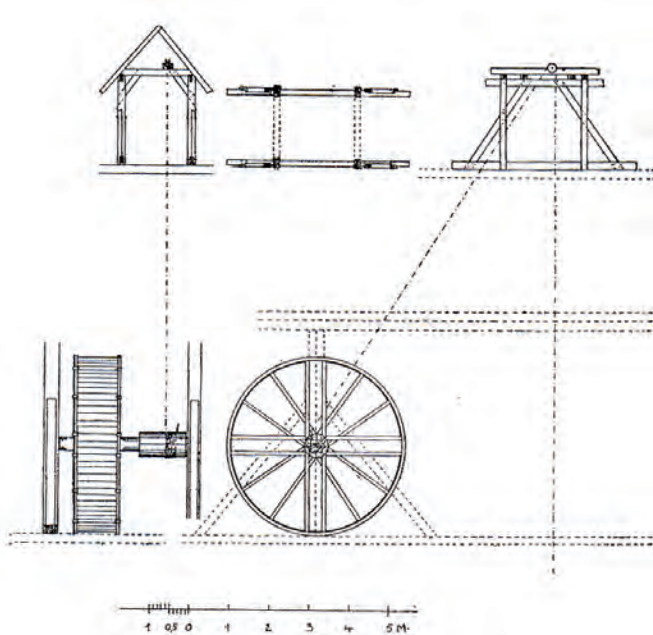


Fig. 101 : Cage d'écureuil avec un système de renvoi des cordes, église Saint-Thomas de Strasbourg (CZARNOWSKY 1949, p. 25).

La plupart de ces engins étaient démontables et pouvaient ainsi être déplacés et remontés en divers endroits de la cathédrale, selon les besoins du chantier : en 1430, le maître charpentier Jehan Monnier a été payé XXI sous « pour avoir aydié a desassoier l'engin d'empres la tour St Romain pour porter sur les voultres du cuer pour l'establisement des machons pour fere les formes et verrieres »¹³⁶. Les traces de fixation provisoire de cet engin subsistent dans les maçonneries de l'ancienne chapelle Saint-Romain, accolée à cette tour, dans l'ancien passage qui menait à la nef (fig. 102). D'après ces traces, il devait s'agir d'un cabestan horizontal. Nous avons même retrouvé la mention, en 1524, d'un « engin portatif qui sert a monter le plonc sur les terrestres »¹³⁷.

Les engins qui étaient trop longtemps exposés aux intempéries étaient parfois recouverts de substances hydrofuges comme celui utilisé pour l'édification de la charpente de l'église d'Amfreville-les-Champs en 1527 qui a été enduit « de poix raizine pour dorer le fauconnet de la grue pour le garder de la pluie »¹³⁸. En 1466, des ouvriers ont travaillé « a couvrir de plomb l'engin estant en la tour St Romain pour éviter pluye, nege, gellee qui eussent peu pouvoir le boys dudict engin »¹³⁹.

La plupart de ces engins, s'ils appartenaient à la fabrique¹⁴⁰, étaient laissés en place ou démontés dans les combles pour être

136. AD Seine-Maritime, G 2487.

137. AD Seine-Maritime, G 2528.

138. AD Seine-Maritime, G 2530.

139. AD Seine-Maritime, G 2501.

140. La location des engins de levage se pratiquait de plus en plus à partir du XV^e siècle (LARDIN 1995a, 425).



Fig. 102 : Fixation de l'arbre d'un engin de levage, début XV^e siècle. Cathédrale de Rouen, tour Saint-Romain.

éventuellement réutilisés lors de travaux de restauration ou d'entretien. Leur datation reste très délicate en raison de la permanence de leurs formes du XV^e jusqu'au début du XX^e siècle et il n'est pas interdit de penser que cette panoplie de machines soit l'héritage direct de celles utilisées aux XII^e-XIII^e siècles.

Le chevillage

Le chevillage est la dernière opération dans la mise en place de la charpente. Déjà évoqué pour le levage des fermes, le chevillage se pratique suivant l'avancement de la mise en place des fermes lorsque celles-ci sont levées pièce par pièce et non déjà assemblées. Les charpentiers se doivent de monter dans les fermes déjà installées pour cheiller les suivantes. Traditionnellement, la pose de la première cheville d'un ouvrage comme de la dernière fait l'objet d'un cérémonial auquel assistent parfois les



Fig. 103 : Cheville, XI^e siècle. Église de Saint-Sulpice-sur-Risle (Eure).

commanditaires comme lors de la pose des premières chevilles de la nouvelle charpente du chœur de la cathédrale de Rouen le 12 septembre 1530¹⁴¹ ou de celle de la charpente de la chapelle Saint-Sébastien de cette même cathédrale en 1625¹⁴². Cette tradition existe encore actuellement en Roumanie, notamment pour la pose de la cheville de fin de chantier.

La taille des chevilles s'effectuait dans du bois vert car celui-ci se fend plus facilement que du bois sec. Un compte de 1553 mentionne en effet l'achat d'« une pièce de bois vert a faire des chevilles pour les crevons » de la loge des maçons de la cathédrale de Rouen¹⁴³. Une charpente peut réclamer plusieurs centaines de chevilles comme celle de la nef de la cathédrale de Lisieux dont les assemblages ont nécessité 1700 chevilles environ. L'approvisionnement d'un chantier faisait appel à des ouvriers spécialisés : à Gaillon en 1409, Raoullet le Breton, « chevillier », fournit aux officiers de l'archevêque de Rouen, 8000 chevilles prises « en sa

chevillerie »¹⁴⁴. Les chevilles sont systématiquement taillées dans du chêne, à l'exception de deux chevilles en noisetier dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d), en pied de triangulation.

La forme des chevilles durant les XI^e-XIII^e siècles semble n'avoir pas beaucoup évolué puisqu'elles apparaissent toujours avec une section carrée ou rectangulaire (fig. 103). Vers les XV^e-XVI^e siècles, les chevilles évoluent vers une section plus ou moins hexagonale, voire circulaire. La longueur est variable selon les charpentes et atteint en moyenne 40 cm pour une section de 2 à 3 cm de côté. Après enfoncement, les extrémités sortantes sont toujours laissées en place et très rarement coupées. Dans la charpente de la grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d), des coins en bois sont parfois enfoncés à force dans la queue ou la tête des chevilles pour garantir leur blocage (fig. 104-105). Toujours dans cette charpente, des chevilles servent également à limiter l'ouverture des fentes du bois apparues lors de l'exécution de la charpente (fig. 106).

Dans les charpentes de l'église abbatiale de la Bussière-sur-Ouche (Côte-d'Or, 1148/1149d) (fig. 107) et celles de l'abbaye de Noirlac (à Bruère dans le Cher, 1150-1160d)¹⁴⁵, les chevilles

141. AD Seine-Maritime, G 2532 : « Le XII^e jour de septembre, baillé aux charpentiers, par le commandement desdits maîtres de la fabrique, en la présence de monsieur Becdelievre, pour leur vin quant ils commencerent a lever ledit comble du chœur de ladite eglise pour la premiere et deusieme chevilles, XXII sous VI deniers ».

142. AD Seine-Maritime, G 2607 : « Audit Dumontier et ses compaignons, pour la premiere cheville de ladite terrasse, la somme de 31 sols ».

143. AD Seine-Maritime, G 2548.

144. AD Seine-Maritime, G 580 rapporté dans LARDIN 1995, p. 70.

145. CRMH 1982, vol. 1, pl. D 4545-57.



Fig. 104, 1 et 2 : Coins de calage enfoncés dans la queue des chevilles.
Grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d).

d'origine ont une tête taillée en forme de pommeau prismatique. Ce pommeau permettait peut-être de renforcer la cheville au moment de la frappe du maillet mais il représente à n'en pas douter un travail de taille et de finition remarquable, non



Fig. 105 : Coins enfoncés dans la tête des chevilles.
Grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d).

dépourvu d'un effet esthétique appréciable. Cette forme de cheville s'observe également dans de nombreuses charpentes traditionnelles de Roumanie.

Les trous sont généralement creusés à l'aide d'une tarière à cuiller comme en témoignent les cupules en forme de gouge laissées sur les bois lors des tentatives de percement (fig. 108).

Dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d), la quasi-totalité des assemblages de pied de poinçons et de poteaux latéraux conservent des chevilles en fer forgé en place. Ces chevilles métalliques ont une section ronde de 2,5 à 3 cm de diamètre, et mesurent entre 26 et 35 cm de long (fig. 109). Leur présence dans les assemblages de pied de poinçons s'explique aisément en raison des efforts de traction qui s'exercent sur ces tenons-mortaises, contrairement aux assemblages de pied des poteaux latéraux qui travaillent, eux, en compression¹⁴⁶. Leur pose dès l'origine est attestée par le fait qu'elles sont toutes bloquées dans leur logement d'origine suite au séchage du bois et à la mise en tension des assemblages après leur montage. L'emploi du fer pour le renforcement des assemblages au XIII^e siècle reste assez exceptionnel. Seule la charpente du dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport dans l'Eure utilise aussi des chevilles en fer aux tenons-mortaises des pieds de poinçons des fermes triangulées (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, fig. 6). La forte section des entrails (40 x 39 cm) et donc le travail de traction des assemblages de triangulation nécessitaient effectivement ce renforcement.

146. Ces poteaux reçoivent, d'une part, les charges des chevrons qui fléchissent sous le poids de la couverture et, d'autre part, les charges transmises par les liernes et les liens du contreventement longitudinal. Les poteaux travaillent donc en compression sur les entrails et l'usage de chevilles en fer pour leur assemblage de pied peut sembler inutile.



Fig. 106, 1 et 2 : Chevilles servant à bloquer l'ouverture des fentes du bois. Grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d).



Fig. 107, 1 et 2 : Chevilles à tête sculptée. Église de la Bussière-sur-Ouche, Côte-d'Or (1148/1149d).

Le chevillage en fer a aussi été observé dans de rares cas de chaînages en bois ceinturant des tours. Dans la tour-clocher de l'église romane de Chapaize en Saône-et-Loire, les poutres des deux chaînages en bois, en forme de cadre quadrangulaire, sont assemblées aux angles par mi-bois renforcé par une cheville en fer¹⁴⁷.

Les bois ont été datés par dendrochronologie de 1036-1066. De même, dans la tour nord du XIII^e siècle (aujourd'hui disparue) du massif occidental de l'église abbatiale Saint-Denis, les bois des chaînages qui ceinturaient la tour étaient assemblés aux angles par une cheville métallique de 29 cm de long¹⁴⁸. Les efforts de

147. SAPIN 1992, p. 164-169.

148. WYSS 1996, p. 66.



Fig. 108 : Tentative de percement d'un trou de cheville à la tarière à cuiller. Grange Saint-Lazare de Beauvais (1220d).



Fig. 109 : Cheville métallique, 1227-1232d. Cathédrale de Rouen, nef.

résistance de ces chaînages liés aux poussées des murs justifient peut-être l'emploi de chevilles en métal.

Les plus anciens comptes de la fabrique de la cathédrale de Rouen, datés de la fin du XIV^e siècle, mentionnent de nombreuses commandes passées à des « *fevres* »¹⁴⁹ de « *queville carrees* », de « *fiches bretees* », de « *croches* », de « *bendes a queue d'aronde* » et « *a fret* » pour l'usage des charpentiers de la cathédrale¹⁵⁰. Ils attestent

149. Forgerons et maréchaux.

150. AD Seine-Maritime, G 2483. Plus tard, en 1433, une commande est passée à « *Johan Paen, fabro pro fabricatura [...] pour ung estrief de fer pour soutenir ung sollivel* » (AD Seine-Maritime, G 2487).

de l'emploi très précoce du métal en charpenterie, que ce soit pour des travaux de réparation ou bien pour de nouvelles réalisations.

Les matériaux de couverture

La fonction première d'une charpente est de porter une couverture afin de protéger l'édifice des intempéries. Si en Normandie ces intempéries sont effectivement éprouvantes pour les toitures, cette région offre une grande disponibilité en matériaux de couverture (bois, végétaux, argile, schiste). La nature de ces matériaux, variable selon les terroirs et les époques, ainsi que leur mode de fixation ont pu dans une certaine mesure influencer le degré d'inclinaison des versants comme la structure de la charpente. Le poids d'une couverture en essentes est en effet 30 fois inférieur à celui d'une couverture en tuiles plates. Les changements des modes de couverture durant le Moyen Âge peuvent dès lors se révéler déterminants dans l'évolution des charpentes de combles.

Les couvertures végétales et les essentes

Si le **couvrement végétal** était très répandu aux XI^e-XIII^e siècles, peu d'indices permettent d'affirmer qu'il l'était sur les édifices religieux. Le chaume est toutefois attesté par les textes sur l'église abbatiale de Saint-Pierre d'Oudenbourg (près de Bruges en Flandre, vers 1061)¹⁵¹ et sur la chapelle du Paraclet (diocèse de Troyes) dont la toiture est mentionnée dans une lettre d'Abélard des environs de 1136¹⁵². L'emploi du chaume ou du roseau nécessite une forte déclivité des versants, entre 50° et 60°, pour faciliter l'écoulement pluvial et garantir la pérennité de la couverture. Cette contrainte exclut théoriquement ce matériau pour les charpentes romanes d'églises qui présentent une inclinaison des versants inférieure à 50°. Cependant, il est fort probable que la plupart des églises rurales en étaient couvertes, malgré leur faible pente, comme ce fut encore largement le cas au début du XIX^e siècle sur nombre d'églises de la Manche dont la paroisse était trop pauvre pour envisager une autre couverture, notamment à Gerville, Muneville-sur-Mer, Rauville-la-Place, Saint-Louet-sur-Vire ou Saint-Germain-sur-Sèves¹⁵³. Certaines églises de Corrèze aux toits à faible pente en étaient encore couvertes au début du XX^e siècle comme à Treignac. La faible pente n'est donc pas une

151. MORTET-DESCHAMPS 1995, p. 255.

152. *Ibid.*, p. 679.

153. GERVILLE 1999, p. 41-43. Je remercie Michel Guibert de m'avoir transmis cette information.

contrainte et nombre d'églises médiévales étaient certainement couvertes en chaume, ce qu'expliquent la grande disponibilité du matériau et le faible coût de cette couverture.

Le seigle, les joncs et les roseaux sont des matériaux de couverture qui pouvaient être récoltés presque partout en Normandie. Le genêt pousse surtout sur des sols granitiques, notamment en Cotentin, tandis que le roseau se récolte en fond de vallée humide et sur des zones marécageuses. La paille de seigle et, dans une moindre mesure, la paille de froment et d'avoine étaient le plus souvent utilisées. Traditionnellement, les bottes de paille ou « glus » étaient ligaturées sur des perches en noisetier par des brins d'osier ou de seigle vert, mouillés et battus, ou des tiges de ronce fendues en deux. La légèreté d'une couverture en chaume pouvait convenir à une charpente légère, voire rudimentaire, avec des bois de faible section et des fermes très espacées comme dans les charpentes romanes, ce qui permettait de limiter considérablement la consommation en bois d'œuvre et par conséquent le coût de la construction.

Il est probable que la plupart des granges et des halles des XII^e-XIII^e siècles furent couvertes dès l'origine en chaume. Quelques textes en confirment la présence sur les halles de Bolbec en 1361 et celles de Saint-Romain-de-Colbosc en 1407¹⁵⁴ tandis que la grange de Heurteauville, datée de 1237-1243d, possède encore une couverture en chaume (Heurteauville, fig. 1). Cependant, les rares témoignages archéologiques laissés par ces toitures végétales, comme les solins de toiture, ne permettent pas de vérifier cette hypothèse.

Si le chaume a cessé d'être utilisé sur l'ensemble des constructions rurales et même sur certaines églises paroissiales au XIX^e siècle, c'est dès le XIII^e siècle qu'il fut interdit dans les villes en raison du facteur de propagation des incendies qu'il représentait. Rouen a en effet connu 8 incendies au XII^e siècle et 13 dans la première moitié du XIII^e siècle¹⁵⁵. Après 1250, date où le chaume fut vraisemblablement proscrit, le nombre d'incendie touchant des maisons ou des quartiers diminua considérablement puisqu'il n'y eut que 2 incendies à Rouen au XIV^e siècle et 3 au XV^e siècle¹⁵⁶. Il en fut de même dans les autres villes comme à Londres où le chaume fut interdit par deux règlements en 1189 et 1212¹⁵⁷ et plus tard à Arras en 1447. Dans les bourgs normands, le chaume fut utilisé encore abondamment jusqu'au XVIII^e siècle où suite à plusieurs incendies graves, le Parlement interdit, en 1765, de couvrir en paille dans les villes, les faubourgs et les bourgs¹⁵⁸. Au XIX^e siècle encore, des ordonnances persistent à interdire

« les couvertures de paille et de bois » comme à Montbray en 1852 suite à un terrible incendie¹⁵⁹.

Il est hors de doute que les couvertures en essentes ou en bardeaux étaient également très répandues aux XI^e-XIII^e siècles, en Normandie comme dans d'autres régions. Des couvertures en bois sont mentionnées sur la cathédrale d'Auxerre vers 1087-1114¹⁶⁰, sur la cathédrale du Mans vers 1055-1080¹⁶¹ et sur l'église Sainte-Thècle à Mende en Lozère à la fin du X^e siècle¹⁶². Une charte mentionne pour la fin XII^e-début XIII^e siècle le droit aux cisterciens de l'abbaye de Breuil-Benoît (Eure) de couper du chêne « pour faire chaque année trois milliers de bardeaux afin de réparer les toits de leur église »¹⁶³. De nombreux textes de comptabilités en mentionnent l'usage pendant tout le Moyen Âge aussi bien pour l'architecture religieuse, militaire que civile¹⁶⁴. Sa facilité de mise en œuvre, sa légèreté et son faible coût suffisent à l'expliquer. Les essentes, généralement en chêne, sont obtenues par fendage radial du bois, suivant les rayons ligneux. Leurs dimensions variaient en fonction de celles de la toiture. Les plus grandes, appelées bardeaux, peuvent atteindre 70 cm de long comme celui provenant de la couverture de la grange de l'abbaye de Maubuisson dans le Val-d'Oise, du XIII^e siècle. Long de 71 cm, large de 9 à 8,5 cm et épais de 1,1 cm, ce bardeau en chêne est taillé en pointe à son extrémité et fixé par trois clous¹⁶⁵. Leur recouvrement était de deux tiers. Ceux retrouvés en fouille à Pineuilh en Gironde, provenant d'un bâtiment seigneurial du XI^e siècle, mesurent entre 70 et 80 cm de longueur pour des largeurs comprises entre 0,18 et 0,25 m et une épaisseur variant de 1,5 à 2,5 cm. Leur extrémité inférieure est arrondie et ils étaient fixés au lattis par une cheville¹⁶⁶.

En Normandie, les rares essentes retrouvées dans des combles ou en façade, datant de la fin du Moyen Âge, ont des dimensions plus réduites avec une longueur variant de 15 à 25 cm pour une largeur de 8 à 10 cm. Elles sont généralement fixées par des clous sur les voliges. Elles sont en chêne et obtenues par fendage radial. De tels essentages de la fin du Moyen Âge ou de l'époque moderne sont encore présents sur des façades médiévales en pan-de-bois à La Bouille en Seine-Maritime et sur quelques édifices de Rouen et de Pont-Audemer. L'église de Neuf-Marché (1127-1133d) en fut vraisemblablement couverte à l'origine en raison de la

154. AD Seine-Maritime, 1 ER 443 cité dans LARDIN 1995, p. 182-183.

155. QUENEDEY 1926, p. 210.

156. *Ibid.*

157. TURNER et PARKER 1851-1859, t. I, p. 279 et 281 rapporté dans QUENEDEY 1926, p. 212; SALZMAN, p. 223, rapporté dans BOÛARD 1965, p. 432.

158. QUENEDEY 1926, p. 212.

159. GERVILLE 1999, p. 43.

160. MORTET-DESCHAMPS 1995, p. 180

161. *Ibid.*, p. 162.

162. *Ibid.*, p. 413.

163. Copie du XVI^e siècle, Arch. de la famille d'Orléans, 215 (tiré de LELIÈVRE 1974, vol. 1, p. 13).

164. LARDIN 1995, p. 187-193.

165. ÉPAUD 2004, p. 101.

166. ÉPAUD et MILLE 2004, p. 13.



Fig. 110 : Église en bois couverte d'essentes avec son beffroi en arrière-plan, Rozavlea, Maramures (Roumanie).



Fig. 111 : Charpente à chevrons-formant-fermes de l'église de Rozavlea, Maramures (Roumanie).

structure même de sa charpente. Celle-ci est en effet constituée de fermes espacées de 72 cm à l'entraxe, avec des chevrons et des éléments de raidissement de très faible section (10 x 11 cm). De telles caractéristiques ne semblent pas correspondre au support d'une couverture en tuiles plates. L'espacement de ces fermes et donc la portée du lattis supposeraient pour une couverture de tuiles un renforcement des lattes ou la présence d'entre-chevrons. Cette charpente a d'ailleurs été très modifiée par rapport à son état d'origine pour supporter un couvrement de tuiles.

La plupart des charpentes du XI^e siècle en France présentent ces mêmes caractéristiques avec un espacement de 0,93 m en moyenne et des sections de bois très proches de ceux de Neuf-Marché. Il est donc probable que ces structures étaient adaptées à des couvertures d'essentes et que l'introduction de la tuile dans les couvertures aux XII^e-XIII^e siècles soit responsable en partie de la réduction de l'espacement des fermes. L'étude des toitures et des charpentes des églises en bois polonaises et roumaines apporte là de précieux éléments de comparaison

(fig. 110). En effet, celles-ci sont presque toutes recouvertes en essentes et leurs charpentes sont à chevrons-formant-fermes du type de celles observées en Normandie pour le XII^e siècle. Leurs fermes sont indépendantes, espacées de 80 cm à 1 m en moyenne avec des chevrons inclinés entre 45° et 60° selon les constructions (fig. 111). L'écartement des fermes s'explique par la légèreté du couvrement de même que les faibles sections de leurs bois. Il ne semble donc pas y avoir de pente requise pour le couvrement en essentes puisqu'il s'observe encore de nos jours aussi bien sur des versants inclinés à 40-45° que sur des flèches de clochers. En raison de leur faible poids et de leur mode de fixation, les essentes furent très souvent utilisées pour les toitures très pentues comme les flèches, les clochers ou les couvrements de tourelles mais aussi pour des structures légères comme les appentis et les galeries.

Jusqu'à la fin du Moyen Âge, ce matériau ne semble pas avoir eu à souffrir d'un quelconque mépris qui l'eut écarté du couvrement des églises ou des bâtiments seigneuriaux. Une couverture en essentes est en effet mentionnée sur la chapelle

du Revestiaire de la cathédrale de Rouen en 1458¹⁶⁷. Au XIV^e siècle, l'essente servait à recouvrir des bâtiments prestigieux comme la grande salle du château de Bonneville-sur-Touques en 1361, les châteaux du Vaudreuil et de Pont-de-l'Arche en 1370, le manoir archiépiscopal de Saint-Nicolas-d'Aliermont ou celui de la Reine Blanche à Fontaine-le-Dun en 1377¹⁶⁸.

L'ardoise

L'affleurement par alternance de roches schisto-gréseuses du Briovérien, sur la frange occidentale du Massif armoricain, du nord-ouest du Cotentin au sud-ouest du Calvados a donné lieu relativement tôt à des ouvertures de carrières à ciel ouvert dans le Bocage normand et dans les environs de Cherbourg¹⁶⁹. Deux types bien distincts de schistes ardoisiers sont extraits de ces carrières. Le premier, de couleur vert-olivâtre, marqué de bandes parallèles quartzo-micacées, produit des ardoises épaisses de 1,5 à 2 cm, au profil irrégulier et d'aspect assez grossier. Leur couleur caractéristique provient de la présence dans leurs micas d'illite et de chlorite. Il est extrait exclusivement des affleurements du nord Cotentin localisés par les carrières des environs de Cherbourg : Tourlaville, La Glacerie, Octeville, Équeurdreville, Sauxemesnil¹⁷⁰. Le second type concerne des ardoises de couleur bleue, plus feuilletées que les premières, moins épaisses mais toujours d'aspect grossier et irrégulier pour les productions médiévales¹⁷¹. Son extraction semble localisée spécifiquement dans le bocage normand dans le triangle formé par les villes de Caen, Bayeux et Vire.

La première mention de couverture de schiste est attribuée au moine Raoul le Tourtier qui, au début du XII^e siècle, évoque la brillance semblable à du marbre des toitures des maisons de Caen¹⁷². De nombreuses plaques de schiste vert du nord Cotentin, vestiges de couverture d'un logis seigneurial, ont été retrouvées dans des couches du début du XIII^e siècle à Barneville-la-Bertrand dans le Calvados, lors de sondages pratiqués au manoir des Vallées¹⁷³. De même pour cette époque sur le site de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais et à Saint-Pierre-sur-Dives dans la cour du chapitre de l'abbaye et dans une maison du bourg¹⁷⁴. D'autres ardoises du même type furent identifiées par

Michel de Boüard au cours de fouilles menées au château de Caen dans des niveaux d'occupation du milieu du XIV^e siècle¹⁷⁵. La facilité de retailler à souhait ces ardoises en différents formats pour leur réemploi explique dans bien des cas leur absence ou leur rareté dans les niveaux d'occupation archéologique.

La diffusion des ardoises vertes dans la région caennaise s'arrêta, selon Michel de Boüard, vers le milieu du XIV^e siècle en raison du contrôle par les Anglais du commerce maritime et du cabotage sur les côtes normandes suite à la destruction de la flotte française à l'Écluse en 1340¹⁷⁶. Ce serait en effet à partir de 1350 que l'ardoise bleue supplanta dans la région de Caen l'ardoise verte dont l'emploi fut désormais limité à la pointe septentrionale du Cotentin. Les carrières de schiste bleu du Bocage normand, déjà ouvertes au XIII^e siècle¹⁷⁷, furent alors davantage exploitées notamment autour de centres comme Vassy, Villy-Bocage et Condé-sur-Noireau mentionnés dès la fin du XIV^e siècle et, jusqu'au début du XX^e siècle à Caumont-l'Éventé et Thury-Harcourt.

La diffusion des ardoises vertes ou bleues semble s'être limitée, sauf exceptions, à l'ouest de la Vire. Les premières couvertures d'ardoises mentionnées dans les textes en Normandie orientale ne datent que du début du XV^e siècle et concernent des importations venant des Ardennes. Destinées dans les premiers temps aux bâtiments officiels et royaux comme la porte de la vicomté et le château de la ville de Rouen, ces ardoises ardennaises se diffusèrent rapidement aux autres bâtiments civils, surtout à partir de la fin du XV^e siècle en raison d'un coût plus abordable mais aussi pour leur solidité qui les rendait plus économiques que les essentes¹⁷⁸.

La présence de couvertures d'ardoises bleues du Bocage normand est attestée à Bayeux sur la maison de l'impasse Prud'homme (1226d), et sur le chœur et le déambulatoire de la cathédrale vers 1225-1228d. Leurs maçonneries en conservent de nombreux fragments aussi bien dans les murs d'origine que dans le creux des voûtains (fig. 112). Aucun fragment de tuile ou de plomb n'a cependant été observé et il est donc très probable que toutes les toitures de la cathédrale étaient couvertes en schiste bleu au XIII^e siècle. Par ailleurs, dans la charpente du déambulatoire, des chevrons du XIII^e siècle en réemploi montrent leur ancienne face de fixation des matériaux d'origine avec des rangées de clous correspondant à l'empreinte du premier lattis. Sur ces bois, les clous sont toujours disposés par rangées dont l'espacement varie en s'accroissant du haut vers le bas du chevron.

167. AD Seine-Maritime, G 2492.

168. BnF, ms. fr. 26007; AD Seine-Maritime, G 409; BnF, ms. fr. 26014 cité dans LARDIN 1995, p. 189-190.

169. RIOULT, BERNOUIS et GIRARD 1999, p. 117-122.

170. BRIER et BRUNET 1984, p. 59.

171. BOÜARD 1965, p. 421.

172. OGLE et SCHULLIAN 1933, p. 324 cité dans BOÜARD 1965, p. 425 et CHAPELOT 1996, p. 14.

173. MANEUVRIER et SAN JUAN 1999, p. 166.

174. MANEUVRIER 1999, p. 352-357.

175. BOÜARD 1965, p. 418.

176. *Ibid.*, p. 420.

177. En 1268, Gautier Téaut autorise les moines du Plessis-Grimoult à exploiter des ardoisières sur ses domaines à Condé-sur-Noireau (AD Calvados, H 898) cité dans RIOULT, BERNOUIS et GIRARD 1999, p. 118.

178. LARDIN 1995, p. 213-219.



Fig. 112 : Schiste bleu et chevilles en chêne extraits des maçonneries du déambulatoire, début XIII^e siècle. Cathédrale de Bayeux.

Le lattis était espacé de 3 cm au sommet du chevron et s'écarte progressivement vers le bas jusqu'à atteindre 10 cm au pied du chevron. Les nombreuses ardoises retrouvées complètes dans les maçonneries de la cathédrale confirment ce mode de fixation. Les plaques de schiste étaient posées à pureau décroissant, les plus grandes en bas de la toiture, les plus petites en haut, et retenues au lattis par une cheville de chêne à tête carrée. Un cordon de mortier à très riche teneur en chaux était disposé sous le bord inférieur des pierres afin d'assurer leur fixation, l'étanchéité en colmatant les irrégularités des plaques et aussi pour pallier l'éventuelle rupture de la cheville. Ce cordon était limité au cul des pierres mais selon les techniques actuelles de restauration, il recouvre aussi désormais les bords latéraux des plaques. Ce mode de fixation s'est maintenu jusqu'au XIX^e siècle dans le Bocage virois et le nord Cotentin où des toitures de ce type s'observent encore aujourd'hui sur des bâtiments ruraux et certaines églises (fig. 113).



Fig. 113 : Couverture en schiste de l'église de Rucqueville, Calvados

Le poids d'une couverture en schiste est estimé à 130 kg/m² (environ 80 kg/m² pour des tuiles), ce qui suppose une charpente particulièrement résistante¹⁷⁹. La charpente du vaisseau principal du chœur de la cathédrale de Bayeux, de 440 m² de versant environ supportait donc une couverture de 57,2 tonnes de schiste. Une pente suffisamment prononcée était donc requise afin de réduire les poussées verticales sur la charpente et les reporter sur les maçonneries. En dépit de cet inconvénient, ce type de couverture offrait l'avantage d'une longévité exceptionnelle, de un à deux siècles, et d'une résistance particulière au rude climat du Cotentin et de la Manche.

La tuile

Les nombreux affleurements d'argiles sur les plateaux calcaires de Haute-Normandie et la présence indispensable d'importants domaines forestiers expliquent l'implantation dès le XIII^e siècle d'ateliers de production de tuiles et le développement de cette industrie essentiellement dans la moitié orientale de la Normandie, à l'est de la Dives.

Les textes demeurent relativement discrets sur les premières tuileries. Un inventaire des biens du domaine royal dressé par les agents du bailliage de Rouen mentionne l'existence de tuileries dès 1265 à Saint-Georges de Boscherville, Grand-Couronne, Saint-Étienne-du-Rouvray et Roumare, sur les boucles de la Seine¹⁸⁰. Les découvertes archéologiques ne permettent guère de suivre avec précision les premiers développements de l'emploi de la tuile en tant que matériau de couverture sur l'habitat normand et leurs

179. LAGNEAU 1996, p. 32-33.

180. STRAYER 1936, p. 66, 72 et 75 cité dans BOUARD 1965, p. 13 et MANEUVRIER 1999, p. 353.

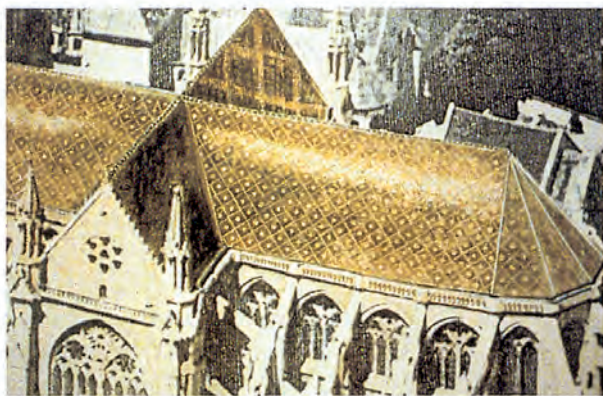


Fig. 114 : Tuile émaillée du XIII^e siècle et proposition de restitution de la couverture du XIII^e siècle de la cathédrale de Meaux (TAUPIN 1996b, p. 46-47).

mentions dans les rapports de fouilles sont extrêmement rares. Des tuiles de couvertures de grand format, sans crochet mais percées de trous pour des chevilles de bois d'accroche ont été mises au jour dans des niveaux d'occupation de la fin du XII^e siècle lors des fouilles de l'abbaye Saint-Georges de Boscherville dirigées par Nicolas Wazylyszyn entre 1990 et 1993. Des tuiles de couverture ont aussi été retrouvées dans des couches de la fin du XII^e siècle sur le site fortifié de la motte de la « chapelle du Pin » à Grosley-sur-Risle dans l'Eure. Plus tardivement, dans le pays d'Auge, des fouilles récentes ont mis au jour à la sortie du bourg de Saint-Pierre-sur-Dives une maison de la fin du XIII^e siècle ou du début du XIV^e siècle qui possédait à l'origine une couverture de tuiles ainsi qu'un foyer constitué de tuiles posées à chant et à plat¹⁸¹. Les témoignages se font plus nombreux à

partir de la première moitié du XIV^e siècle où l'emploi de ce type de couverture est mentionné à Rouen, Breteuil et Châteauneuf-en-Thymerais dans l'Eure et plus tard, dans la seconde moitié de ce siècle où des tuileries importantes sont signalées à Yville-sur-Seine, Varangeville ou la Haye-Malherbe¹⁸². Toujours dans le pays d'Auge, des couvertures de tuiles sont attestées en 1324 sur une partie des bâtiments du prieuré de Saint-Hymer comme sur la chapelle du prieuré Saint-Christophe-de-Mervilly à la Vespière et plus tard, en 1376, sur la « neuve tour » du château d'Orbec¹⁸³. Pour le XIII^e siècle, aucune mention n'est signalée en Basse-Normandie.

En dehors de la Normandie et pour la période qui nous intéresse, des tuiles émaillées datées par thermoluminescence de la seconde moitié du XIII^e siècle ont été retrouvées en réemploi dans les toitures de la cathédrale Saint-Étienne de Meaux¹⁸⁴ (fig. 114). Ces tuiles présentent un très grand format, de 32 cm de long sur 19 cm de large, avec un pureau recouvert d'une glaçure de couleur variant entre le vert sombre, le beige et le jaune paille. Des traits incisés délimitant les glaçures de différentes couleurs ont permis d'identifier des motifs décoratifs constitués d'associations de tuiles colorées aux tracés complémentaires. Les toitures de cette cathédrale présentaient donc des compositions glaçurées ornementales en forme de réseaux losangés, constitués d'obliques et de losanges répétés sur toute la surface des versants à l'image des toitures polychromes bourguignonnes. La fixation de ces tuiles était assurée par un tenon médian et une cheville de bois logée dans un angle supérieur. Des tuiles identiques par leur dimension, leur mode de fixation et la présence sur leur pureau de glaçures de mêmes coloris, ont été retrouvées dans des niveaux d'occupation de la fin du XIII^e siècle au cours de fouilles pratiquées aux abords de la basilique de Saint-Denis¹⁸⁵. En suivant les incisions tracées également sur leur pureau, des motifs de disques colorés ont pu être reconstitués par l'association de sept tuiles. La présence à Saint-Denis de toitures décorées de motifs polychromes géométriques est donc là aussi attestée dès la fin du XIII^e siècle.

À la lumière de ces découvertes, il n'est pas interdit de penser que certaines charpentes de la fin du XII^e siècle pouvaient aussi être recouvertes de ce type de tuiles, notamment celles de la cathédrale de Lisieux, datées par dendrochronologie de 1182/1183 pour la nef et entre 1192 et 1208 pour le transept et le chœur. Effectivement, il est possible d'observer dans les couvertures actuelles du bras nord, c'est-à-dire les seules à ne pas avoir subi de réfection récente¹⁸⁶,

181. MANEUVRIER 1997, p. 174 et 1999, p. 354.

182. BOÛARD 1965, p. 13.

183. MANEUVRIER 1999, p. 354.

184. TAUPIN 1996b, p. 46-53; QUERRÉ et BOUQUILLON 1995, p. 62-67.

185. TAUPIN 1996b, p. 47.

186. Nous tenons à manifester notre désarroi devant les méthodes de restauration utilisées pour la plupart des couvertures de cette cathédrale qui



Fig. 115 (1 et 2) : Tuiles glaçurées retrouvées en réemploi dans les toitures de la cathédrale de Lisieux (fin XII^e siècle?).

consistent à remplacer systématiquement la totalité des tuiles anciennes par des tuiles neuves, sans aucune étude préalable des matériaux retirés ni conservation dans un musée ou dans le comble des différents types de tuiles utilisées dans les couvertures précédentes. Le réemploi automatique des tuiles lors des recouvertures pour des très grandes surfaces suppose la présence sur les toitures actuelles de tuiles médiévales dont certaines peuvent être logiquement d'origine.

quelques tuiles glaçurées de très grand format en réemploi (fig. 115). Ces tuiles, d'une longueur de 34 cm pour une largeur de 19 cm et une épaisseur de 1,8 cm, sont recouvertes, sur le tiers inférieur de leur pureau, d'une glaçure dont la couleur varie entre le vert sombre, le vert pâle orangé et le jaune paille. Aucune trace d'incision n'a été observée sur les quelques échantillons que nous avons prélevés et la présence de glaçures sur ces tuiles semble donc correspondre uniquement à une couche de protection et non à des motifs de décors polychromes. Toutes ces tuiles sont dépourvues de crochet mais présentent un ou deux trous en partie sommitale destinés à recevoir une cheville en bois qui venait en butée sur la rive supérieure du liteau. Par ailleurs, il est possible d'observer de nombreux fragments de tuiles glaçurées du même type noyés dans les maçonneries des voûtes de la nef et dans le couloir de circulation entre les tribunes du bas-côté sud et le triforium du bras sud du transept. Ces maçonneries et les tuiles qu'elles contiennent sont attribuables aux constructions de la fin du XII^e siècle. De même, on peut remarquer quelques tuiles complètes, de mêmes dimensions que les précédentes et présentant sur leur flanc une glaçure, entre plusieurs assises de pierre de la tour-lanterne à la hauteur du comble du bras sud, datant de la fin XII^e-début XIII^e siècle.

Enfin, lors de travaux de restauration du XVI^e siècle sur la charpente de la nef, des chevrons de la fin du XII^e siècle ont été réemployés en tant qu'écharpe dans la structure actuelle laissant apparente leur face extérieure et les traces de fixation des matériaux de couverture d'origine (fig. 116). Ces chevrons montrent des rangées d'un ou de deux clous, à intervalles réguliers de 17 cm ou de 12 cm. L'absence d'autres rangées de clou suppose que ce lattis a conservé cet espacement jusqu'au XVI^e siècle. Celui-ci ne peut convenir à des plaques de schistes ardoisiers qui sont toujours posées à pureau décroissant. De plus, l'absence de clou à plomb sur le flanc des bois exclut l'hypothèse de l'utilisation de ce matériau pour la couverture des chevrons. Seules des bardeaux ou des tuiles ont pu utiliser ce lattis dont l'espacement correspond par ailleurs au recouvrement d'un tiers de ces grandes tuiles, c'est-à-dire à la surface du pureau recouvert d'une glaçure.

À l'abbaye de Royaumont dans le Val-d'Oise, le réemploi des chevrons (vers 1230) des bâtiments conventuels montre aussi des négatifs de lattis espacés tous les 11,5 cm, correspondant au tiers de la longueur des grandes tuiles à crochet (35 x 21 cm) retrouvées dans ces combles, c'est-à-dire au pureau apparent¹⁸⁷.

La similitude entre les dimensions et le mode de fixation de ces grandes tuiles et celles découvertes à Meaux, Saint-Denis, Boscherville ainsi que les nombreux fragments retrouvés dans les

187. ÉPAUD 2006, p. 20.



Fig. 116 : Négatif du lattis de la couverture d'origine sur un chevron de 1182d réemployé. Cathédrale de Lisieux, nef.

maçonneries gothiques semblent confirmer la présence sur l'ensemble des hautes toitures de la cathédrale de Lisieux d'une couverture de tuiles glaçurées de grand format dès la fin du XIII^e siècle. En 1391, des travaux de réparation sont mentionnés sur les couvertures de tuiles de la cathédrale de Lisieux¹⁸⁸.

Notons aussi la découverte récente dans les couvertures du dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport de tuiles de grand format à crochet réemployées (32 x 20 cm) parmi de nombreuses autres de format plus réduit.

L'emploi de tuiles pour la couverture d'édifices prestigieux semble confirmé dès la fin du XII^e siècle tant sur une cathédrale, que sur des bâtiments abbatiaux (Boscherville) ou seigneuriaux (Grosley-sur-Risle). Ces tuiles, dont les caractéristiques morphologiques sont semblables à celles de Meaux et de Saint-Denis, du XIII^e siècle, se définissent par un très grand format et un mode de fixation utilisant des chevilles de bois ou un crochet. Elles se

188. MANEVRIER 1999, p. 354.

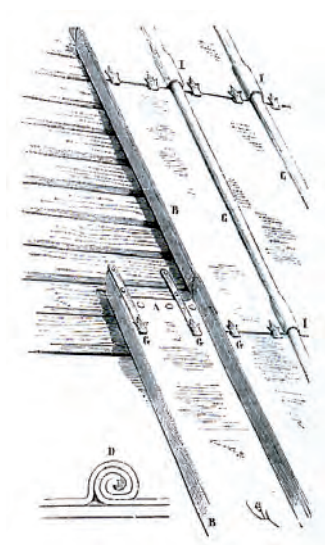


Fig. 117 : Tables de plomb de la cathédrale de Chartres, XIII^e siècle (VIOLLET-LE-DUC 1854-1868, t. VII, p. 211).

distinguent donc de celles, utilisées plus tardivement dans le Moyen Âge, qui présentent un plus petit format et une fixation systématique par crochet. Toutefois, dans certaines régions comme l'Avranchin, ce type de grande tuile était encore fréquemment employé dans les couvertures des XVIII^e-XIX^e siècles.

Le plomb

Les textes attestent la présence de couvertures en plomb aux XI^e-XIII^e siècles sur les cathédrales de Coutances vers 1049-1093 et de Cantorbéry en 1184, sur les églises abbatiales de Saint-Bertin à Saint-Omer vers 1081-1095, de Fécamp en 1110 et de Sainte-Geneviève de Paris en 1188-1190¹⁸⁹. Aucune couverture de cette période n'a cependant été conservée en l'état. Viollet-le-Duc est le premier à aborder la question de la mise œuvre et du mode de fixation des tables de plomb au Moyen Âge¹⁹⁰. Il a observé celles de la cathédrale de Chartres – avant leur destruction par l'incendie de 1835 – datables selon lui du XIII^e siècle (fig. 117). Longues de 2,50 m environ pour une largeur de 0,60 m et une épaisseur de 4 mm, ces tables étaient clouées en tête sur les voliges, leurs bords latéraux enroulés avec ceux des tables voisines et le bord inférieur maintenu par deux agrafes de fer de soutien. Des tables identiques fixées selon ce principe ont été observées par cet auteur sur l'église Notre-Dame de Châlons-sur-Marne, interprétées comme étant du XIII^e siècle¹⁹¹.

189. MORTET-DESCHAMPS 1995, p. 158, 314, 204, 429, 794.

190. VIOLLET-LE-DUC 1854-1868, t. VII, p. 209-220.

191. *Ibid.*, p. 211.



Fig. 118 : Traces du lattis de la couverture en plomb sur un chevron (1195d) en réemploi. Cathédrale de Rouen, nef.

Sur la nef de la cathédrale de Rouen, plusieurs chevrons de la charpente romane (1195d-1200), réemployés en 1227-1232d, présentent sur leur ancienne face extérieure les traces de fixation de tables de plomb (fig. 118). Ces négatifs montrent nettement des rangées de deux clous espacés régulièrement tous les 18 cm en moyenne et qui servaient à la fixation de voliges. Le négatif de ces voliges permet d'estimer leur largeur à 10 cm en moyenne. À d'autres intervalles, de l'ordre de deux mètres environ, entre ces rangs de clous destinés aux voliges, d'autres clous subsistent avec parfois des fragments de plomb encore accrochés (Rouen, cathédrale, fig. 16). D'autres chevrons de la charpente des années 1230, réemployés dans les réfections de 1683, présentent les mêmes traces : rangées de couples de clous tous les 17 cm en moyenne et quelques clous isolés tous les deux mètres entre ces rangées avec des fragments de plomb. Sur cette charpente gothique, des clous du même type ont été observés sur les flancs des chevrons en place avec aussi des fragments de plomb (fig. 119).



Fig. 119 : Fragment de plomb cloué sur le flanc d'un chevron (1227-1232d). Cathédrale de Rouen, nef.

La comparaison avec les couvertures en plomb du XVIII^e siècle du croisillon sud de l'église abbatiale de La Trinité de Fécamp (fig. 120 et 121) et sur les parties occidentales de la nef de la cathédrale de Rouen (fig. 122 et 123) permet de mieux comprendre ces indices. À Rouen comme à Fécamp, les tables sont longues (1,50 à 3 m) et peu larges (0,60 m), avec le rebord supérieur cloué sur un chevron ou replié sur une volige, avec les bords latéraux enroulés pour former un ourlet (Rouen) ou bien repliés sur une latte longitudinale (Fécamp). Ces données autorisent une reconstitution approximative du mode de fixation des tables de plomb à la fin du XII^e siècle et au début du XIII^e siècle. Elles devaient mesurer au moins deux mètres de longueur pour une largeur vraisemblable de quelques dizaines de centimètres seulement et étaient disposées verticalement sur des voliges de 10 cm de large, espacées de 7 cm en moyenne. Elles étaient fixées en tête par des clous directement sur les chevrons, parfois sur leurs flancs, et peut-être par le repli du bord supérieur sur une volige entre chaque chevron. La jonction latérale des tables se faisait probablement par l'enroulement de leurs rebords longitudinaux. Ces techniques de fixation ainsi que les dimensions de ces tables ont été également observées par Y.-M. Froidevaux sur les couvertures de plomb de la cathédrale de Reims¹⁹².

On constate donc entre ces différents exemples de nombreuses analogies qui témoignent d'une permanence des formes des tables et de leurs modes de fixation du XII^e siècle au XVIII^e siècle.

192. FROIDEVAUX 1986, p. 80.



Fig. 120 : Tables de plomb de la toiture de l'église abbatiale de Fécamp (Seine-Maritime), XVIII^e siècle.



Repli du bord supérieur sur une volige
et cloutage sur le chevron

Lattes verticales

Fig. 121 : Voligeage des tables, église abbatiale de Fécamp, XVIII^e siècle.



Fig. 122 : Tables de plomb (médiévales?) des travées occidentales de la nef de la cathédrale de Rouen.

Toutefois, en raison du faible échantillonnage de ces couvertures médiévales il convient de ne pas généraliser. En effet, les couvertures actuelles en tables de plomb de la cathédrale de Beauvais utilisent des techniques différentes¹⁹³. Ces tables mesurent approximativement 3 m de long sur 1 m de large et sont disposées horizontalement sur les versants. Des crochets de fer fixés aux chevrons soutiennent chacune de ces tables par leur rive inférieure et leurs rebords latéraux des tables mitoyennes sont enroulés. Aucune datation n'est véritablement attribuée à cette technique mais il semble que ces couvertures étaient déjà en place au XVI^e siècle.

Ces modes de fixation ont une caractéristique commune. Par le repli des bords latéraux en ourlet, le recouvrement des tables relativement important des bords inférieurs et supérieurs et



Fig. 123 : Cloutage sur un chevron et enroulement des bords latéraux. Cathédrale de Rouen, nef occidentale.

surtout l'absence de soudure, ces tables pouvaient subir la dilatation sous l'action de la température sans risque de rupture ou de fissure. Cette précaution a dû être la première des préoccupations du maître d'œuvre sachant que la dilatation linéaire du plomb est d'environ 1 mm par mètre pour une température de 35°¹⁹⁴. L'espacement des voliges médiévales, observées sur les chevrons de Rouen et encore au XVIII^e siècle à Fécamp, permettait de ventiler les tables et témoigne à n'en point douter de cette prise en compte. Les travaux réalisés du XIII^e siècle à aujourd'hui sur la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen ont été exécutés au niveau des sablières du versant sud, le plus atteint par les infiltrations en raison vraisemblablement de la dilatation des tables de plomb.

Viollet-le-Duc note avoir vu sur les tables du XIII^e siècle de l'église de Châlons-sur-Marne des « traits gravés remplis d'une matière noire formant des dessins de figures et d'ornements »¹⁹⁵. S'il est avéré que les plombs pouvaient être peints, dorés ou argentés dès le XV^e siècle, cette polychromie s'appliquait essentiellement aux épis de faitage et aux éléments soulignant le faitage et la base des couvertures, non aux versants même¹⁹⁶.

193. TAUPIN 1997b, p. 68-73.

194. FROIDEVAUX 1986, p. 82.

195. VIOLLET-LE-DUC 1854-1868, p. 211.

196. MAYER 1996, p. 42-45.

L'ÉVOLUTION ARCHITECTURALE DES CHARPENTES

LES PRINCIPALES ÉTUDES réalisées sur l'évolution historique des charpentes en France par E. Viollet-le-Duc dans les années 1854-1875, H. Deneux en 1927¹, M. Le Port en 1977², et pour certaines régions comme le nord par P. Hoffsummer en 1989 et 2002³, l'Anjou par J.-Y. Hunot en 2001⁴ ou le Centre par D. Bontemps⁵ ont permis d'acquérir aujourd'hui un large corpus de formes chronologiquement bien défini grâce à l'apport récent de la dendrochronologie.

Dans le prolongement de ces travaux, notre propos dans ce nouveau chapitre tentera de définir les principales étapes de l'évolution des charpentes en Normandie mais surtout de comprendre cette évolution à travers celle des structures maçonnées qui les portent. Une charpente se définit en effet par la nature des éléments porteurs et la fonction des espaces qu'elle couvre et elle ne saurait être interprétée ni comprise distinctement de ses supports. De même, il serait difficile d'analyser l'architecture des monuments de pierre sans comprendre leurs charpentes et leur mode de répartition des charges sur les murs. Nous suivrons donc l'évolution chronologique conduisant du « roman » au « gothique » en analysant point par point les principales innovations dans les techniques et les structures de charpenterie.

1. DENEUX 1927.

2. LE PORT 1977a.

3. HOFFSUMMER 1989 et 2002.

4. HUNOT 2001.

5. CRMH 2002.

La charpente romane : XI^e-XII^e siècle

Dans le nord de la France comme en Normandie, les rares charpentes des XI^e-XII^e siècle aujourd'hui observables, en place ou réemployées, se rencontrent dans les églises et notre perception des techniques et des structures de charpenterie romane ne saurait être représentative de l'ensemble des structures de cette époque. Outre l'approche offerte par l'iconographie, notamment la tapisserie de Bayeux pour ne donner qu'un exemple, l'architecture civile romane en bois en Normandie ne peut réellement être abordée que par l'archéologie et l'étude des plans des bâtiments révélés en fouille par les trous de poteau, qui ne renseignent que sur la disposition des poteaux porteurs et des cloisons. Bien que cette approche ne soit pas retenue dans notre problématique puisque procédant d'une autre démarche, il convient toutefois d'évoquer la grande diversité des structures mises au jour.

Les deux logis seigneuriaux découverts à Mirville et à proximité de l'église primitive de Boscherville en Seine-Maritime (fig. 124), tous deux fouillés par J. Le Maho entre 1978 et 1993 et datés du XI^e siècle⁶, appartiennent à un type d'édifice largement répandu dans le nord-ouest de l'Europe au cours du haut Moyen Âge⁷. Ces deux grands bâtiments (17 x 6 m et 15 x 9 m) possèdent une ossature de couples de poteaux équarris, plantés selon une trame régulière de quatre à cinq travées, avec dans l'axe

6. LE MAHO 1985, p. 57-61 ; p. 103-111.

7. ID. 1997, p. 256.

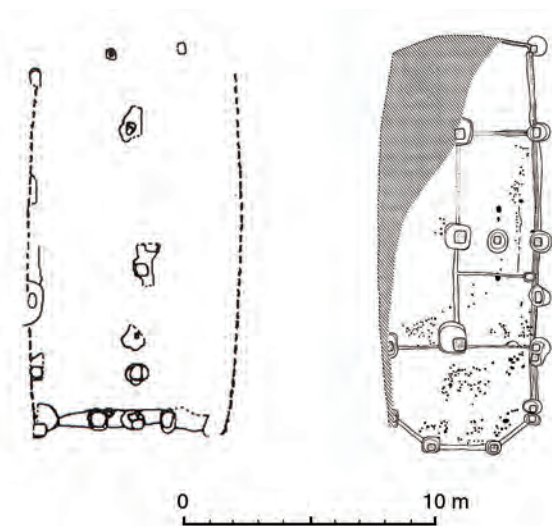


Fig. 124 : Plan des logis seigneuriaux du XI^e siècle de Boscherville et de Mirville, Seine-Maritime (LE MAHO 1997, t. I, p. 252-255).

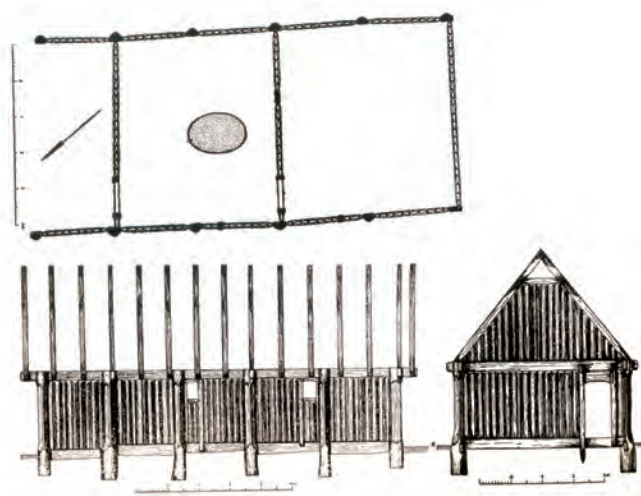


Fig. 125 : Maison d'Husterknupp (X^e siècle), Rhénanie, Allemagne. (CHAPELOT et FOSSIER 1980, p. 270).

longitudinal une série de poteaux de forte section (50 x 50 cm environ). Le caractère aristocratique de ces bâtiments explique peut-être la présence de poteaux équarris et vraisemblablement, en élévation, d'une charpente assemblée de qualité. En effet, les édifices seigneuriaux des XI^e-XII^e siècles mis au jour à Notre-Dame-de-Gravenchon en Seine-Maritime⁸ présentent une nef unique avec des murs gouttereaux rectilignes constitués de couples de poteaux équarris, plantés en vis-à-vis à intervalles réguliers tous les 3 à 5 m. Les poteaux de 40 à 50 cm de section suggèrent l'existence d'un étage pour ces constructions et donc d'un haut niveau technique pour la conception et l'exécution de ces ouvrages. Aucun indice ne permet de proposer une restitution crédible de la structure des élévations ou des cloisons. Toutefois, l'absence de poteaux axiaux dans ces derniers bâtiments à nef unique suppose la présence très probable d'une charpente de comble identique à celles des églises romanes, définie par une succession de fermes rapprochées indépendantes. Un exemple allemand en a été offert par la découverte d'un chevron de la toiture d'une maison du X^e siècle, fouillée à Husterknupp en Rhénanie, découverte qui a permis la restitution de la charpente du comble (fig. 125)⁹. Les fouilles de la maison viking de Hedeby (Danemark) ont permis également la restitution d'une charpente de comble à chevrons-formant-fermes du même type, avec des fermes rapprochées indépendantes.

D'autres bâtiments à poteaux plantés des X^e-XI^e siècles, fouillés en Normandie, issus de sites ruraux non aristocratiques, montrent

des plans à une ou deux nefs dépassant rarement 15 m de long pour une largeur de 6 à 7 m en moyenne. La présence d'alignements de poteaux médians dans ces petits bâtiments suggère évidemment une panne-faîtière destinée à soutenir la tête du chevronnage mais il est bien plus probable que ces poteaux servaient en fait à soutenir le plafond constitué des entrails des fermes d'une charpente à chevrons-formant-fermes, comme précédemment. En effet, de nombreux exemples architecturaux observés en Transylvanie orientale semblent le confirmer. Dans les Maramures, au nord de la Roumanie, les techniques de charpenterie médiévale ont été conservées jusqu'à nos jours et la plupart des maisons en bois présentent une charpente de comble avec des fermes indépendantes très rapprochées, faiblement inclinées, entièrement assemblées à mi-bois, avec un entrait à la base de chaque ferme (fig. 126). Ces maisons sont encore pour certaines mixtes avec une partie réservée au bétail et l'autre pour les hommes, comprenant un foyer sans conduit de cheminée, la fumée s'évacuant dans le comble à travers les bardeaux de la couverture. Dans ces maisons paysannes, les entrails de fermes constituent le plafond et les poteaux axiaux, disposés au sein de cloisons transversales, servent à soutenir le plafond et à isoler le comble, utilisé comme fumoir pour les herbes et les viandes. De proportion et de structure semblables aux maisons paysannes des X^e-XI^e siècles fouillés dans le nord-ouest de la France, ces habitats transylvaniens présentent toujours des plafonds et des cloisons internes pour garantir l'isolation thermique des pièces habitées et surtout le support des fermes du comble, bien que la répartition des poteaux d'ossature puisse suggérer la présence de pannes faîtières dans la charpente du comble.

8. LE MAHO 1987, p. 247-250.

9. HERRNBRODT 1958, p. 17-73, rapporté dans CHAPELOT et FOSSIER 1980, p. 270-271.



Fig. 126 : Maison traditionnelle en bois avec des fermes rapprochées indépendantes, assemblées à mi-bois, contreventées provisoirement. Maramures, Roumanie.

Par ailleurs, les premières charpentes pourvues de pannes en Normandie ne datent que des années 1220-1230 (grange de l'abbaye de Bonport, église abbatiale de Fécamp)¹⁰. En Bourgogne, des charpentes d'églises et de maisons urbaines romanes présentent des pannes supportées par un portique posé sur des entrails comme sur la maison du n° 23 rue Filaterie à Cluny dans la première moitié du XII^e siècle¹¹ mais ces charpentes semblent propres à ces régions et n'avoir pas connu une large diffusion géographique. Dans la moitié sud de la France, les charpentes à pannes semblent plus répandues mais faute d'études et d'analyses dendrochronologiques, les exemples les plus anciens ne paraissent dater que de la fin du XIII^e siècle¹².

Concernant les charpentes d'ouvrages militaires, le donjon de Brionne dans l'Eure présente encore des négatifs d'une charpente à chevrons-formant-fermes et des vestiges de solins d'une toiture en bâtière dont l'un des versants est incliné à 40° (fig. 127). Comprise dans une phase de reconstruction datée entre 1153 et 1168d¹³, cette toiture était protégée par un surhaussement des maçonneries. L'eau de ruissellement était conduite dans des canalisations qui traversaient ces maçonneries jusqu'à des gargouilles. D'après les trous d'ancrage, la charpente était



Fig. 127 : Donjon de Brionne (Eure). En partie haute, on voit les encastresments des entrails des fermes rapprochées, protégées par le réhaussement du mur.

constituée d'une succession de fermes espacées d'un mètre environ et dont les entrails traversaient les murs pour asseoir un hourd.

Ainsi, les témoins de la charpenterie civile et militaire en Normandie pour la période romane sont quasi inexistantes. Les seuls véritables objets d'étude dont nous disposons pour cette période appartiennent à l'architecture religieuse. Ces témoins sont rares et le plus souvent mal conservés, d'où les précautions d'interprétations qu'il faut prendre à leur égard.

Définition de la charpente dite « romane »

La charpente romane ne correspond pas à une structure appartenant *stricto sensu* à l'époque romane. Il s'agit d'une charpente qui répond à un principe de construction très spécifique, en opposition aux techniques de l'architecture gothique. La définition que nous adoptons pour les charpentes « romanes » et les charpentes « gothiques » est donc liée à leurs structures qui sont parfaitement adaptées à l'architecture des édifices religieux qui les supportent. Le concept roman appliqué aux charpentes s'étend dans notre corpus du XI^e siècle jusqu'à la fin du XII^e siècle tandis que certaines charpentes « gothiques » apparaissent dès le milieu du XII^e siècle, sous forme de prototypes. On notera donc l'impossibilité d'établir une évolution chronologique linéaire comme, de fait, pour l'architecture de pierre qui inaugure le gothique vers 1145 à Saint-Denis et à Saint-Germain-des-Prés avec un chevet lumineux, voûté et épaulé d'arcs-boutants¹⁴ alors

10. Dans le nord de l'Europe, certaines propositions de restitutions de bâtiments du haut Moyen Âge supposent pourtant l'existence de charpentes à pannes comme dans l'habitat anglo-saxon de Chalton (Hampshire) des VI^e-VII^e siècles, dans les constructions à une nef de Dublin X^e-XI^e siècles (WALLACE 1995, p. 73-91) ou encore dans l'église St Andrews de Greensted dans l'Essex, du début du XI^e siècle (HEWETT 1980, p. 5-13).

11. GARRIGOU-GRANDCHAMP et SALVÈQUE 1995, p. 39-47.

12. CARCY et SCELLÈS 2002, p. 203-228.

13. BERNARD 1998, p. 45-46.

14. RECHT 1999, p. 154 et PLAGNIEUX 2000.

que dix ans auparavant, à Saint-Martin-de-Boscherville en Normandie, on achevait l'abbatiale romane Saint-Georges aux plafonds de bois et aux murs épais.

La charpente « romane » en Normandie répond à trois principes fondamentaux :

- une structure à chevrons-formant-fermes avec des fermes indépendantes pourvues d'un entrait à la base, toutes identiques et espacées de moins d'1 m,
- une répartition homogène des charges de la charpente sur tout le long des murs gouttereaux,
- un réseau interne de pièces de raidissement travaillant en compression sur l'entrait.

La structure à chevrons-formant-fermes est une forme de charpente caractérisée par une succession de fermes dans lesquelles chaque chevron est assemblé en divers points à des éléments de raidissement pour constituer une ferme. L'appellation du chevron-formant-ferme rend compte du rôle fonctionnel des chevrons qui participent à la structure interne de la charpente en formant des fermes.

Le fait que les fermes soient toutes identiques, avec un entrait à leur base, implique une répartition des charges homogène le long des murs gouttereaux de l'édifice. Cette homogénéité de la charpente explique l'épaisseur des murs romans qui doivent répondre à une transmission verticale des charges en tout point de la longueur du vaisseau. Cette particularité structurelle trouve également un écho dans la disposition même des pièces du réseau interne des fermes qui obéit essentiellement, jusqu'à la fin du XII^e siècle en Normandie, à des efforts de compression et à une descente verticale des charges dans les murs gouttereaux. Le rapprochement de ces fermes n'est pas conditionné par la fixation d'un plafond sur leurs entrants. En effet, des charpentes romanes à fermes rapprochées ont été mises en place sur des vaisseaux voûtés en maçonnerie dès l'origine comme celles du chœur de l'église de Neuf-Marché en Seine-Maritime datée de 1127-1133d et de la nef romane de la cathédrale de Rouen datée de 1195d. Leurs fermes à entrait sont espacées de moins d'un mètre, comme les charpentes à plafond apparent. Ce type de charpente n'est donc pas inhérent aux plafonds mais constitue réellement une structure-type, propre à une famille très largement répandue géographiquement dans l'architecture romane.

La charpente du chœur de l'église de Neuf-Marché est le modèle-type de la charpente romane. Construite entre 1127 et 1133d, elle est constituée d'une succession de fermes identiques, toutes pourvues d'un entrait à leur base, placées au-dessus d'une voûte en berceau d'origine (fig. 128 et Neuf-Marché, fig. 9). Chacune de ces fermes est composée d'un entrait et d'un couple de chevrons raidis par une paire de poteaux verticaux, de jambes de force obliques et par un faux-entrait. Un cours de double sablière de petite section reçoit les entrants sans assemblage sur les murs gouttereaux. Comme on a pu l'observer plus haut, cette

disposition de pièces obéit aux lignes directrices orthogonales d'une épure en damier dont le module de base est fourni par le tiers de la largeur de l'édifice, dans œuvre des murs.

En comparaison avec d'autres charpentes des XI^e-XII^e siècles de la France septentrionale et de Belgique, on remarque une très grande homogénéité dans les formes générales comme dans la disposition des pièces au sein des fermes (fig. 128). Parmi les charpentes propres à ce modèle-type roman, on peut citer celles des églises de Saint-Clair-sur-Epte dans le Val-d'Oise du milieu du XII^e siècle (fig. 133), de Chivy-lès-Étouvelles dans l'Aisne (1129-1139d)¹⁵, Saint-Barthélémy à Liège (1141-1151d et 1188d)¹⁶, d'Ottignies Louvain-la-Neuve en Belgique (1200-1210d)¹⁷, de Floreffe en Belgique (1175-1180d)¹⁸, Saint-Maurice de Sclayn (vers 1190d)¹⁹ et Saint-Étienne de Seilles en Belgique (XII^e siècle)²⁰. On y retrouve la même disposition de pièces, avec un couple de poteaux verticaux, un faux-entrait et une paire de jambe de force. La pente de leur toiture est toujours voisine de 45°. D'autres charpentes du XII^e siècle sont comparables à ce schéma avec en supplément un poinçon comme à Saint-Pierre de Montmartre à Paris (1164-1174d)²¹ ou bien d'autres éléments de raidissement orthogonaux. On note qu'il n'existe aucun élément de comparaison dans les pays anglo-saxons pour ce type de charpente, les charpentes de cette période étant d'une part relativement peu nombreuses et d'autre part dépourvues d'entrait à la base des fermes.

La charpente de Neuf-Marché n'est donc pas une création isolée. Elle appartient à une grande famille de charpentes qui a perduré durant toute la période romane et dont les derniers représentants connus sont datés du début du XIII^e siècle en Belgique du fait de la permanence tardive de l'architecture romane. La similarité de leur réseau interne semble répondre à l'emploi de cette technique de tracé d'épure. Il est fort probable que ce procédé de tracé régulateur en forme de damier a servi à la conception de l'ensemble de ces charpentes pour toute la période romane. Des tracés orthogonaux plus complexes semblent avoir été utilisés pour certaines charpentes à la fin du XII^e siècle comme à Laon pour les charpentes de la chapelle de l'ancien palais épiscopal, de la nef de l'église Saint-Martin et de la nef de la cathédrale de cette ville²².

D'autres formes de tracés d'épures ont été utilisées aux XI^e-XII^e siècles comme celui du damier losangé mais on constate là

15. CRMH 1982a, pl. D.10442-10443 et HOFFSUMMER 2002, p. 166.

16. GÉNICOT 1977, p. 141 et HOFFSUMMER 2002, p. 166.

17. HOFFSUMMER 2002, p. 166.

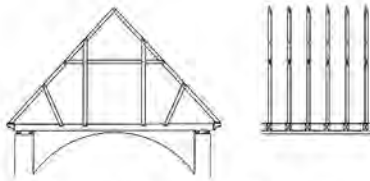
18. Id. 1989, vol. 1, p. 123 et Id. 2002, p. 166.

19. Id. 1989, vol. 1, p. 123.

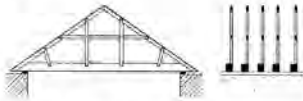
20. *Ibid.*, p. 123.

21. CRMH 1982a, pl. D.6938 et HOFFSUMMER 2002, p. 166.

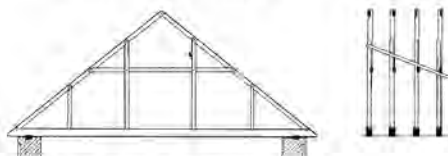
22. HOFFSUMMER et PLOUVIER 1995a, p. 110.



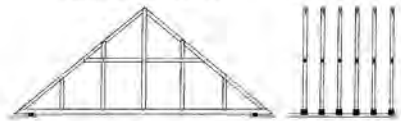
a. Neuf-Marché (Seine-Maritime),
église Saint-Pierre : 1127-1133d



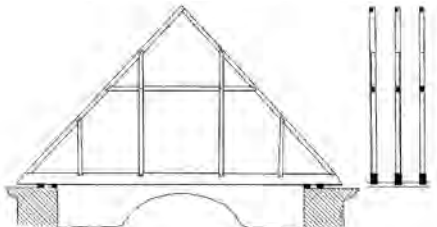
b. Chivy-lès-Étouvelles (Aisne) : 1129-1139d
(CRMH 1982a, D10440-43)



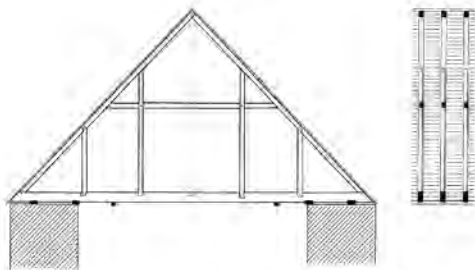
c. Liège, église Saint-Barthélémy : 1141-1151d
(GÉNICOT 1977, p. 141)



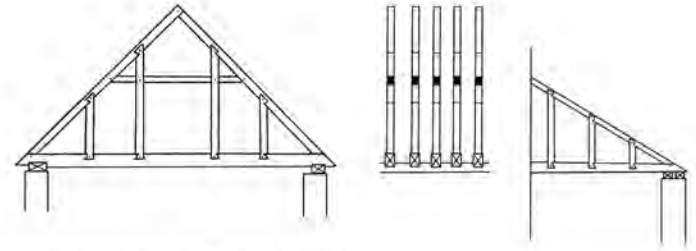
d. Paris, église Saint-Pierre de Montmartre :
1164-1174d (CRMH 1982a, D6938)



e. Floreffe (Belgique), église abbatiale : 1175-1180d
(GÉNICOT 1974, p. 33)



f. Floreffe (Belgique), église abbatiale : 1175-1180d
(HOFFSUMMER 1989a, vol. 2, p. 107)



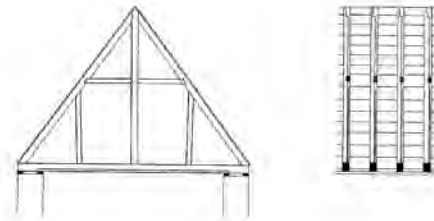
g. Soignies (Belgique), collégiale Saint-Vincent : 1185-1200d (BRIGODE 1949, p. 150)

h. Ottignies-Louvain-la-Neuve (Belgique) : 1200-1210d



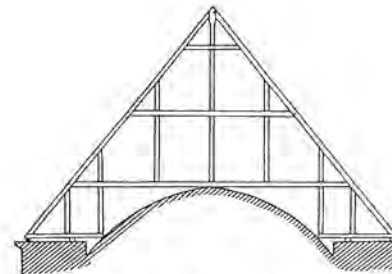
(HOFFSUMMER 2002, p. 166)

i. Villeneuve-d'Ascq (Nord), église Saint-



Sébastien (HOFFSUMMER 2002, p. 168)

j. Laon (Aisne), cathédrale Notre-Dame : fin XII^e-début XIII^e



siècle (HOFFSUMMER et PLOUVIER 1995, p. 110)
a. Nivelles (Belgique), église Sainte-Gertrude :
vers 1046 (GÉNICOT 1974, p. 31)

Fig. 128 : Charpentes romanes avec éléments de raidissement orthogonaux.

aussi l'application du même principe qui consiste en un carroyage régulier basé sur un unique module de référence. Ce type de tracé régulateur a déterminé la structure des fermes de la cathédrale de Lisieux (fin XII^e-début XIII^e siècle), des pans-de-bois du beffroi roman de Bayeux en Normandie et certainement celui des fermes de la charpente de l'église de Chabris dans l'Indre du XI^e siècle²³ (fig. 129).

Une autre famille de charpentes romanes peut être identifiée par la disposition « rayonnante » des éléments de raidissement des fermes. Dans ces charpentes, ces éléments sont en effet placés dans une position oblique, selon une convergence commune (fig. 129). De tels schémas se rencontrent dans les charpentes de l'église Saint-Germain-des-Prés à Paris (1018-1038d)²⁴, de l'église du XI^e siècle de Deuil-la-Barre dans le Val-d'Oise, de l'église Saint-Denis à Liège en Belgique (1015-1020)²⁵, de l'église Saint-Georges à Amay en Belgique (1140-1150)²⁶, de l'église Saint-Georges à Haguenau dans le Bas-Rhin (1229)²⁷ ou de la cathédrale Notre-Dame à Tournai en Belgique (1142-1150)²⁸. Nous n'en connaissons pas de ce type en Normandie à l'heure où nous écrivons ces lignes. Ces charpentes procèdent d'un principe de tracé d'épure qui utilise probablement un réseau de tracés convergents. Elles sont toutefois identiques aux précédentes sur le plan structurel, par un travail en compression sur l'entrait et une pente réduite. Là aussi, l'absence de contreventement des fermes, la présence d'un entrait à la base de chaque ferme et une répartition homogène des charges sur les murs demeurent les caractéristiques principales de ces charpentes. Ce système disparaît avec l'avènement des charpentes gothiques dans la seconde moitié du XII^e siècle comme les autres types de tracés d'épures romanes.

Les charpentes primitives de l'église abbatiale Saint-Georges de Boscherville à Saint-Martin-de-Boscherville en Seine-Maritime (1120-1130d) dont les fermes présentent un réseau interne de pièces simplifié à l'extrême, rencontrent très peu d'exemples de comparaison. Chaque couple de chevrons, pourvu à la base d'un entrait, est raidi seulement par un entrait retroussé et un couple de jambes de force. Aucun poteau ni contrefiche ne vient soulager les chevrons comme dans la plupart des charpentes romanes. Seule la charpente de l'église Saint-Alpin à Châlons-sur-Marne (1160-1170) se rapproche du cas de Saint-Georges de Boscherville avec deux faux-entrants par ferme et un entrait à la base d'une ferme sur deux²⁹. Ici, les dimensions de la charpente permettaient en effet un raidissement des parties hautes par un

unique entrait retroussé mais l'absence de report vertical des charges sinon par les jambes de force a très probablement entraîné le fléchissement du chevonnage et la réfection complète de la charpente de la nef au XVIII^e siècle. La présence d'un entrait à la base de chaque ferme, la pente de sa toiture et une absence de reprise des charges par des efforts de traction répondent aux caractères spécifiques des charpentes romanes.

La charpente mise en place en 1195d sur la nef romane de la cathédrale de Rouen a été démontée seulement quelques années plus tard pour la reconstruction de la nef gothique achevée vers 1230d. Tous ses bois ont heureusement été réemployés dans la nouvelle charpente gothique ce qui a permis sa restitution complète (fig. 130). Cette charpente présente toutes les caractéristiques d'une charpente romane avec une succession de fermes identiques, indépendantes et dotées à la base d'un entrait, mais sa conception est tout à fait originale et témoigne d'une exceptionnelle maîtrise de la statique. On peut indéniablement la considérer comme la charpente romane la plus aboutie sur le plan technique du fait notamment de l'adoption de certaines techniques propres aux charpentes gothiques. Il s'agit d'ailleurs de la dernière charpente romane construite en Normandie et en Île-de-France dans l'état actuel du recensement.

Le système compressif roman est ici compensé par un dispositif de soulagement de l'entrait qui consiste en un poinçon fonctionnant en triangulation³⁰ et en deux tirants obliques assemblés de part et d'autre du poinçon dans l'entrait. Le maître charpentier a ici cherché à neutraliser les charges transmises à l'entrait par la triangulation mais aussi en reportant sur le poinçon les charges habituellement imposées à l'entrait. Deux contrefiches reportent sur le poinçon les charges de chaque chevron en s'opposant ainsi à la mise en tension du poinçon. De ce fait, la mise en tension du poinçon a été renforcée par des sous-chevrons qui le compriment grâce à des tenons-mortaises latéraux, en plus du couple de chevrons. Ce poinçon constitue en quelque sorte la colonne vertébrale de la ferme en récupérant le poids des chevrons et en parvenant à les annuler. Les sous-chevrons assurent, quant à eux, un raidissement parallèle des chevrons en doublant la résistance des assemblages de ses pièces d'appui (faux-entrait, contrefiche et jambe de force). Notons au passage la répartition équilibrée des assemblages le long de ces chevrons. Enfin, il faut souligner le choix judicieux des assemblages : tenon-mortaise en pied de pièces, en tête de triangulation, et surtout le triple chevillage du tenon-mortaise du pied du poinçon pour renforcer l'assemblage qui assure la suspension de l'entrait. Ce dernier ne travaille plus en compression mais déjà en traction, d'où une

23. CRMH 1982a, pl. D.7055-7057 et 2002, p. 10.

24. *Ibid.*, pl. D.6920.

25. HOFFSUMMER 1989, vol. 1, p. 120.

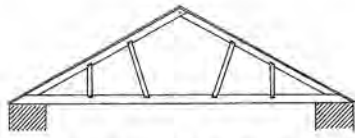
26. *Ibid.*

27. CRMH 1982a, pl. D.4050 et HOFFSUMMER 2002, p. 166.

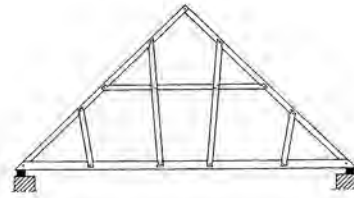
28. GÉNICOT 1977, p. 143 et HOFFSUMMER 2002, p. 166.

29. ROCARD 1984, p. 150.

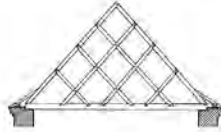
30. Voir explications plus loin. La triangulation assure la suspension de l'entrait par un poinçon qui travaille en traction grâce à la compression des têtes des chevrons.



b. Châbrés (Indre), église Saint-Christophe :
XI^e siècle (CRMH 1982a, D7055-57)



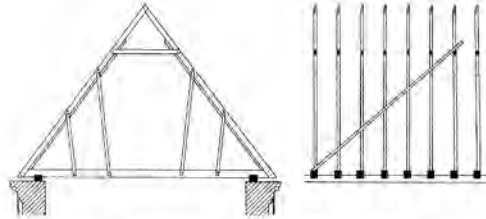
(HOFFSUMMER 2002, p. 167)



c. Liège (Belgique), église Saint-Denis :
1015-1020d
(GÉNICOT 1977, p. 142)

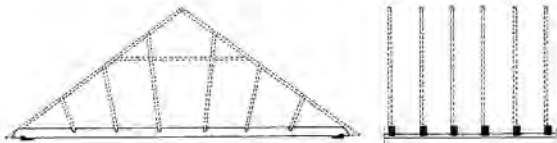


h. Haguenau (Bas-Rhin), église Saint-Georges : 1229d (CRMH 1982a, D4050-

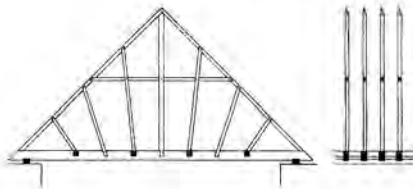


51)

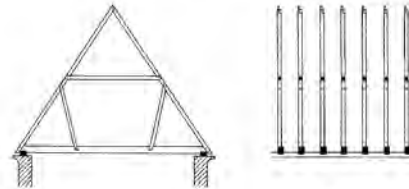
i. Haguenau (Bas-Rhin), église Saint-Nicolas : XIII^e siècle



d. Paris, église Saint-Germain-des-Prés :
1018-1038d (CRMH 1982a, D6920)

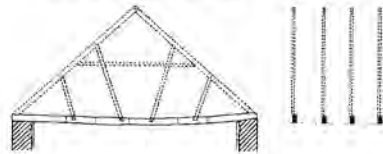


e. Amay (Belgique), église Saint-Georges :
1140-1150d (HOFFSUMMER 1989a, vol. 1, p. 120)

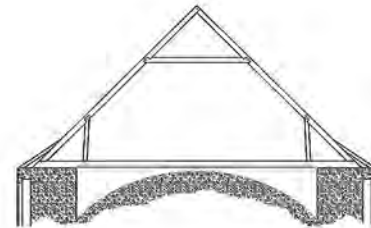


(HOFFSUMMER 2002, p. 166)

j. Saint-Martin-de-Boscherville,

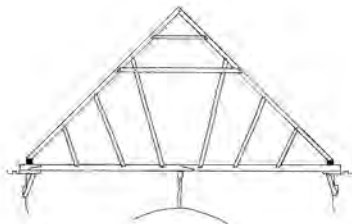


f. Tournai (Belgique), église Notre-Dame : 1142-
1150d (GÉNICOT 1977, p. 143)

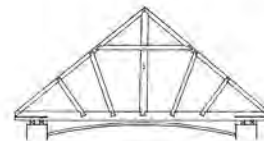


abbatiale Saint-Georges : 1120-1130d

k. Allouis (Cher), église Saint-Germain 1125d



g. Maastricht (Belgique),
église Notre-Dame : 1214-1224d



(CRMH 2002, p. 17)

Fig. 129 : Charpentes romanes avec éléments de raidissement obliques.

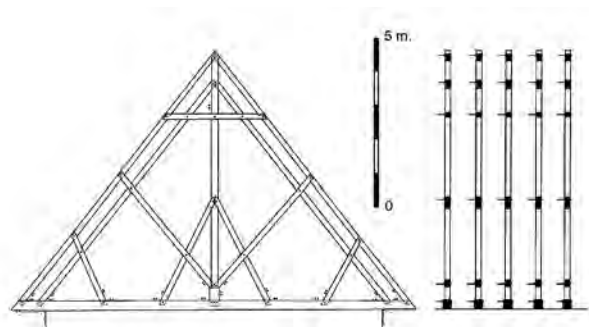


Fig. 130 : Charpente romane de la nef de la cathédrale de Rouen (1195d-1200), démontée vers 1230d.



Fig. 131 : Arcs diaphragmes de la nef de l'église Saint-Vigor de Bayeux (GERMAIN 1871, p. 238).

section relativement faible de 26 x 27 cm qui le distingue indéniablement des entrails des autres charpentes romanes. Il s'agit d'une structure tout à fait remarquable qui marque l'aboutissement de ce type de charpente à l'extrême fin du XII^e siècle.

En aparté, la présence d'arcs diaphragmes dans les grandes églises romanes comme à Notre-Dame de Jumièges en Seine-Maritime³¹, à Cerisy-la-Forêt ou dans l'église Saint-Gervais de Falaise n'est pas liée à leur charpente qui présentait un plafond apparent en bois. Comme à l'abbatiale de Saint-Vigor de Bayeux, représentée sur une gravure du *Monasticon Gallicanum* (fig. 131), ces arcs-diaphragmes sont des arcades à extrados horizontal; ils ne pénètrent pas dans le comble et restent de niveau avec les murs gouttereaux. Ces arcs étaient indépendants de la charpente

et servaient à arc-bouter les deux murs gouttereaux du vaisseau. Il ne faut donc pas les comparer avec les arcades de nombreux édifices des XIII^e-XIV^e siècles du sud de la France comme le réfectoire de Viviers en Ardèche³² ou la Maison des Chevaliers à Pont-Saint-Esprit dans le Gard³³ qui servent à porter des pannes faute de fermes.

Le système compressif : définition et implications sur la pente de la toiture et la section des bois

La disposition des pièces des charpentes de Neuf-Marché, de Saint-Georges de Boscherville et de leurs semblables en France septentrionale définit un système de report des charges très spécifique dit « compressif ». Il se caractérise par un travail en compression des pièces de raidissement des fermes et par un travail de flexion des entrails. Toutes les charges de la couverture et de la charpente sont transmises directement à l'entrait qui a donc pour fonction de résister à ce poids.

Ce mode compressif caractérise les charpentes primitives à l'image de celles conçues dans l'Antiquité avant l'invention de la ferme triangulée. Les charpentes élaborées dans l'architecture de la Grèce classique utilisent exclusivement des poutres horizontales surdimensionnées appuyées les unes sur les autres, travaillant en compression selon le procédé de l'empilement. La charpente restituée de l'Arsenal naval du port du Pirée, construit au IV^e siècle av. J.-C. et connue d'après son devis descriptif, obéit à ce principe avec un empilement de poutres reposant sur des entrails de 69 x 77 cm de section³⁴. Ce système compressif se rencontre également dans l'architecture de bois d'Extrême-Orient notamment en Chine, au Japon et en Corée³⁵.

La faible pente de la toiture des charpentes romanes trouve son explication à travers ce principe. Dans le nord de la France et en Belgique, P. Hoffsummer constate que la pente des charpentes antérieures à 1200 est comprise entre 32° et 45° et qu'elle augmente progressivement au cours du XIII^e siècle jusqu'à atteindre 60° pour s'y maintenir jusqu'au XVI^e siècle³⁶. Cet auteur justifie ce rehaussement par l'emploi du schiste ardennais à partir de la période gothique³⁷. En Anjou, le phénomène est similaire avec une pente variant de 40° à 45° avant le milieu du XII^e siècle pour atteindre par la suite une moyenne de 53° jusqu'au XVII^e siècle³⁸. En Normandie, nos référentiels confirment cette tendance bien

32. ESQUIEU 1992, p. 208.

33. PEYRON 1979, p. 132-134.

34. ADAM 1984, p. 223-229.

35. LESCROART 1990, p. 779.

36. HOFFSUMMER 1989, vol. 1, p. 46.

37. ID. 1995, p. 174.

38. HUNOT 2001, p. 115.

31. MORGANSTERN 2003, p. 79-96.

| Sites | Date | Pente |
|--|--|----------------|
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : solins de toitures | 1055-1077 | 40,3° et 42,7° |
| Val-de-la-Haye, grange de la commanderie Sainte-Vaubourg | 1216-1220 | 41,2° |
| Neuf-Marché, église Saint-Pierre | 1127-1133d | 44,6° |
| Saint-Martin-de-Boscherville, abbatale Saint-Georges (restitution) | 1120-1130d | 44,6° |
| Saint-Martin-de-Boscherville, église abbatale Saint-Georges | 1224-1229d | 46,1° |
| Rouen, maison, n° 18 rue Saint-Romain | 1201-1216d | 47° |
| Fontaine-le-Pin, chapelle de l'ancienne commanderie templière de Voismer | 2 nd e moitié du XII ^e s. | 48° |
| Gravigny, ancienne léproserie Saint-Nicolas | 2 nd e moitié XII ^e s. | 48,3° |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : chœur | 1200-1206d | 48,6° |
| Mesnil-Mauger, église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais | 1144d | 49° |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : croisillon nord | 1192-1202d | 49° |
| Saint-Pierre-sur-Dives, halles | 1220-1230 | 49,2° |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : croisillon sud | 1199-1208d | 49,3° |
| Crouttes, grange du prieuré Saint-Michel | Vers 1222d | 49,4° |
| Heurteauville, grange | 1237-1243d | 50,2° |
| Radepont, abbaye de Fontaine-Guépard | Début XIII ^e s. | 50,4° |
| Villiers-en-Desœuvre, chapelle Notre-Dame-du-Temple de Chanu | 1183-1192d | 50,8° |
| Quatremare, église Saint-Hilaire | 1 ^{ère} moitié XIII ^e s. | 51,3° |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : réfectoire | 1241 | 51,5° |
| Rouen, maison rue Malpalu | Fin XII ^e -début XIII ^e s. | 52° |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : dortoir | 1221 | 52,4° |
| Boos, manoir de l'abbaye de Saint-Amand | Milieu XIII ^e s. | 52,4° |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : chauffoir | 1221 | 52,5° |
| Norrey-en-Auge, église paroissiale Sainte-Anne | 2 nd e moitié XII ^e s. | 52,6° |
| Rouen, cathédrale Notre-Dame : nef (restitution) | 1195d-1200 | 53° |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : nef | 1182/1183d | 53,2° |
| Fécamp, église abbatale de La Trinité | 1217-1223d | 53,5° |
| Médavy, église prieurale Notre-Dame du Repos | 2 nd e moitié XII ^e s. | 54° |
| Rouen, cathédrale Notre-Dame : nef | 1227-1232d | 54° |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : grange | 1228 | 54° |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : chapelle Saint-Pierre | 1224-1225d | 54° |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : croisillon nord | 1250d | 54° |
| Bayeux, maison impasse Prud'homme | 1226d | 54,5° |
| Saint-Martin-de-Boscherville, chapelle des Chambellans | 1295 | 54,5° |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : chapelle axiale | 1224-1225d | 56,5° |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : croisillon sud | 1223-1226d | 56,5° |
| Saint-Sulpice-sur-Risle, église paroissiale Saint-Sulpice | 2 nd e moitié XII ^e s. | 57° |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : chapelle de la Conception | 1224-1225d | 57° |
| Gisors, chapelle Saint-Laurent de la ferme des Vaux | 1224-1225 | 59° |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : chœur | 1227/1228d | 59° |
| Rouen, logis abbatial, n°6 impasse Saint-Amand | 1248-1270 | 59,2° |

Tableau des pentes de toitures normandes entre le XI^e et le XIII^e siècle (fig. 132).

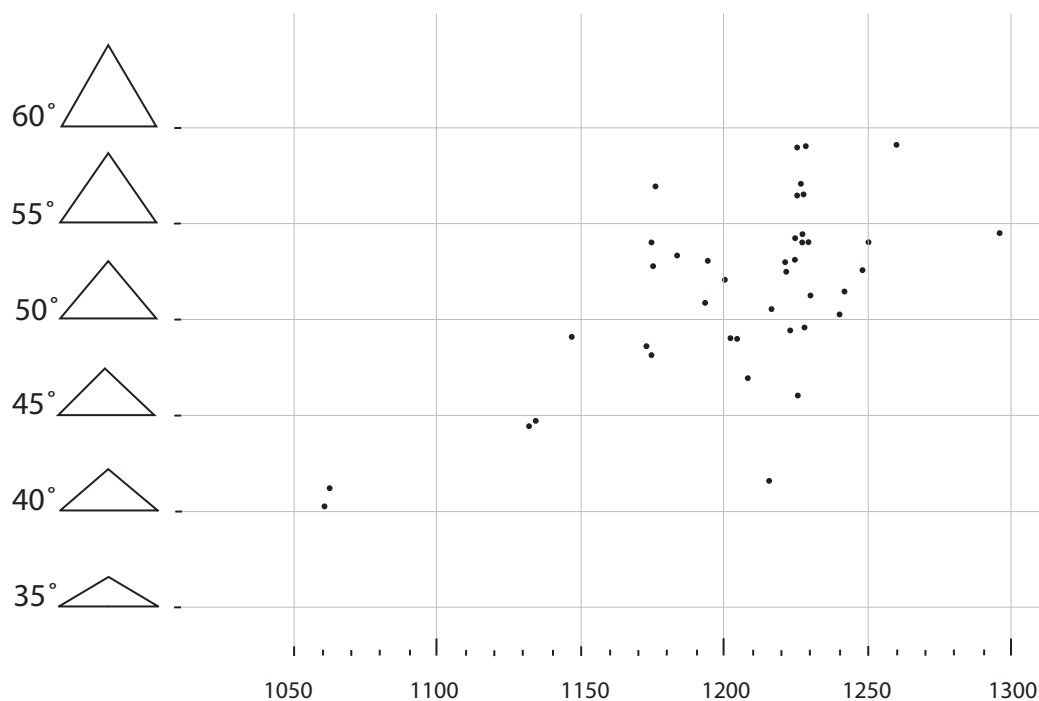


Fig. 132 : Évolution des pentes de charpentes du XI^e au XIII^e siècle en Normandie.

que leur nombre très réduit pour les XI^e-XII^e siècles incite à une certaine retenue. La pente des toitures des édifices religieux avoisine en moyenne 44° du XI^e siècle au début du XII^e siècle et se redresse ensuite pour atteindre approximativement 52° à la fin du XII^e siècle et durant la première moitié du XIII^e siècle.

La faible pente des toitures des charpentes à chevrons-formant-fermes romanes, c'est-à-dire de celles qui répondent au système compressif, résulte de l'imbrication de plusieurs facteurs.

On peut avancer en priorité l'hypothèse d'un héritage des formes des toitures d'édifices religieux du haut Moyen Âge. En effet, les rares vestiges et les tentatives de restitution des combles de basiliques et autres églises paléochrétiennes du nord-ouest de l'Europe présentent une inclinaison très faible, de l'ordre de 30° à 40° comme celles de la basilique Saint-Pierre à Vienne du V^e siècle (35° environ), du baptistère Saint-Jean à Poitiers du VII^e siècle (31°), de l'église de Théodulphe à Germigny-des-Prés dans le Loiret datée de 806 (30° environ)³⁹ ou l'église de la Basse-Cœuvre de Beauvais du X^e siècle (inférieure à 40°). Ces inclinaisons semblent traduire une permanence des formes architecturales et aussi des toitures des édifices religieux de l'Antiquité jusqu'à l'an Mil.

Comme cela a été évoqué plus haut, la distribution des pièces au sein des fermes et donc la pente des versants correspondent à

une définition géométrique dictée par un tracé d'épure propre aux charpentes de cette époque. La forme en quadrillage de ces tracés régulateurs, notamment pour les charpentes du type de Neuf-Marché, implique une inclinaison des diagonales proche de 45°. Le tracé des chevrons comme des autres éléments de la ferme obéit à la trame géométrique de ces épures qui demeurent, jusque dans la seconde moitié du XII^e siècle, sous l'aspect d'un maillage orthogonal ou diagonal. Avec l'avènement des charpentes gothiques, ce type de tracé d'épure est abandonné au profit de nouveaux procédés qui privilégient l'emploi du cercle tiré au cordeau et c'est lors de cette transition que le rehaussement des toitures se produit. Cette définition du tracé expliquerait en partie l'inclinaison des toitures des charpentes romanes même si ce déterminisme reste malgré tout fort contestable, admettons-le.

En fait, le facteur déterminant de cette faible pente est lié à la statique des charpentes romanes. Une faible inclinaison des versants, inférieure à 50°, permet en effet de limiter les charges induites aux entrants qui ont pour fonction, dans la charpente romane, de reprendre le poids du chevronnage. Les chevrons sont soutenus par des potelets ou des écharpes qui s'appuient directement sur les entrants. En réduisant la pente, les chevrons et leurs pièces de raidissement deviennent plus courts avec une section plus réduite, ce qui tend à restreindre leur poids et les contraintes induites sur l'entrant. La surface de la toiture et par conséquent le poids des matériaux de couverture sont tout autant

39. BARRAL I ALTET 1997, p. 84, 86-87, 141.

réduits. Ainsi, plus l'inclinaison des versants est faible, plus le poids de la charpente et de la couverture transmis aux entrails est limité.

Il semble donc que pour les charpentes romanes où l'entrait des fermes récupère l'essentiel des charges de la charpente et de la couverture, la réduction de la pente du toit soit un facteur déterminant pour limiter les contraintes mécaniques, alléger la charpente et éviter ainsi la rupture des entrails, dont la forte section est l'une des principales caractéristiques. La résistance des entrails à la flexion et à la réception des charges de la charpente conditionnerait ainsi la pente des versants.

Les sections des bois

Les bois de la charpente de Neuf-Marché (1127-1133d) se regroupent en deux catégories distinctes : celle des chevrons, des poteaux, des faux-entrails et des jambes de force qui présentent tous une section de 10 x 11 cm, et celle des entrails de 26 cm de haut sur 17 cm de large en moyenne.

De telles sections sont caractéristiques des charpentes romanes (fig. 128-129). En effet, dans les charpentes à chevrons-formant-fermes avec des fermes dotées d'un entrait à la base, les chevrons et les pièces de raidissement ont une très faible section tandis que les entrails présentent systématiquement une section rectangulaire plus haute que large comme ceux de l'église Saint-Georges de Boscherville (1120-1130d), de 26 x 20 cm sur la nef et de 30-43 x 23 cm sur le transept, ceux du transept de l'église abbatiale de La Trinité à Caen (XI^e siècle) de 32 x 20 cm ou encore ceux de l'église Saint-Pierre à Dreux en Eure-et-Loir, de 33 x 15 cm⁴⁰. Citons également la charpente de Saint-Germain-des-Prés à Paris (1018-1038d) avec des chevrons de 12 x 11 cm et des entrails de 32 x 19 cm, celle de Saint-Pierre de Montmartre (1164-1174d) avec 12 x 12 cm pour les chevrons, poteaux et entrails retroussés, et 31 x 21 cm pour les entrails, et la charpente de l'église Saint-Denis à Liège (vers 1190) avec des sections de 10 x 15 cm pour les poteaux⁴¹.

La section rectangulaire des entrails, taillés dans un bois de brin et posés de chant, leur permet de répondre aux efforts de compression qu'ils subissent. Récupérant le poids des chevrons transmis par les potelets, les jambes de force ou les écharpes, les entrails doivent résister à la flexion et seule une section rectangulaire peut leur assurer une résistance convenable à ce type de contrainte.

La faible section des pièces de raidissement comme des chevrons est directement liée à la pente des versants qui limite la longueur des chevrons, des poteaux et des autres bois de la ferme,

à l'exception des entrails, bien sûr. La section de ces pièces en bois de brin, proportionnelle à la longueur de la grume, reste par conséquent limitée à 12 x 12 cm tant que la pente demeure inférieure à 45°. Seules les rares charpentes romanes dont les versants sont proches de 50° ou celles de très grande portée ont des bois de section plus développée, comme à l'abbatiale de Floreffe en Belgique (1175-1180d) avec des sections de 16 x 16 cm pour les pièces de raidissement⁴² ou bien la cathédrale de Tournai (1142-1150d) avec 11,65 m de portée. Quant aux entrails, le surdimensionnement de leur hauteur par rapport à leur largeur est la réponse la mieux adaptée pour résister à la flexion infligée par cette transmission directe des charges de la charpente et de la couverture.

Avec l'avènement des charpentes gothiques caractérisées par la travée et l'abandon du système compressif dans le courant du XII^e siècle en Normandie, les toitures se redressent pour atteindre 60° au XIII^e siècle tandis que la surface des couvertures s'accroît en proportion. Ce rehaussement des toits entraîne l'augmentation de la longueur du chevronnage et des pièces internes du raidissement. La section des pièces va donc se développer en proportion et atteindre une moyenne de 16 x 16 cm (cathédrales de Lisieux, Bayeux, Rouen, abbatiale de Fécamp...). Seules les petites charpentes de faible portée (entre 5 et 6 m), dont les versants sont limités à une longueur de 6 m, conservent des bois de faible section, voisine de 12 x 12 cm en proportion à leur longueur (chapelle de la ferme de Vaux en 1224d à Gisors, églises de Quatremare, de Norrey-en-Auge ou de Sainte-Marie-aux-Anglais).

L'adoption des principes gothiques et la diffusion des techniques de compensation des charges par le poinçon impliquent un travail des entrails non plus en compression mais désormais en traction. Leur section va donc se réduire considérablement et adopter celle d'un simple carré dans le courant de la seconde moitié du XII^e siècle en Normandie.

L'idée d'une pente assujettie à un couvrement particulier et d'un redressement des toits provoqué par un changement de type de matériaux de couverture ne paraît pas crédible pour la Normandie à cette époque dans l'état actuel des connaissances. En effet, bien que certains monuments, comme la cathédrale de Lisieux, soient couverts en tuiles dès la fin du XII^e siècle, la diffusion de cette dernière, ainsi que sa commercialisation, ne semblent dater que de la fin du XIII^e siècle – notamment en Basse-Normandie dans le pays d'Auge⁴³. De plus, des régions comme le Cotentin n'ont jamais cessé d'exploiter et de diffuser le schiste ardoisier pour le couvrement des édifices ecclésiastiques et seigneuriaux jusque vers le milieu du XIV^e siècle⁴⁴. Quant à

40. Le seul entrait conservé de la charpente romane se situe dans le chœur.

41. HOFFSUMMER 1989, vol. 2, p. 203.

42. HOFFSUMMER 1989, p. 106.

43. MANEUVRIER 1999, p. 353.

44. BOÛARD 1965, p. 415-436.

l'ardoise fine d'Angers, des Ardennes, de Bretagne ou d'Angleterre, il faut attendre la fin du XV^e siècle pour la voir utilisée en Normandie orientale⁴⁵. L'emploi d'essentes ne requiert pas de pente particulière. En Roumanie, en Pologne ou encore en Scandinavie, la plupart des églises en bois recouvertes d'essentes, qui présentent des charpentes à chevrons-formant-fermes, ont des pentes variant de 50° à 60° . De plus, l'abandon des essentes et l'adoption de la tuile pour le couvrement des églises ne semblent pas antérieurs au $XIII^e$ siècle, c'est-à-dire après le redressement généralisé des versants de comble vers le milieu du XII^e siècle.

Aucun grand changement n'apparaît donc dans le mode de couvrement des édifices religieux vers le milieu du XII^e siècle, époque à laquelle la pente des toits se redresse de 10° en moyenne. Dans l'attente d'éventuelles études sur les couvrements en tuiles des XII^e - $XIII^e$ siècles, il semble plus logique de rattacher ce phénomène à l'abandon du système compressif romain et à l'avènement des principes gothiques, notamment la travée, dans les charpentes du XII^e siècle.

Les assemblages

Dans les charpentes romanes, on constate l'emploi systématique du mi-bois à demi-queue d'aronde pour tous les assemblages d'about des pièces de raidissement, c'est-à-dire les faux-entraits, les poteaux et les contrefiches (fig. 133). Il s'agit d'une entaille ouverte dans laquelle vient se loger un tenon bâtarde (tenon à unique arasement) dont l'une des deux joues est en retrait par rapport à l'axe du tenon pour servir d'accroche. Les chevrons s'assemblent en tête par simple mi-bois comme les croisements des éléments de raidissement. Ces pièces s'assemblent donc sur le flanc des entrants par des mi-bois à demi-queue d'aronde comme à Neuf-Marché, et sur des bois romans réemployés à Dreux dans l'église Saint-Pierre, à l'église Saint-Maurice de Gaillefontaine (Seine-Maritime) ou à Saint-Germain-des-Prés. Cet emploi quasi-exclusif du mi-bois dans les assemblages se remarque également aux XI^e - XII^e siècles dans d'autres régions, en France (églises de Chabris dans l'Indre⁴⁶, de Chivy-lès-Étouvelles dans l'Aisne⁴⁷, ou de Les-Fontaines dans le Nord⁴⁸) comme en Belgique (fig. 491-492). De même, les entrants du XI^e siècle de la cathédrale Saint-Jean-de-Maurienne en Savoie ne présentent que des assemblages à mi-bois⁴⁹.

L'emploi de cet assemblage s'explique par les avantages qu'il procure pour la taille des entailles et surtout pour la mise en place

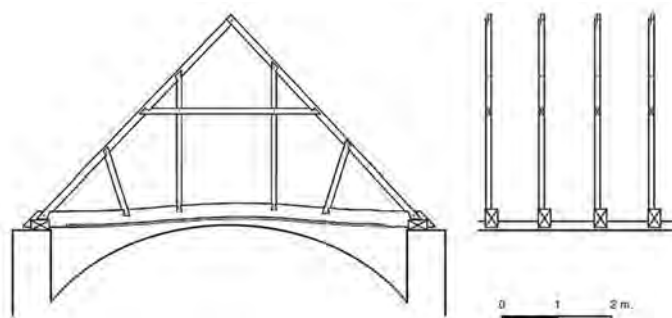


Fig. 133 : Charpente du bras nord de l'église de Saint-Clair-sur-Epte (Val-d'Oise), fin XI^e -début XII^e siècle, restituée d'après ses réemplois.

des bois. Concernant la taille des mi-bois, les entailles sont creusées au ciseau directement suivant le tracé du piquage sur la face d'établissement des bois, sans qu'il soit forcément nécessaire de pratiquer au préalable le lignage destiné à aligner sur un même axe et dans un plan commun les assemblages de la ferme. Pour la mise en place des bois, il est évidemment plus pratique d'emboîter les éléments à partir d'une face commune aux bois et de les assembler successivement, les uns après les autres, que d'engager simultanément plusieurs tenons-mortaises, ce qui n'est pas sans demander une certaine coordination des manœuvres de levage.

Dans toutes les charpentes romanes à système compressif utilisant des assemblages à mi-bois, on constate que les éléments de raidissement verticaux et obliques recouvrent systématiquement les entailles de croisement des faux-entraits et qu'ils sont donc toujours assemblés en dernier. L'ordre de levage des bois d'une ferme consiste ainsi, après avoir monté l'entrait, à dresser en priorité le couple de chevrons raidis par un faux-entrait pour ensuite mettre en place les poteaux, les contrefiches et les jambes de force.

L'emploi quasi-exclusif du mi-bois à demi-queue d'aronde dans ces charpentes du XI^e siècle et de la première moitié du XII^e siècle s'explique donc par ses avantages pratiques pour la taille et la mise en place des bois. Il ne semble pas qu'il fut spécialement utilisé pour ses propriétés statiques à savoir sa résistance à la traction du fait de l'absence de ce type d'effort dans les charpentes romanes. Dans le système compressif, il présente même un certain handicap puisqu'il peut se déchausser et sortir de son entaille sous l'effort d'une compression désaxée ou décalée du plan de la ferme. Ce cas de figure peut se présenter pour les mi-bois taillés sur le flanc de l'entrait pour le pied des pièces de raidissement (poteaux et contrefiches) lorsque la ferme a tendance à se déverser, ce qui est très fréquent pour les charpentes non contreventées. Pour cette raison, ces assemblages vont vite disparaître sur les entrants aux pieds des pièces et être remplacés par des tenons-mortaises au cours de la seconde moitié du XI^e et au début du XII^e siècle en Normandie. En Belgique et dans l'est de la France,

45. LARDIN 1995, p. 213.

46. CRMH 1982a, D.7055-7057; LE PORT 1977a, p. 390.

47. CRMH 1982a, D.10440-10443; ROCARD 1984, p. 147; LE PORT 1977a, p. 390.

48. LE PORT 1977a, p. 389.

49. PARRON et TILLIER 1995, p. 257-261.



Fig. 134 : Mortaises « primitives », église Saint-Georges de Boscherville (1120-1130d) à droite et église de Neuf-Marché (1127-1133d), Seine-Maritime.

les charpentes conservent les mi-bois plus tardivement qu'en France : certaines charpentes belges du XIII^e siècle utilisent encore des mi-bois en pied de pièces alors qu'en Normandie cette pratique a disparu depuis presque un siècle.

Ces nouveaux assemblages apparaissent sous l'aspect de petites mortaises carrées peu profondes et dépourvues de trou de cheville surtout sur les entrails pour le pied des éléments de raidissement dans les charpentes du transept de l'église abbatiale de La Trinité à Caen (1059-1080) et pour le début du XII^e siècle dans l'église Saint-Georges de Boscherville (fig. 134) et dans la chapelle Saint-Lazare de Gisors. À Neuf-Marché (1127-1133d), ces prototypes de tenons-mortaises apparaissent dans la croupe pour caler des contrefiches (fig. 134) et en pied de chevron pour les bloquer sur une plate-forme.

Ces ébauches de tenons-mortaises permettent déjà de mieux asseoir les pièces de raidissement sur l'entrait et d'éviter leur déchaussement en cas de déversement des fermes. L'absence de trou de cheville s'explique ici par les efforts de compression qui agissent sur ces assemblages et suffisent à les maintenir en place. Leur utilisation se limite dans un premier temps aux entrails jusque vers le milieu du XII^e siècle en Normandie. Très vite, la forme du tenon-mortaise atteint sa pleine maturité avec une profonde mortaise rectangulaire, percée d'un trou de cheville, et se voit employé aux extrémités des faux-entrails comme à l'église Saint-Pierre de Montmartre (1164-1174d) et aux premiers blochets à Sainte-Marie-aux-Anglais vers 1144d. Au cours de la seconde moitié du XII^e siècle, il se répand peu à peu aux autres



Fig. 135 : Assemblage à mi-bois avec ergot, début XIII^e siècle. Église de Quatremare (Eure).

éléments de raidissement pour conquérir, dans la première moitié du XIII^e siècle, l'ensemble des assemblages de la ferme au détriment des mi-bois.

Vers le milieu du XII^e siècle apparaît l'assemblage à mi-bois avec ergot qui se distingue du mi-bois à demi-queue d'aronde par deux joues parallèles et la présence d'une petite encoche sur la joue supérieure pour garantir l'accroche des deux bois assemblés (fig. 135). On le voit pour la première fois à Boscherville (1120-1130d) sur les chevrons, en tête des jambes de force et aux abouts des faux-entraits et aussi à Sainte-Marie-aux-Anglais (1144d) pour les jambes de force et les aisseliers courbes de la voûte. Cet assemblage se rencontre souvent en association avec les mi-bois à demi-queue d'aronde jusque dans la première moitié du XIII^e siècle. Il est employé spécifiquement pour l'assemblage de deux bois écartés de moins de 40° environ. Pour cette raison, il est très souvent utilisé pour le pied des écharpes ou en tête des jambes de force dans les charpentes de la fin XII^e-début XIII^e siècle en Normandie comme sur la cathédrale de Rouen ou de Bayeux.

Nous ne connaissons pas d'assemblage de raccord d'éléments longitudinaux pour les charpentes romanes en Normandie en raison du remplacement et/ou de la disparition des sablières ainsi que de l'absence de toute autre pièce longitudinale. À Cormeilles-en-Vexin (Val-d'Oise), les sablières (1005-1015d) de la charpente (disparue) étaient placées bout à bout sans assemblage (fig. 136). Dans l'église Saint-Pierre de Montmartre, vers 1164-1174d (fig. 128-d), les sablières d'origine s'assemblent longitudinalement entre elles par une enture oblique (fig. 137) et dans l'abbatiale de la Bussière-sur-Ouche en Côte-d'Or, vers 1148d, elles s'emboîtent par une enture droite (fig. 138).

Le mode d'assemblage des entrails aux sablières est là aussi difficile à identifier en Normandie faute de témoin en place. À Neuf-Marché comme à Boscherville, les entrails reposent directement sur les sablières sans assemblage. Il en est de même pour les entrails des charpentes du XI^e siècle de l'église de Deuil-la-Barre (Val-d'Oise)⁵⁰, de l'église Notre-Dame à Maastricht (en Belgique)⁵¹, de l'église Saint-Germain d'Allouis (Cher, vers 1125d)⁵² et ceux de l'église de Chivy-lès-Étouvelles (Aisne, vers 1129-1139d)⁵³. D'autres charpentes semblent même dépourvues de sablières comme à Chabris (Indre, XI^e siècle)⁵⁴ ou à Amay (Belgique) sur l'église Saint-Georges vers 1090-1100d⁵⁵.

L'un des systèmes les plus primitifs de calage d'entrait dans les sablières se rencontre dans l'église de Cormeilles-en-Vexin (fig. 136), vers 1005-1015d et de Deuil-la-Barre en 1095d

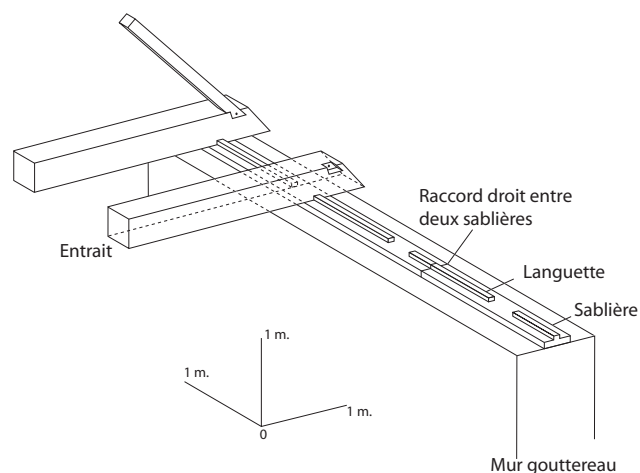


Fig. 136 : Dispositif de calage des entrails sur une sablière à languette discontinue (1005-1015d). Cormeilles-en-Vexin, nef (Val-d'Oise).



Fig. 137 : Enture chevillée des sablières (1164-1174d). Église Saint-Pierre de Montmartre, Paris.

dans le Val-d'Oise et dans l'église Saint-Germain-des-Prés vers 1018-1038d. À Cormeilles-en-Vexin (fig. 139), les sablières sont longues de 7 m, d'une section de 30 x 5 cm, posées à plat, avec une languette discontinue en milieu de face supérieure de 5 x 5 cm de section. La languette s'interrompt tous les 70 à 80 cm sur 20 cm environ pour laisser place à l'entrait qui s'intercale entre ces ressauts de calage, bloqué par eux sans aucun autre assemblage. Les extrémités de ces sablières sont droites, dépourvues d'assemblage entre elles. Ce système se retrouve à l'identique à Deuil-la-Barre dans la croisée du transept (1095d). À Saint-Germain-des-Prés, le système est analogue avec une sablière longue de 8 m, de 41 x 9 cm de section avec en milieu de face supérieure une languette large de 11 cm, interrompue tous les 72 cm en moyenne pour l'insertion des entrails (fig. 140). Ce mode d'assemblage est très simple, efficace et limite la taille d'entaille en sous-face des

50. ÉPAUD 2005.

51. HOFFSUMMER 1989a, vol. 2.

52. CRMH 2002, p. 15-17.

53. CRMH 1982a, D.10440-10442 et HOFFSUMMER (dir.) 2002, p. 166.

54. CRMH 2002, p. 10-15.

55. HOFFSUMMER 1989a, vol. 2, p. 7.



Fig. 138 : Enture droite des sablières (1148d). Église de la Bussière-sur-Ouche (Côte-d'Or).



Fig. 139 : Sablière à languette discontinue (1005-1015d).
Église de Cormeilles-en-Vexin (Val-d'Oise).



Fig. 140 : Sablière à languette, 1018-1038d. Les languettes ont été
bûchées pour le réemploi des sablières comme pannes.
Église Saint-Germain-des-Prés, Paris.

entraits. Ce système ne semble pas avoir perduré au-delà du XI^e siècle sous cette forme. Toutefois, un système analogue de blocage se rencontre en Normandie dans le courant du XII^e siècle jusqu'au début du XIII^e siècle à Gravigny, à Vaux dans la chapelle Saint-Laurent (1224d) et dans le déambulatoire (1224-1225d) de la cathédrale de Bayeux. La languette est ici continue sur toute la longueur de la sablière (fig. 141).

Les entrails ou les blochets présentent en sous-face une rainure dans laquelle vient se loger la languette ce qui permet de coulisser les pieds de ferme à n'importe quel endroit sur la sablière et d'éviter ainsi de tailler spécifiquement des assemblages adaptés pour chaque entrait ou blochet. Ce mode d'assemblage se rencontre aussi à Saint-Pierre de Montmartre vers 1164-1174d (fig. 142) et, en Belgique, à Liège dans l'église



Fig. 141 : Sablière à languette continue, seconde moitié XII^e siècle. Maladrerie de Gravigny (Eure).



Fig. 142 : Entaille en sous-face d'un entrait pour la languette d'une sablière, 1164-1174d. Église Saint-Pierre de Montmartre, Paris.

Saint-Denis vers 1015-1020d, à Theux dans l'église Saints-Hermès-et-Alexandre vers 1094-1095d⁵⁶.

La croupe

Le seul exemple recensé en Normandie d'une croupe appartenant à une charpente romane est celui de Neuf-Marché (1127-1133d) en Seine-Maritime. Cette croupe comprend une ferme et 13 demi-fermes constituées chacune d'un chevron étayé par une contrefiche, et d'un demi-entrait à leur base (Neuf-Marché, fig. 9-10). L'enrayure de ces demi-entrants s'organise selon un plan rayonnant complété par six embranchements.

La moitié sud de la croupe se distingue nettement de l'autre moitié par la structure de leurs demi-fermes. Au sud, les demi-fermes ont été exécutées sur le plan d'une moitié de ferme principale avec la même disposition des éléments raidisseurs. Cependant plusieurs éléments comme les jambes de force et les poteaux n'ont jamais été mis en place dans les assemblages pourtant présents sur les chevrons et les entrants. En effet, le plan vertical des chevrons ne correspondait pas à celui de leur demi-entrait à l'exception de la demi-ferme axiale. Une contrefiche fut donc placée pour étayer chacun de ces chevrons en prenant appui sur les demi-entrants.

Dans la moitié nord, les chevrons sont simplement étayés par une contrefiche encastrée en tête dans une cavité creusée dans le chevron et appuyée en pied sur une sole posée à plat sur plusieurs entrants. Les demi-fermes sud, qui ont été montées en premier, témoignent indéniablement d'une erreur de conception commise lors de l'exécution au sol de la croupe et qui n'a pas été reproduite sur les demi-fermes nord. Les charpentiers avaient en effet conçu la croupe comme une structure composée de demi-fermes reproduisant exactement le schéma d'une moitié de ferme principale, disposées selon un plan rayonnant. Cependant, l'impossibilité de placer dans le même plan vertical les chevrons et leur demi-entrait a contraint les charpentiers à improviser un dispositif d'étalement fait de contrefiches⁵⁷.

Cette erreur peut s'expliquer par les difficultés de concevoir et d'exécuter une structure en trois dimensions à une époque où toutes les charpentes sont constituées de fermes indépendantes dépourvues d'éléments longitudinaux. Cette croupe témoigne d'une perception bi-dimensionnelle de la charpente romane dont la structure correspond effectivement à une succession de plans verticaux non reliés longitudinalement. Les charpentiers

responsables de cette croupe ont donc certainement cherché à réaliser cet ouvrage sur le même mode de pensée que pour une charpente de comble à deux versants, les croupes restant des constructions relativement rares à cette époque. Cette difficulté de perception s'observe également dans le décalage des blochets et des chevrons dans les croupes des charpentes de l'église Saint-Aignan de Cour-Cheverny dans le Loir-et-Cher vers 1159d ou dans l'église Saint-Symphorien de Tours vers 1180d⁵⁸.

Ce n'est que vers la fin du XII^e siècle qu'apparaissent en Normandie les premiers éléments longitudinaux dans les charpentes et que se développe la conceptualisation de structures tridimensionnelles plus complexes. Le beffroi roman de la cathédrale de Bayeux présente encore une structure composée uniquement de pans-de-bois plus ou moins indépendants les uns des autres et non d'éléments travaillés dans trois plans directionnels.

La disparition des charpentes du XI^e siècle résulte certes d'une évolution des formes de combles aux XII^e-XIII^e siècles mais elle s'explique aussi en grande partie par leurs nombreux défauts de conception liés à cette perception bi-dimensionnelle des structures de combles qui a engendré le déversement quasi systématique des fermes lors des découvertures, lui-même facilité par des assemblages inadaptés aux contraintes de la charpente.

Les bas-côtés

En France, le seul exemple connu de charpente romane conservée sur des bas-côtés est situé à Beauvais dans l'église de la léproserie Saint-Lazare, construite dans la seconde moitié du XII^e siècle (fig. 143). Accolés au vaisseau principal de la nef, les deux collatéraux conservent sur toute leur longueur leurs charpentes d'origine en forme d'appentis. Non encore relevées, ces structures témoignent des mêmes principes de la charpenterie romane que les charpentes couvrant les vaisseaux principaux des églises de cette période. Elles se présentent sous la forme d'une charpente à chevrons-formant-fermes constituée d'une succession de demi-fermes indépendantes, faiblement espacées et toutes pourvues à leur base d'un entrait rainuré pour l'insertion d'un plafond. Chaque demi-ferme comprend un chevron raidi par une jambe de force verticale, un potelet, une contrefiche oblique et en tête un deuxième potelet placé contre le mur de la nef, et à la base un entrait qui réceptionne toutes ces pièces par tenon-mortaise. Tous les assemblages des pièces de raidissement au chevron se font par mi-bois. Ces demi-fermes ne sont pas reliées entre elles longitudinalement, seul le lattis de la couverture assure leur contreventement. Les entrants travaillent en flexion et récupèrent

56. HOFFSUMMER 1989a, vol. 2, p. 195 et 321.

57. Le report des charges des demi-fermes sud sur la ferme principale a entraîné très rapidement des désordres structurels qui ont été repris à la fin du XI^e-début du XII^e siècle en renforçant la ferme par le rajout d'un poteau axial.

58. CRMH 2002, p. 18-31 et 66-84.



Fig. 143 : Charpente romane du bas-côté nord de l'église de la maladrerie Saint-Lazare de Beauvais, seconde moitié du XII^e siècle.

toutes les charges du couvrement transmises par les pièces de raidissement.

Malgré la rareté de cet exemple, cette charpente témoigne de la généralisation du principe compressif à l'ensemble des parties d'un édifice. Un autre exemple est connu en Belgique, sur les bas-côtés de la collégiale Saint-Vincent de Soignies, datées de 1185-1200, qui reprend à l'identique ces dispositions et ces principes.

L'espacement des fermes

Les charpentes romanes en Normandie sont constituées d'une succession de fermes identiques avec un entrain à leur base dont

l'espacement détermine, sur les édifices non voûtés, la trame d'un plafond apparent. C'est pourquoi il est parfois délicat de dissocier la structure même de ces charpentes de celle des plafonds dont la rythmicité des entrains pouvait jouer un rôle esthétique et ornemental dans ces églises.

Dans le chœur de l'église de Neuf-Marché, datée de 1127-1133d, la charpente est dissimulée par une voûte en berceau d'origine (Neuf-Marché, fig. 3). Les fermes disposées côte à côte sont espacées de 54 cm à l'entrevous des entrains, c'est-à-dire d'un flanc à un autre, pour les fermes n'ayant pas subi de déplacement. L'entraxe moyen (espacement à partir de l'axe médian) de ces entrains et donc de ces fermes correspond à 72 cm pour une portée dans œuvre des murs de 5,94 m (entre les deux points d'appui de l'entrait).

Neuf-Marché, église Saint-Pierre
Tableau des espacements

| Entrain | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------|------|----|------|----|----|----|----|----|
| Largeur des entrains | 14,5 | 15 | 15 | 18 | 16 | 20 | 16 | 20 |
| Entrevous | 52 | 56 | 50 | 53 | 55 | 54 | 53 | |
| Entraxe | 66 | 71 | 66,5 | 70 | 73 | 72 | 72 | |

Sur les deux bras du transept de l'abbatiale Saint-Georges de Boscherville, la plupart des entrains de la charpente apparente primitive (1120-1130d) sont conservés en place (Saint-Martin-de-Boscherville, abbatiale Saint-Georges, fig. 10-11). Dans le croisillon nord, les entrains de 23,6 cm de large présentent un entrevous moyen de 69,8 cm soit un entraxe de 92,8 cm de moyenne pour une portée de 8,70 m. Les valeurs sont plus disparates dans le croisillon sud mais les moyennes restent très proches des précédentes avec un entrevous de 66,4 cm et un entraxe de 90,8 cm pour la même portée et une largeur moyenne d'entrait de 24,1 cm.

Saint-Martin-de-Boscherville, abbatiale Saint-Georges
Tableau des espacements

Croisillon nord :

| Entrain | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Largeur des entrains | 23 | 23 | 22 | 23 | 23 | 23 | 26 | 23 | 23 | 27 | / |
| Entrevous | 69 | 69 | 76 | 63 | 72 | 70 | 66 | 76 | 66 | / | / |
| Entraxe | 92 | 92 | 98 | 86 | 95 | 94 | 90 | 99 | 91 | / | / |

Croisillon sud :

| Entrain | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| Largeur des entrains | 27 | 24 | 25 | 28 | 24 | 24 | 22 | 21 | 23 | 25 | 22 |
| Entrevous | 83 | 50 | 70 | 69 | 64 | 64 | 64 | 56 | 73 | 99 | |
| Entraxe | 108 | 74 | 96 | 95 | 88 | 87 | 85 | 78 | 97 | 122 | |

En dehors de la Normandie, du XI^e au XII^e siècle, les charpentes à chevrons-formant-fermes à plafond (P) ou dissimulées par une

| Charpente | Date | Entraxe (en m) | Portée d'entrait (en m) |
|--|--------------------|-------------------|----------------------------|
| P- Liège, Saint-Denis ⁵⁹ | 1015-1020 | 1,12 | 10,50 |
| P- Saint-Pierre de Maurienne (Savoie), cathédrale : nef | 1074-1077 | 0,97 | 8 |
| P- Chabris (Indre) ⁶⁰ , église | XI ^e s. | 0,70/0,99 | 5,90 |
| P- Saint-Germain d'Allouis (Cher) ⁶¹ , église | 1124 | 0,90/1,00 | 6,75 |
| P- Amay (Belgique) ⁶² , église Saint-Georges | Vers 1150 | 1,00 | 7,40 |
| P- Paris, église Saint-Pierre de Montmartre : nef | 1164-1174 | 0,92 | 8,20 |
| Tournai, cathédrale, bras sud-partie sud ⁶³ | 1171 | 0,80/1,02 | 12,20 |
| Tournai, cathédrale, bras sud-partie nord ⁶⁴ | 1171 | 0,90/0,95 | 12,20 |
| P- Floreffe (Belgique), abbatale : bras nord ⁶⁵ | 1170-1180 | 0,83/0,90 | 9,50 |
| P- Floreffe (Belgique), abbatale : ouest du transept | Vers 1175 | 0,90 | 8,80 |
| P- Liège, église Saint-Barthélémy : nef ⁶⁶ | 1187-1188 | 0,90 | 9,20 |
| P- Haguenau (Bas-Rhin), église Saint-Georges : nef ⁶⁷ | 1229 | 0,90 | 7,92 |

P : charpente à plafond apparent.

voûte ont des valeurs d'espacement de fermes proches selon les portées (voir tableau ci-dessus).

On constate que l'écartement des fermes des charpentes romanes, d'axe en axe, varie entre 0,70 m et 1,12 m avec une moyenne autour de 0,93 m, quelle que soit la portée d'entrait. L'espacement des fermes n'est donc pas lié à la portée des entrails. L'écartement des fermes des charpentes de l'abbatiale de Boscherville s'intègre bien dans cette moyenne avec 92,8 cm et 90,8 cm tandis que celui de l'église de Neuf-Marché semble faire exception avec une valeur particulièrement faible.

L'espacement des fermes au sein d'une charpente romane en Normandie n'est jamais fixe et varie toujours de quelques centimètres autour d'une moyenne selon les différences de taille et de section des bois. Leur mise en place sur les sablières n'était donc pas rigoureusement fidèle à une valeur préétablie comme on l'observera parfois dans certaines charpentes des XII^e-XIII^e siècles. Une mesure approximative suffisait pour déterminer l'emplacement des fermes des charpentes romanes, correspondant peut-être à trois pieds pour Boscherville (entre 30,2 et 30,9 cm le pied) et deux pieds pour Neuf-Marché (36 cm le pied).

L'espacement des fermes autour de 93 cm en moyenne pour la plupart des charpentes romanes se justifie par deux raisons. La première est liée aux matériaux de couverture qui pour cette période étaient limités essentiellement aux bardeaux de bois, notamment en Normandie. La légèreté de cette couverture suppose un chevronnage très espacé et expliquerait l'écartement relativement grand des fermes. Les faibles sections du chevronnage de ces charpentes comme l'espacement important des fermes répondent au faible poids des matériaux de couverture et assurent

une relative économie dans la consommation en bois d'œuvre. Comme on le verra plus loin, à partir des XII^e-XIII^e siècles, les couvertures de tuiles, bien plus lourdes que les essentages, vont entraîner un rapprochement des fermes autour de 50-60 cm.

La deuxième raison serait liée à la nécessité de mettre en place des planchettes entre les entrails, généralement insérées dans des rainures, pour constituer le plafond de la charpente. La longueur minimale de ces planchettes aurait pu conditionner ainsi l'écartement des entrails. Le faible espacement des fermes de Neuf-Marché, autour de 72 cm, pourrait justement s'expliquer par l'absence de plafonnement.

Les plafonds en bois face aux voûtements en pierre

Comme nous l'avons évoqué plus haut, les édifices religieux au XI^e siècle en Normandie, dans leur grande majorité, n'étaient pas voûtés de maçonneries mais couverts d'un plafond en bois fixé aux entrails de la charpente. Cette disposition résulte d'un mode de couverture hérité des siècles précédents et de la difficulté technique et financière à cette époque de voûter en maçonnerie les édifices.

Dès l'époque paléochrétienne, le plafonnement des vaisseaux est reconnu dans nombre de basiliques comme celles de l'Anastasis de Jérusalem, de Saint-Étienne de Gaza et peut-être celles de Saint-Pierre et de Saint-Paul-hors-les-Murs de Rome avec des caissons en bois disposés entre les fermes, tandis que les charpentes des basiliques d'Afrique du Nord, de Grèce et d'Asie Mineure restaient apparentes, dépourvues de plafond⁶⁸. Sur plusieurs

59. HOFFSUMMER 1989, vol. 2, p. 201.

60. CRMH 2002, p. 10-14.

61. *Ibid.*, p. 15-17.

62. HOFFSUMMER 1989, vol. 2, p. 7.

63. GÉNICOT 1977, p. 143.

64. GÉNICOT 1977, p. 145.

65. HOFFSUMMER 1989, vol. 2, p. 106-110.

66. *Id.* 2002, p. 166.

67. CRMH 1982a, pl. D.4050.

68. SODINI 1977, p. 128.

grandes églises de Sicile de l'époque byzantine, ces caissons pouvaient être disposés entre les arbalétriers des fermes, ces dernières étant distantes de 2 à 3 m : la charpente de la cathédrale de Syracuse en offre un parfait exemple⁶⁹. Dans le nord-ouest de l'Europe, aux X^e-XI^e siècles, la plupart des grands édifices religieux perpétuaient cette tradition architecturale en dotant leurs vaisseaux de plafonds décorés ou non de peintures. On pense en particulier aux églises abbatiales Saint-Michel de Hildesheim en Allemagne, Notre-Dame de Jumièges ou Notre-Dame de Bernay, toutes trois de la première moitié du XI^e siècle. Ces plafonds apparaissaient comme la seule alternative possible aux difficultés techniques de voûter en maçonnerie ces larges vaisseaux ainsi qu'au coût financier que représentaient de tels travaux, même pour les plus modestes édifices.

Les rares témoignages de voûtes en berceau de pierre de l'époque romane en Normandie se rencontrent sur la tribune occidentale de Notre-Dame de Jumièges et au transept de l'abbatiale du Mont Saint-Michel vers 1040-1050, sur le chœur de l'église de Neuf-Marché vers 1065⁷⁰, de l'église Saint-Pierre de Touques et Notre-Dame d'Authueil vers la fin du XI^e siècle. Il faut attendre les dernières décennies du XI^e siècle pour voir les premières tentatives de voûtes d'arêtes sur de larges vaisseaux comme sur le chœur de Saint-Nicolas de Caen vers 1080 ou de La Trinité de Caen vers 1080-1090 et de grandes voûtes sur croisée d'ogives comme celles de l'abbatiale de Lessay ou de Durham en Angleterre⁷¹. D'autres recherches aboutirent vers 1115 sur l'abbatiale Saint-Étienne de Caen à des voûtes sur croisées d'ogives sexpartites établies sur des doubles travées ou de fausses voûtes d'ogives sexpartites vers 1125-1130 sur la nef et le transept de La Trinité de Caen⁷². Ces créations encore handicapées par leur lourdeur ouvrirent la voie aux voûtements sur croisées d'ogives de la première architecture gothique normande dans le courant du XII^e siècle. Ces essais s'appliquèrent en priorité sur le chevet des édifices en laissant encore les plafonds en bois apparents sur les nefs et transepts.

Dans de très nombreux cas, ces voûtes se substituèrent aux plafonds déjà en place comme sur le transept de La Trinité de Caen où sont encore conservées en réemploi dans la charpente actuelle les pièces d'ossature du plafond du XI^e siècle. Sur le transept de l'abbatiale Saint-Georges de Boscherville (1120-1130d), les entrants du plafond en bois sont encore en place au-dessus des voûtes construites au début du XIII^e siècle comme au-dessus des voûtes du XVII^e siècle de

la nef de l'église Saint-Pierre de Montmartre à Paris (1164-1174d).

Ces plafonds romans restaient parfois apparents jusqu'à la construction de voûtes qui fut souvent très tardive. Le plafond en bois toujours en place de la charpente romane de la cathédrale de Saint-Pierre de Maurienne en Savoie ne fut dissimulé qu'au XV^e siècle lors de l'édification des voûtes⁷³. De même, le plafond de la nef de l'église Saint-Pierre de Montmartre resta visible jusqu'en 1644 à la pose de voûtes : avant cette date, elle « *n'était point voûtée, ains lambrissée d'un meschant plafond* »⁷⁴. En Normandie, dans l'église abbatiale de Cerisy-la-Forêt, le plafond ne fut dissimulé que lors de la construction des voûtes au XIV^e siècle dans le chœur tandis que dans la nef et le transept, il resta encore apparent. Enfin, le plafond roman de la nef de l'église Saint-Germain de Saint-Germain-Village dans l'Eure fut conservé jusqu'en 1941 où il fut remplacé par une charpente voûtée⁷⁵.

Dans de nombreuses églises de campagne, les nefs et les transepts ne furent jamais voûtés et les plafonds en bois, refaits à différentes époques, restèrent visibles, perpétuant jusqu'à nos jours une forme architecturale typiquement romane. On peut encore en observer sur certains édifices romans comme sur le transept de l'église Saint-Pierre de Neuf-Marché (Neuf-Marché, fig. 4) ou sur la nef de l'église Saint-Maurice de Gaillefontaine en Seine-Maritime qui conserve encore dans le comble des éléments de la charpente romane. Dans les Vexin normand et français, cette mode du plafond de bois a perduré jusqu'à la fin du Moyen Âge, surtout sur les nefs des petites églises rurales, avec sommiers et solivages.

En Normandie et dans les régions limitrophes, nous avons recensé deux plafonds, un sur chaque bras du transept de l'église Saint-Georges de Boscherville, dont les entrants sont toujours en place, un autre presque intact avec encore de nombreux fragments de planches et leurs couvre-joints sur la nef de l'église Saint-Pierre de Montmartre à Paris et quatre charpentes qui conservent en réemploi des entrants de plafonds romans : la nef de l'église Saint-Georges de Boscherville, la nef de la chapelle Saint-Lazare de Gisors, le chœur de l'église Saint-Pierre de Dreux en Eure-et-Loir et la nef de l'église Saint-Germain-des-Prés à Paris. À proximité de notre région d'étude, on a recensé aussi des entrants romans dans les églises de Deuil-la-Barre, de Brignancourt dans le Val-d'Oise.

Sur le transept de l'église Saint-Georges de Boscherville (1120-1130d), les entrants larges de 23 à 24 cm sont espacés en moyenne de 69,8 cm dans le bras nord et de 66,4 cm dans le bras sud. Ils présentent tous sur leurs flancs, en partie inférieure, une rainure

69. ADAM 1984, p. 227.

70. Le chevet de cet édifice a en effet construit vers 1065 et a connu une reprise de sa charpente vers 1127-1133d (voir la monographie consacrée à cette église).

71. BAYLÉ 1997, p. 27-28.

72. *Ibid.*, p. 53-54.

73. PARRON et TILLIER 1995, p. 257.

74. BnF, ms. fr. 18818, p. 126. Rapportée dans DENEUX 1927, p. 50.

75. *Catalogue des Archives de la CMF* 1994, p. 142-143, pl. 1257-1263.



Fig. 144 : Rainures des entrails, 1120-1130d. Église Saint-Georges de Boscherville (Seine-Maritime).

large de 4 cm environ et profonde de 2 à 3 cm maladroitement taillée au ciseau d'après les nombreuses incisions laissées dans leur fond (fig. 144). Ces rainures sont irrégulières, rarement rectilignes, et semblent donc inadaptées pour l'insertion de larges planches de bois. Celles-ci nécessitent en effet des rainures plus profondes et rectilignes pour permettre leur glissement lors de la mise en place. Selon une hypothèse déjà avancée par E. Impey et Y. Lescroart, ces rainures conviendraient plus vraisemblablement à la pose d'un lattis constitué de lattes étroites, longues de 70 cm, débitées dans le sens du fil du bois et disposées les unes contre les autres, à la manière d'un hourdis de plafond⁷⁶. Il est de plus fort probable que ce lattis était à l'origine hourdé pour le jointoyer et le colmater à regarder les restes de liant conservés dans le fond de ces rainures. Ce liant semble en effet avoir été appliqué intentionnellement dans ces rainures et ne pas provenir d'éventuelles projections involontaires liées à la construction des voûtes sous-jacentes vers 1224-1229d.

Ce liant de couleur beige ressemble à du plâtre ou à un lait de chaux et d'argile dépourvu de sable. Il devait servir à la fixation du lattis et peut-être à son recouvrement en sous-face pour le dissimuler. Aucune trace de peinture n'a été relevée sur

la face inférieure des entrails ou sur les murs au contact de ce plafond.

Les entrails réemployés dans les charpentes de la nef de la chapelle Saint-Lazare de Gisors dans l'Eure (début du XII^e siècle), de l'église Saint-Maurice à Gaillefontaine en Seine-Maritime (XI^e siècle) et du chœur de l'église Saint-Pierre de Dreux en Eure et Loir (XI^e-début du XII^e siècle) présentent également sur les flancs des entrails, en partie inférieure, des rainures creusées maladroitement au ciseau. Leur irrégularité et leur faible profondeur les apparentent aux rainures identifiées dans les charpentes de Boscherville et apparaissent également inadaptées pour l'insertion de larges planches de bois. Leur aspect tend à confirmer là aussi un plafonnement de lattis peut-être hourdé d'un liant de colmatage. Le réemploi de ces bois n'a cependant pas permis de conserver d'éventuelles traces de peinture ou de ce liant.

Pour la Normandie, ces rares témoins correspondent donc tous à un unique type de plafond. Celui-ci se présenterait sous l'aspect d'un lattis hourdé, peut-être de plâtre ou d'un liant à base d'argile et de chaux, placé entre les entrails rapprochés des fermes au moyen de rainures creusées sur leurs flancs. L'absence de trace de peinture supposerait que le bois de ces plafonds était apparent à l'exception du lattis qui était probablement recouvert par le hourdis ou un enduit de même nature.

76. COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 60.



Fig. 145 : Plafond apparent, 1074-1077d (?).
Cathédrale Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie).

En dehors de la Normandie, ce type de plafond est relativement rare puisqu'il n'a été observé qu'à Deuil-la-Barre (Val-d'Oise), pour des entrails d'une charpente datée de 1095d, et dans le Loir-et-Cher à Fontaines-les-Côteaux dans une charpente datée de 1060d⁷⁷. En Belgique, il a été observé dans l'église Saint-Vincent de Soignies dans le Hainaut (1185-1200) avec des rainures sur le flanc des entrails⁷⁸. Des variantes existent comme dans l'église Sainte-Gandulphe de Saint-Trond ou plus tardivement dans l'église abbatiale de Floreffé (vers 1247) toujours en Belgique, avec des planchettes ou du lattis inséré dans des rainures creusées sur le flanc de longerons cloués en sous-face des entrails⁷⁹.

Le plafond pouvait aussi être constitué de simples planches posées sur les entrails, perpendiculairement à eux, comme celui toujours présent au-dessus des voûtes dans la nef de la cathédrale Saint-Pierre de Maurienne en Savoie, daté entre 1074 et 1077⁸⁰ (fig. 145). Les planches, larges de 40 cm environ, sont simplement posées les unes contre les autres sur les entrails, et sont recouvertes au-dessus d'une chape de mortier pour constituer un véritable plancher isolant. Aucune trace de peinture n'a été observée sur les bois, seule une frise murale en forme de damier ocre jaune et rouge vient souligner le niveau du plafond. Ce type de plafond se retrouve dans l'église de Tourinne-la-Grosse et de Seilles (XII^e siècle) en Belgique⁸¹.

La charpente datée de 1164-1174d qui couvre la nef de l'église Saint-Pierre de Montmartre à Paris, conserve sur la face inférieure des entrails de nombreux vestiges de planchettes et de couvre-



Fig. 146 : Couvre-joints et départs de lambris en place en sous-face des entrails, 1164-1174d. Église Saint-Pierre de Montmartre, Paris.

joints encore en place (fig. 146). Les clous servant à la fixation de ces éléments n'ont pour la plupart jamais été remplacés ce qui tend à confirmer leur mise en place d'origine. Ce plafond est constitué de rangées de fines planchettes de chêne, longues de 64 cm en moyenne, larges de 13 cm et épaisses de 0,3 à 0,6 cm, clouées aux extrémités sous les entrails. Ces planchettes se chevauchent bord à bord par un biseau large de 1 cm environ. La jonction de deux rangées de planchettes est camouflée par un cours de couvre-joints en chêne, longs chacun de 129 cm, large de 5,5 cm, de profil bombé et fixé par quatre clous. Le raccord entre ces couvre-joints se fait également par recouvrement grâce à un biseau taillé à chacune de leurs extrémités. La position exacte de chaque couvre-joint ne correspond pas toujours à l'axe des entrails puisqu'elle dépend avant tout de la longueur des planches et non de l'espacement des fermes. Il est possible de se demander dans quelle mesure la largeur de lambris a déterminé l'espacement des fermes de cette charpente. Là encore, aucune trace de peinture n'a été observée sur ces planchettes ou ces couvre-joints. Notons aussi le cas, dans l'église Saint-Georges à Amay en Belgique (1140-1150), d'un plafond suspendu dont il ne subsiste que les trous percés verticalement à travers les entrails pour retenir les attaches de suspension⁸².

D'après les rares témoins dont nous disposons, on constate que dans ces églises, le plafond en bois, qu'il soit en lattis inséré dans des rainures sur le flanc des entrails, en lambris cloué en sous-face des entrails ou en planches fixées sur eux, n'était pas rehaussé d'un décor peint; ces exemples ne permettent pas de généraliser.

77. AUBANTON 2003, p. 357-358.

78. HOFFSUMMER 1989, vol. 1, p. 60.

79. *Ibid.*, p. 60.

80. PARRON-KONTIS 2002, p. 76.

81. HOFFSUMMER 1989, vol. 1, p. 60.

82. HOFFSUMMER 1989, vol. 2, p. 4.

La sculpture ornementale

Les sculptures exécutées sur les bois des charpentes de cette période sont rarissimes. Comme antécédent, on connaît les motifs ornementaux sculptés sur les entrails de la charpente de l'église du monastère Sainte-Catherine du Mont-Sinaï, datée de 548-560⁸³. Les entrails de cette charpente apparente présentent en effet sur les faces latérales un décor analogue à celui des architraves en pierre avec au milieu de trois d'entre elles une inscription de dédicace, et sur leur face inférieure un décor de frises d'animaux, de scènes nilotiques ou de rinceaux, encadrés de bandes décoratives.

Si de tels décors sculptés existent sur les charpentes apparentes des basiliques paléochrétiennes du pourtour méditerranéen, rien ne permet d'affirmer que ce type d'ornementation a existé dans le nord-ouest de l'Europe où la mode semble plutôt avoir été de plafonner sobrement la charpente des combles, en disposant des planches au niveau des entrails, laissés apparents ou non. Pour la période romane en France, aucun entrail ne présente de sculpture ou de trace de peinture, dans l'état actuel des connaissances. Les églises scandinaves du XII^e siècle montrent quant à elles des poteaux à chapiteaux sculptés, des fermes apparentes ouvragées, des arcatures et aussi des portes décorées de rinceaux comparables aux enluminures des manuscrits de cette période comme celle de l'église d'Urnes, du XI^e siècle. Cependant, on ne possède aucun témoignage de ce type d'ornementation architecturale sur des charpentes romanes en France, à l'exception peut-être, et dans une moindre mesure, de la charpente du chœur de l'église Saint-Pierre de Neuf-Marché en Seine-Maritime, datée de 1127-1133d (fig. 147).

La particularité de cette charpente réside dans le fait que tous les entrails de l'abside se prolongent au-delà des sablières pour déborder à l'extérieur des murs sur 25 à 30 cm environ, sous le débord de la toiture (fig. 148). Chaque extrémité d'entrail présente une sculpture commune sur leur face inférieure pour être visible de l'extérieur, du pied de l'édifice. Cette sculpture est de forme géométrique et représente un petit tonnelet horizontal dans une gorge incurvée et chanfreinée aux arêtes. Cette représentation se reconnaît dans certains modillons en pierre d'édifices normands des XI^e-XIII^e siècles comme ceux des églises Saint-Étienne et Saint-Nicolas de Caen, de l'église abbatiale de Lessay, de l'église du prieuré Saint-Gabriel à Saint-Gabriel-Brécy (Calvados) ou de Saint-Georges de Boscherville.

Le comble de cette charpente était cloisonné de l'extérieur par des planchettes glissées en entrevous des entrails dans des rainures creusées sur leurs flancs, à la manière de cache-moineaux, au droit du parement extérieur des murs. À l'issue d'une fouille



Fig. 147 : Chevet de l'église Saint-Pierre de Neuf-Marché (Seine-Maritime).

réalisée dans les reins des voûtes de cette église, un bois sculpté a été retrouvé, malheureusement dans un état de détérioration très avancé (Neuf-Marché, fig. 17-18). Il représente une tête zoomorphe pourvue d'un cou plissé, de deux yeux cernés prolongés d'un rostre à deux becs. La face de cette tête devait être orientée vers le bas pour être visible du dessous. En surface, des traces fugaces d'un enduit blanc ont été observées avec quelques fragments d'une couche de peinture bleu-turquoise. Les sculptures actuelles de la croupe absidiale ne présentent aucune trace de peinture. Les restaurations du XVIII^e siècle ont supprimé les extrémités d'entrails du transept et de la travée droite du chœur, mais la restitution de cette charpente a permis de constater qu'ils faisaient également saillie à l'extérieur, du moins sur l'ensemble du chœur, et rien n'interdit que cette tête zoomorphe puisse provenir de cette charpente.

Régulièrement espacés en entrevous de 54 cm sur la travée droite du chœur et de 61 cm en moyenne sur l'abside, ces abouts d'entrails sculptés et peints faisaient office de modillons pour le haut des murs. La disparition de la plupart des charpentes romanes ne permet pas de savoir si les églises romanes dépourvues de modillons en pierre présentaient ce type de modillon en bois aux abouts des entrails débordants. D'autre part, cette disposition reste liée à la largeur des vaisseaux qui limitait la longueur

83. SODINI 1977, p. 129. Lire à ce sujet FORSYTH et WEITZMANN 1975.



Fig. 148 : Extrémités des entrails sculptées en forme de modillon, 1127-1133d. Église de Neuf-Marché (Seine-Maritime).

des entrails et donc leur saillie à l'extérieur des murs. Il faut certes rappeler que les entrails des fermes du comble rentraient dans la composition des plafonds apparents et qu'ils participaient dans une certaine mesure à l'ornementation architecturale de l'édifice. Le débord en saillie de ces entrails sous l'aspect de modillons pouvait renvoyer à l'extérieur sous forme décorative la trame de ces plafonds apparents.

Ces sculptures nous incitent à poser la question de l'origine des modillons romans en pierre. Ces derniers pourraient être une transposition dans un autre matériau d'une ornementation en bois antérieure au XII^e siècle. Les modillons en pierre reproduisent en effet l'écartement de 50 à 60 cm des fermes des charpentes romanes qui étaient toutes pourvues d'un entrail à la base. Il est donc probable que certains édifices religieux en bois de l'époque romane ou préromane laissaient déborder en saillie au-dehors les entrails de leur charpente apparente pour décorer le haut des maçonneries. Les modillons en pierre ne seraient que la forme « pétrifiée » de modillons en bois, hérités de la disposition caractéristique des entrails des charpentes à chevrons-formant-fermes de l'époque romane.



Fig. 149 : Entrails débordants, X^e-XI^e siècle. Église de la Basse-Cœuvre de Beauvais.

Dans le Cher, les entrails rapprochés de la charpente romane de l'église Saint-Germain d'Allouis, datée de 1125, débordent également en surplomb des murs gouttereaux⁸⁴ comme ceux de la charpente primitive de l'église du X^e siècle de la Basse-Cœuvre de Beauvais (fig. 149) ou celle restituée de la collégiale Saint-Martin d'Angers du X^e siècle⁸⁵. De même en Belgique à Liège, d'après les propositions de restitution des charpentes primitives de la nef de l'église Saint-Denis (1015-1020) et de l'église Saint-Barthélémy (vers 1190)⁸⁶ (fig. 128-129). Le débord des entrails se remarque aussi sur des charpentes à chevrons-formant-fermes romanes de Suède, sur les églises du XII^e siècle de Kumlaby à Visingö et de Väversunda, dont les entrails des fermes rapprochées font saillie à l'extérieur des murs.

Il est également permis de faire un parallèle lointain avec certaines charpentes antiques dont les entrails débordaient à l'extérieur des murs sous formes de sculptures comme celles de la

84. CRMH 2002, p. 17.

85. HUNOT 2004, p. 238.

86. HOFFSUMMER 1989, vol. 1, p. 58.

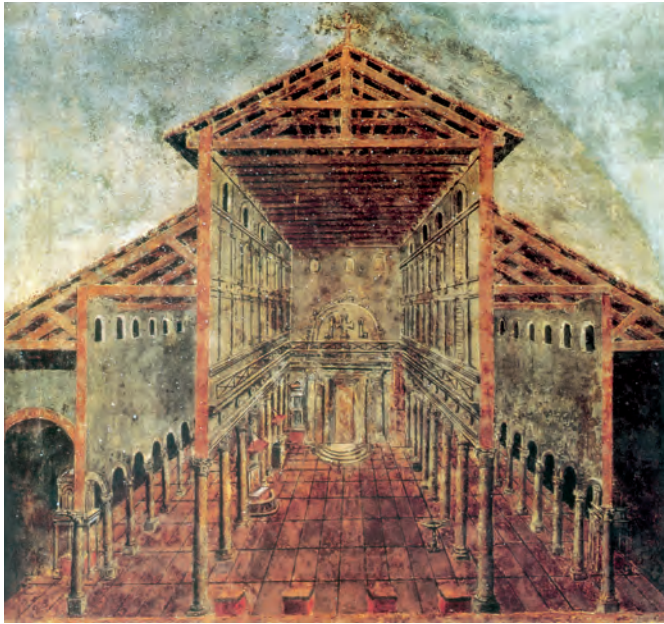


Fig. 150 : Basilique paléochrétienne Saint-Pierre de Rome, fresque du XVII^e siècle (BARRAL I ALTET 1997, p. 29).

basilique Saint-Pierre de Rome, représentée sur une peinture du XVIII^e siècle dans le palais des Chanoines au Vatican (fig. 150), et de la basilique Saint-Paul-hors-les-Murs à Rome, dessinée en 1814 avant sa destruction en 1823⁸⁷ (fig. 151). De même, dans les églises de Cilicie et de Syrie du IV^e et du début du V^e siècle comme celle de Sinhâr en Syrie du Nord, les entrails des toitures étaient en saillie à l'extérieur des murs mais, dans le courant du V^e siècle, ce débord de la charpente tend à rentrer dans les murs et à être dissimulé par des corniches de pierre⁸⁸.

L'apparition des modillons de pierre pourrait donc relever de ce processus de « pétrification » des formes de l'architecture de bois. Il est en effet courant de voir certaines formes architecturales perdurer au cours des siècles à travers différents matériaux et de nouveaux supports. De nombreux frontons d'édifices antiques présentent ainsi, sous les rampants et sur l'entablement, des modillons en pierre qui reproduisent la position et la forme des extrémités des pannes de la toiture et des solives d'une structure en bois. Les pignons en pierre de l'auvent des basiliques de Bräd et de Batuta en Syrie du Nord montrent une représentation d'une ferme triangulée dont on distingue parfaitement l'entrait, les deux arbalétriers, le poinçon et deux contrefiches obliques⁸⁹. Le transfert des formes entre les architectures de bois et de pierre a toujours existé, dans un sens comme dans l'autre. Au XVI^e siècle,

87. RONDELET 1814, pl. LXXVI.

88. SODINI 1977, p. 128-129.

89. *Ibid.*, p. 128.

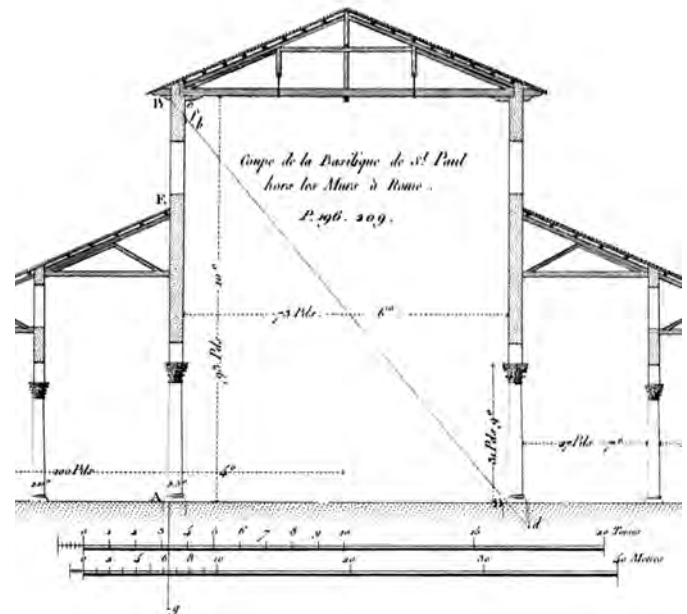


Fig. 151 : Basilique Saint-Paul-hors-les-Murs de Rome (RONDELET 1814, t. III, pl. LXXVI).

l'architecture de bois emprunte à l'architecture de pierre des formes qui lui sont propres comme notamment les voûtes en bois des églises du pays de Bray, du Vexin normand ou du Finistère qui reproduisent avec un réel souci d'imitation les formes des voûtes maçonnées avec des arcs de voûture, des liernes moulurées et des clefs pendantes de style Renaissance⁹⁰.

Si cet exemple isolé ne permet de dresser aucune généralisation sur ce type d'ornementation architecturale en bois, il permet néanmoins d'échafauder de nouvelles hypothèses sur l'origine des modillons en pierre en Normandie. L'extrême rareté des charpentes romanes encore en place ne peut que stimuler notre attention à leur égard mais doit également nous inciter à la plus grande prudence quant à leur interprétation et à leur analyse.

Le débord des toitures

Nous venons de voir que sur le chœur de l'église de Neuf-Marché, la toiture débord en surplomb sur l'extrémité des entrails sculptés (fig. 147). Un dispositif de cache-moineau existait à l'origine entre ces entrails pour isoler le comble ou bien par simple souci d'esthétisme. Il était constitué d'une large plate-forme, toujours présente sur l'abside, posée et chevillée sur l'extrémité des entrails, et de planches qui se glissaient entre ces derniers dans des rainures creusées sur leurs flancs (Neuf-Marché, fig. 14 à 16).

90. Service régional de l'Inventaire général 1988, p. 1-7; LEFÈVRE 1998, p. 31-37.



Fig. 152 : Débord de la charpente, vers 1173d. Abside de l'église de Monthou-sur-Cher (Loir-et-Cher) (CRMH 2002, p. 32).

Dans la région Centre, des cas similaires ont été observés sur des édifices du XII^e siècle⁹¹. À Monthou-sur-Cher (Loir-et-Cher), la charpente de l'abside datée de 1173d présente des blochets de pieds de ferme qui débordent de 30 cm environ au-delà des sablières, en surplomb du mur gouttereau (fig. 152). Aucune sculpture n'est présente sur ces blochets mais ils conservent un cache-moineau composé de planches glissées dans des rainures sur le flanc de ces blochets jusqu'à la sablière externe. À Cour-Cheverny (Loir-et-Cher), la charpente de l'abside de l'église Saint-Aignan datée de 1159d présente ce même dispositif de cache-moineau avec des planches insérées dans des rainures sur les flancs des blochets en surplomb (fig. 153). De même, dans la charpente romane de l'église Saint-Germain d'Allouis (Cher), datée de 1125d, les planches du cache-moineau sont glissées en entrevous des entrails débordants. À Chabris (Indre), sur le croisillon nord de l'église Saint-Christophe, un entrail réemployé de la charpente du XI^e siècle conserve à l'une de ses extrémités une rainure de cache-moineau qui témoigne de son surplomb à l'origine sur les murs gouttereaux⁹². Le cas de l'abside de l'église de Monthou-sur-Cher (fig. 152) permet d'émettre l'hypothèse que ce débord de toiture était destiné à protéger du ruissellement la partie haute du mur qui dans le cas présent est décorée d'une frise de motifs géométriques gravés dans la pierre. Ce décor est appliqué en bandeau sur un moyen appareillage de pierres calcaires entre le sommet du mur et le haut des baies. Il se prolonge au nord et au sud par un appareil réticulé losangé. Les parties inférieures des maçonneries sont faites en moellons calcaire

91. CRMH 2002.

92. *Ibid.*, p. 10-14.

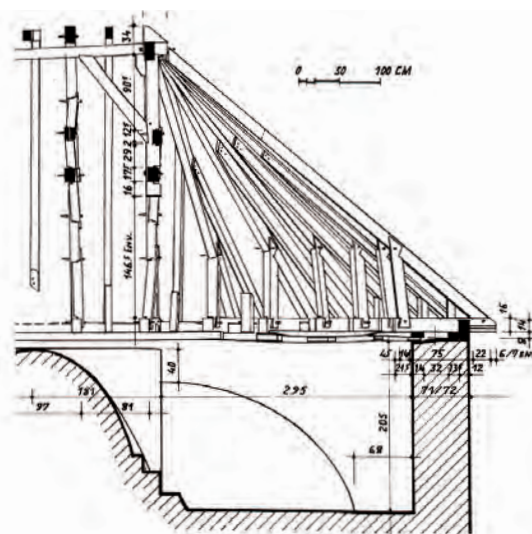


Fig. 153 : Chevet à toiture débordante et coupe longitudinale de la charpente, 1159d. Église Saint-Aignan de Cour-Cheverny (Loir-et-Cher) (CRMH 2002, p. 18-24).

et silex, et dépourvues de décor. Sur le chœur roman de l'église de Lye dans l'Indre, un bandeau de peinture situé à l'extérieur en haut des murs est aussi protégé par le débord de la charpente d'origine⁹³.

Les similitudes avec l'abside de Neuf-Marché sont assez troublantes : présence d'un débord de toiture, de caches-moineaux entre les entrails et surtout d'un bandeau de maçonneries en moyen appareil régulier au sommet du mur (fig. 147) qui aurait

93. Information aimablement fournie par Vincent Juhel. La charpente du chœur n'a pas encore été étudiée.

pu être revêtu d'un décor peint, protégé des intempéries par le débord du toit. Les modillons de bois, peut-être peints à l'origine, participaient aussi à cette ornementation extérieure dont nous n'avons pour l'instant aucun témoignage pour l'époque romane en Normandie.

Les éléments de raidissement architectonique

On peut distinguer deux types de structures de raidissement : les chaînages qui correspondent aux éléments noyés au cœur des maçonneries, destinés à les raidir, et les tirants tendus à travers les vaisseaux pour pallier la poussée des voûtes et l'écartement des supports, les deux pouvant être parfois assemblés.

En Normandie, quatre cas de chaînage en bois ont été recensés pour l'époque romane dont celui du donjon de Brionne dans l'Eure, observé lors des travaux de restauration de 1994-1996⁹⁴ et daté par dendrochronologie entre 1107 et 1122d⁹⁵ (fig. 127). Ce donjon construit sur les hauteurs de Brionne se rattache à la grande famille des donjons quadrangulaires normands du début du XII^e siècle à laquelle appartiennent ceux d'Arques-la-Bataille, de Falaise, de Caen ou de Domfront. Une poutre horizontale de 40 x 40 cm de section environ, noyée dans le blocage du mur nord, entre le rez-de-chaussée et le premier étage, appartenait à un chaînage qui ceinturait la construction⁹⁶. Sa position en partie inférieure du donjon et au cœur des murs suppose un rôle de stabilisation et de raidissement des infrastructures destinées à supporter deux étages maçonnés de plus de 4 m de large. Cette ceinture de bois noyée dans les maçonneries devait assurer une garantie à long terme de la résistance des murs au poids de plusieurs étages et éviter d'éventuels risques de fissures ou de déformations des structures. Il est probable aussi que ce chaînage était destiné à renforcer la stabilité des maçonneries uniquement pendant le séchage du mortier qui, pour des murs très épais, peut prendre de nombreux mois. L'expérience de la construction du château de Guédelon en Bourgogne, réalisé sur un modèle du début du XIII^e siècle, a démontré que le noyau d'un mur de 2 m d'épaisseur mettait au moins deux ans à sécher. Dans le cas d'une construction rapide d'un ouvrage militaire, le renfort par des chaînages en bois pouvait ainsi assurer une sécurité dans le maintien des maçonneries le temps du séchage définitif du mortier, notamment pour des murs épais, sur de grandes élévations.

Deux autres cas de chaînage en bois ont été observés dans les murs des *shell-keep* de Vatteville-la-Rue (Seine-Maritime), de Gisors et de Breteuil (Eure). Ils apparaissent sous la forme de

deux cours continus et parallèles de poutres équarries de forte section, à plus d'1 m de hauteur du sol. Des cas similaires de chaînage en bois ont été relevés dans l'architecture militaire des XII^e-XIII^e siècles en Bretagne⁹⁷, dans la Drôme⁹⁸ et dans l'Yonne (donjons de Saint-Vérain et de Druyes-les-Belles-Fontaines) sous la forme de cours continus de poutres équarries, parfois assemblées au solivage des planchers. Ils ont aussi été observés en Angleterre⁹⁹ et en Allemagne¹⁰⁰. Ces chaînages existent également dans l'architecture religieuse comme dans la tour nord du XIII^e siècle du massif occidental de l'église abbatiale de Saint-Denis. Observés au cours du démontage de cette tour au XIX^e siècle, les chaînages en bois, noyés dans les maçonneries, ceinturaient la tour à plusieurs niveaux, avec pour l'un d'eux des assemblages avec des tirants traversants¹⁰¹. De même, le clocher de l'église romane de Chapaize en Saône-et-Loire¹⁰² est ceinturé par deux chaînages en bois, sur deux niveaux en partie inférieure de la tour quadrangulaire. Datés par dendrochronologie de 1036-1066, les quatre poutres de 16 x 20 cm de section sont assemblées aux extrémités par un mi-bois fixé par une cheville métallique. Pris dans les maçonneries, ces chaînages permettaient de résister à l'ouverture des murs sous la poussée des étages supérieurs et probablement de renforcer leur stabilité lors du séchage du mortier.

Un autre cas plus original de chaînage en bois observé en Normandie a été découvert par François Delahaye dans les murs gouttereaux du début du XII^e siècle de la nef de l'église Saint-Pierre de Thaon dans le Calvados¹⁰³. Il se présente sous l'aspect de longrines noyées dans les maçonneries et placées longitudinalement le long des murs au-dessus des grandes arcades. Un dispositif analogue très précoce a été relevé par Jim Morganstern dans la nef de l'église Saint-Pierre de Jumièges du IX^e siècle¹⁰⁴. Un cas similaire a été aussi remarqué par Jean-Yves Hunot dans un mur du bras nord du transept de l'église abbatiale de Fontevraud sous la forme d'un bois de 7 m de long, de 24 cm de section, placé au cœur des maçonneries sous le niveau des baies¹⁰⁵. Dans la cathédrale romane du Puy-en-Velay, les murs gouttereaux de la nef sont raidis sur deux niveaux par un chaînage longitudinal daté de 1154d auquel étaient assemblés des tirants en bois traversant le vaisseau tous les 3 m¹⁰⁶. Des raidissements longitudinaux placés au cœur de murs d'églises ont aussi été relevés en

94. PITTE, CALDÉRONI et BRABANT 1998, p. 173-176.

95. BERNARD 2006.

96. *Ibid.*, p. 174.

97. CUCARULL 2003.

98. ESTIENNE 2003.

99. WILCOX 1972.

100. BINDING 1976.

101. WYSS 1996, p. 66.

102. SAPIN 1992, p. 164-169.

103. DELAHAYE 2000-2001, p. 272.

104. LE MAHO ET MORGANSTERN 2006, p. 113.

105. HUNOT 1997, p. 43.

106. GALLAND et MANCIULESCU 1998.

Allemagne¹⁰⁷. Ces chaînages appliquent le même principe que les précédents et servent à renforcer la stabilité des maçonneries, ici probablement plus dans l'attente de la prise du mortier que pour pallier d'éventuelles poussées statiques. Ce principe de ceinturage des vaisseaux dans l'architecture religieuse va se développer dans les constructions gothiques grâce notamment à l'utilisation du métal à partir du XIII^e siècle.

Nous n'avons pas recensé en Normandie de tirant en bois placé au sommet des supports, à la naissance des voûtes et tendus à travers les vaisseaux des édifices romans. De tels tirants ont pourtant été reconnus au XI^e siècle comme ceux de la nef et de la chapelle Saint-Michel de l'abbatiale Saint-Philibert de Tournus (Saône-et-Loire) datés pour les seconds par dendrochronologie de 1075-1100¹⁰⁸ ou celui observé au XIX^e siècle au départ d'une voûte en berceau dans une chapelle du XI^e siècle de la cathédrale du Puy-en-Velay¹⁰⁹. Il en subsiste également dans certaines églises romanes d'Italie (San Fosca de Torcello) et dans l'architecture byzantine et islamique comme dans la Mosquée du Vendredi d'Ardestan en Iran de l'époque seldjoukide (X^e-XIII^e siècle)¹¹⁰. Ces pièces en bois sont placées au départ de voûtes en berceau dont la poussée sur les murs nécessitait la présence de tirants afin d'éviter leur écartement. Au début du XII^e siècle, ce principe fut appliqué dans la nef de Vézelay où subsistent encore au sommet des piles, à la naissance des arcs-doubleaux, des crochets en fer destinés à leur accroche, eux-mêmes raccordés à un chaînage en bois qui courait à l'intérieur des murs gouttereaux. Dans ce cas, les tirants ne furent pas efficaces puisque les murs s'écartèrent sous la poussée des voûtes et que des arcs-boutants furent construits à la fin du XII^e siècle pour pallier leur déformation¹¹¹. Considérés comme des éléments destinés à la construction immédiate des voûtes, pour stabiliser les structures dans l'attente du séchage du mortier, ces tirants en bois continuèrent à être utilisés à l'époque gothique à la naissance des arcs-doubleaux des voûtes à croisées d'ogives, au-dessus des chapiteaux (cathédrales de Chartres, de Reims, de Soissons, de Paris et d'Amiens)¹¹².

Avec le développement de la métallurgie dès la seconde moitié du XII^e siècle et surtout dans le courant du XIII^e siècle, ces pièces de bois furent remplacées par des éléments en métal, toujours dans le but de raidir les maçonneries pour lutter contre les éventuelles déformations statiques liées au séchage des mortiers, mais aussi pour augmenter la résistance des structures

face aux nouvelles contraintes de l'architecture gothique que représentaient les poussées latérales des charpentes, l'amincissement des murs ou l'ouverture de grandes verrières. La production d'un métal qui ne rouille pas et qui possède un très faible coefficient de dilatation a permis aux maîtres d'œuvre de l'utiliser pour le raidissement de nombreuses constructions gothiques. Il fut dès lors employé pour des chaînages ceinturant les édifices (chevet de Notre-Dame de Paris, Sainte-Chapelle, cathédrale de Bourges, de Coutances, donjon de Vincennes au XIV^e siècle), pour des tirants jetés à travers les vaisseaux ou au-dessus des voûtes (Saint-Leu d'Esserent, cathédrale de Coutances, du Mans et Sainte-Chapelle de Paris), et pour renforcer certaines structures de l'édifice comme des arcs-boutants (cathédrale de Beauvais, chevet de Saint-Denis), des grandes rosaces (cathédrales de Paris, Carcassonne, Strasbourg) et des nervures de voûtes (Sainte-Chapelle de Paris)¹¹³.

L'avènement de la charpente gothique et ses premiers développements : seconde moitié du XII^e siècle

Les charpentes romanes du nord-ouest de l'Europe continentale se définissent par une permanence des formes du XI^e au XII^e siècle et par une large diffusion géographique. La charpente à système compressif se rencontre en effet selon les mêmes dispositions de la région Centre à la Wallonie du milieu du XI^e siècle à la fin du XII^e siècle.

En Normandie, le principe de la charpente à système compressif est appliqué jusque dans la dernière décennie du XII^e siècle (nef de la cathédrale de Rouen), toujours sur des supports romans. Les transformations que connut l'architecture normande dans le courant du XII^e siècle, avec notamment une profonde mutation des supports maçonnés, entraînèrent des modifications irrémédiables du système de report des charges de la charpente sur les murs. Cette mutation progressive tout au long du XII^e siècle, marquée sporadiquement par des étapes innovantes sans être nécessairement reconnues et suivies à l'époque, se caractérise, d'une part, par un amincissement des parois murales lié au développement des contreforts, à l'ouverture des verrières et, d'autre part, par la généralisation du voûtement des vaisseaux. L'adaptation de la charpente de comble à ces transformations eut pour conséquence l'abandon rapide et irréversible des principes romans du système compressif.

107. BINDING 1976, p. 74.

108. SAPIN 1992, p. 170.

109. GALLAND et MANCIULESCU 1998.

110. STIERLIN 1980, p. 59.

111. VIOLLET-LE-DUC 1854-1868, p. 52.

112. PRACHE 1995, p. 34-37; ERLANDE-BRANDENBURG 1997, p. 46-53.

113. ERLANDE-BRANDENBURG 1997, p. 46-53; FERAUGE et MIGNEREY 1996, p. 129-148; TAUPIN 1996, p. 18-25.

De la disparition du système compressif à l'apparition de la charpente tramée : une révolution architecturale

La charpente romane se définit par la structure de ses supports puisque la répartition des charges d'une charpente à système compressif s'opère de manière homogène le long des murs gouttereaux. Chaque ferme étant identique et pourvue à la base d'un entrait, le poids de l'ensemble de la charpente et de la couverture se répartit uniformément sur les supports maçonnés. Ce report linéaire des forces explique donc l'épaisseur des murs des édifices romans qui doivent résister en tout point à une charge commune, tant à l'aplomb des baies qu'au droit d'un mur plein.

Les murs des églises romanes présentent en effet dans leur très grande majorité une structure épaisse, atteignant au dernier niveau parfois 2 m de largeur comme à l'abbatiale Saint-Georges de Boscherville. Ces épais massifs de maçonnerie, élevés souvent sur la même largeur du sol à l'entablement, présentent l'avantage d'être auto-porteurs et dépourvus de flanquement ou de contrefort saillant, sauf en présence de voûtes. Les murs du XI^e siècle de la nef des églises de Condé-sur-Risle et de Moyaux dans l'Eure se suffisent à eux seuls et s'élèvent jusqu'à une hauteur de 6 à 8 m sans qu'il ne fut prévu à l'origine de contrefort. La plupart des églises romanes du pays d'Ouche dans l'Eure présentent encore des maçonneries en blocage de silex dépourvues de contreforts comme celles de Grandchain, de Sainte-Marguerite-en-Ouche et de Saint-Cyr-Sainte-Julitte à Beaumesnil dont les murs du XI^e siècle ont une épaisseur de plus d'1,70 m. Ce particularisme s'explique par le rôle de support que doivent assumer ces maçonneries face à une charpente qui transmet ses charges uniformément sur toute la longueur des murs.

Cette épaisseur des maçonneries a autorisé les maîtres d'œuvre de certaines grandes abbayes du XI^e siècle, telles celles de Bernay, Jumièges et Montivilliers, à percer le dernier niveau des baies hautes d'une galerie de circulation inaugurant ainsi le « mur épais » caractéristique de l'architecture normande et qui a connu un réel succès dans le monde anglo-normand¹¹⁴ (fig. 154). Dans ses premiers développements, ce mur épais apparaît comme un dédoublement du mur avec une coursière insérée entre une paroi externe, ouverte ou non de baies, et une paroi interne pourvue de puissantes arcatures de raidissement. Son rôle se définit à travers sa structure qui assure un renforcement du mur par un jeu de dédoublement des parois doublées par des arcs raidisseurs. Un tel renforcement des parties supérieures des murs, notamment dans les bras des transepts, trouve sa justification dans son rôle direct de contrebutement de la tour-lanterne (Bernay, Jumièges) et aussi de support d'une charpente à système compressif dont les charges



Fig. 154 : Mur épais du transept de l'abbatiale Notre-Dame de Bernay (Eure), première moitié du XI^e siècle.

s'appliquent à l'identique en tout point des murs. Ce dispositif autorise ainsi le percement de larges baies au dernier niveau de l'édifice tout en garantissant une bonne reprise des charges le long des murs gouttereaux. Il traduit peut-être une volonté de libérer les murs des charges au droit des ouvertures qui tendent à s'ouvrir et à apporter davantage de lumière dans les grandes églises romanes. Cette quête d'ouverture des grandes baies au dernier niveau caractérise en effet les plus grandes églises normandes de la seconde moitié du XI^e et du début du XII^e siècle (Saint-Étienne, La Trinité et Saint-Nicolas de Caen, Lessay, Cerisy, Boscherville) que justifie peut-être l'opacité des vitraux de cette période.

Dans les modestes églises rurales du XI^e et du début du XII^e siècle, l'épaisseur des murs demeure une constante et seules d'étroites fenêtres-meurtrières haut placées et ébrasées apportent quelque clarté. En Basse-Normandie, ces petites baies perdurent jusque vers le milieu du XII^e siècle avant de s'ouvrir davantage¹¹⁵.

114. MUSSET 1985, vol. 2, p. 16.

115. MUSSET 1985, vol. 1, p. 24.

En parallèle à cette quête de luminosité, les murs des églises normandes ont tendance, dans le second quart du XII^e siècle, à généraliser les flanquements de contreforts plats et à diminuer en épaisseur. Ces évolutions, étroitement liées entre elles, vont amorcer une profonde modification des supports qui aboutit à des murs plus étroits, percés de larges baies et raidis à l'extérieur par des arcs-boutants. Dès la fin du XII^e siècle, la nef de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux, commencée vers 1167-1174 et achevée en 1183d (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 4) illustre ce mouvement qui se confirme au début du XIII^e siècle avec la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d) (Rouen, cathédrale Notre-Dame, fig. 20), celle de l'abbatiale de Fécamp, (1217-1223d) ou le chevet de l'abbatiale d'Hambye (fin du XII^e ou début du XIII^e siècle). À partir des années 1190 et jusque vers 1230, l'architecture des grandes églises normandes développe au dernier niveau, dans l'épaisseur des murs, de grandes baies au-devant desquelles file une coursière héritée des murs-épais romans comme aux chevets de Saint-Étienne de Caen (vers 1190), de Saint-Pierre de Lisieux (vers 1200), de Coutances (vers 1230), à Bayeux (vers 1230) et au Mans (vers 1230)¹¹⁶. Cette persistance du mur dédoublé dans les maçonneries hautes de ces édifices gothiques témoigne d'une esthétique typiquement normande qui joue sur des effets illusionnistes de lumière et de clair-obscur sur les remplages et le fenestrage et qui impose un renforcement des supports par des colonnes accouplées au premier niveau. Enfin, il faut attendre l'avènement du gothique rayonnant vers 1230 en Île-de-France et ses premières applications en Normandie dans les années 1240 sur la nef d'Évreux et sur la nef de Bayeux ou plus tard aux chœurs de Sées et d'Évreux¹¹⁷ pour que les murs disparaissent complètement au profit d'immenses verrières inaugurant ces « cages de verres » dont la structure et le report des charges s'articulent uniquement sur les piliers renforcés d'arcs-boutants.

Cette évolution s'est accompagnée d'une redéfinition de la composition des élévations, délaissant les perspectives horizontales romanes au profit des lignes verticales qui, pendant tout le XII^e siècle, vont tendre, par le jeu de l'alternance des supports, à la véritable travée, inaugurée en Normandie avec la nef de Rouen et ses voûtes à simples croisées d'ogives vers 1200¹¹⁸ ou, un peu plus tôt, avec la nef de Lisieux. De même, cette transformation reste indissociable des nouvelles expérimentations du voûtement comme les voûtes et fausses voûtes sexpartites, autorisées par les supports alternés, ainsi que les voûtes d'ogives quadripartites inaugurées dès 1090 à Lessay.

Cette évolution du support maçonné qui passe du mur plein dans la première moitié du XII^e siècle (Boscherville), au mur mince

à la fin du XII^e siècle (Lisieux) puis au mur translucide vers le milieu du XIII^e siècle (Évreux) a indéniablement provoqué de profondes modifications de la structure et du système de report des charges de la charpente. Les murs-épais romans permettaient de répondre correctement aux charges transmises sur toute leur longueur par une suite de fermes toutes identiques et pourvues à leur base d'un entrait. Au début du XIII^e siècle, sur des murs minces comme ceux de la nouvelle nef gothique de la cathédrale de Rouen, ce même type de charpente aurait inéluctablement entraîné la déformation des travées au droit des larges fenestrages et à court terme la ruine de l'édifice. Seul un mur plein percé de baies relativement distantes les unes des autres peut être adapté à ce type de charpente. Ainsi, lorsque vers 1195d, la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen fut reconstruite sur les murs du XI^e siècle de la cathédrale de l'archevêque Maurille, les charpentiers se permirent de dresser une structure romane avec des fermes rapprochées et dotées d'un entrait à leur base (Rouen, cathédrale Notre-Dame, fig. 10). Après quelques décennies, vers 1230d, lors de la reconstruction de cette nef dans le style gothique avec de grandes verrières et des murs minces, les charpentiers adoptèrent une structure dont la répartition des charges s'effectuait spécifiquement au droit des piliers selon une trame adaptée à celle des murs (Rouen, cathédrale Notre-Dame, fig. 20). En l'espace de quelques décennies seulement, selon la structure des murs, deux types distincts de charpente ont été utilisés : une charpente romane qui répartit ses charges uniformément le long des murs et une charpente gothique qui reporte les charges de toutes ses fermes uniquement au droit des piliers, selon une trame subdivisée en travée.

Entre ces deux étapes, espacées ici de 30 ans, deux conceptions distantes de plus d'un siècle s'affrontent. La charpente de Rouen datée de 1195d est le dernier exemple connu de type roman en Normandie, Neuf-Marché (1127-1133d) et surtout Boscherville (1120-1130d) étant les seules charpentes recensées qui la précèdent. La structure de cette dernière correspond à l'architecture du XI^e et du début du XII^e siècle. Si elle fut encore utilisée en 1195, c'est seulement en raison de la nature des murs du milieu du XI^e siècle qui la supportaient car elle ne devait plus être utilisée dans les nouvelles constructions depuis plusieurs décennies, voire depuis le milieu du XII^e siècle en Normandie.

En Normandie comme en Île-de-France, aucune évolution linéaire n'est perceptible entre les charpentes romanes à système compressif et les charpentes gothiques du XII^e siècle comme celles des églises de Sainte-Marie-aux-Anglais, de Norrey-en-Auge, de la chapelle de Voismer, de la nef de la cathédrale de Lisieux dans le Calvados, de Chanu, de Saint-Sulpice-sur-Risle (fig. 155). Ces nouvelles charpentes sont à chevrons-formant-fermes subdivisées en travées régulières par des fermes « principales » dotées d'un entrait à leur base tous les 4 à 6 m. Entre ces fermes principales s'intercalent une série de fermes « secondaires » raidies comme les précédentes et dépourvues d'entrait à leur base.

116. ERLANDE-BRANDENBURG 1997, p. 131; GRANT 2007, p. 389.

117. PRACHE 1997, p. 153-158.

118. ERLANDE-BRANDENBURG 1997, p. 133.

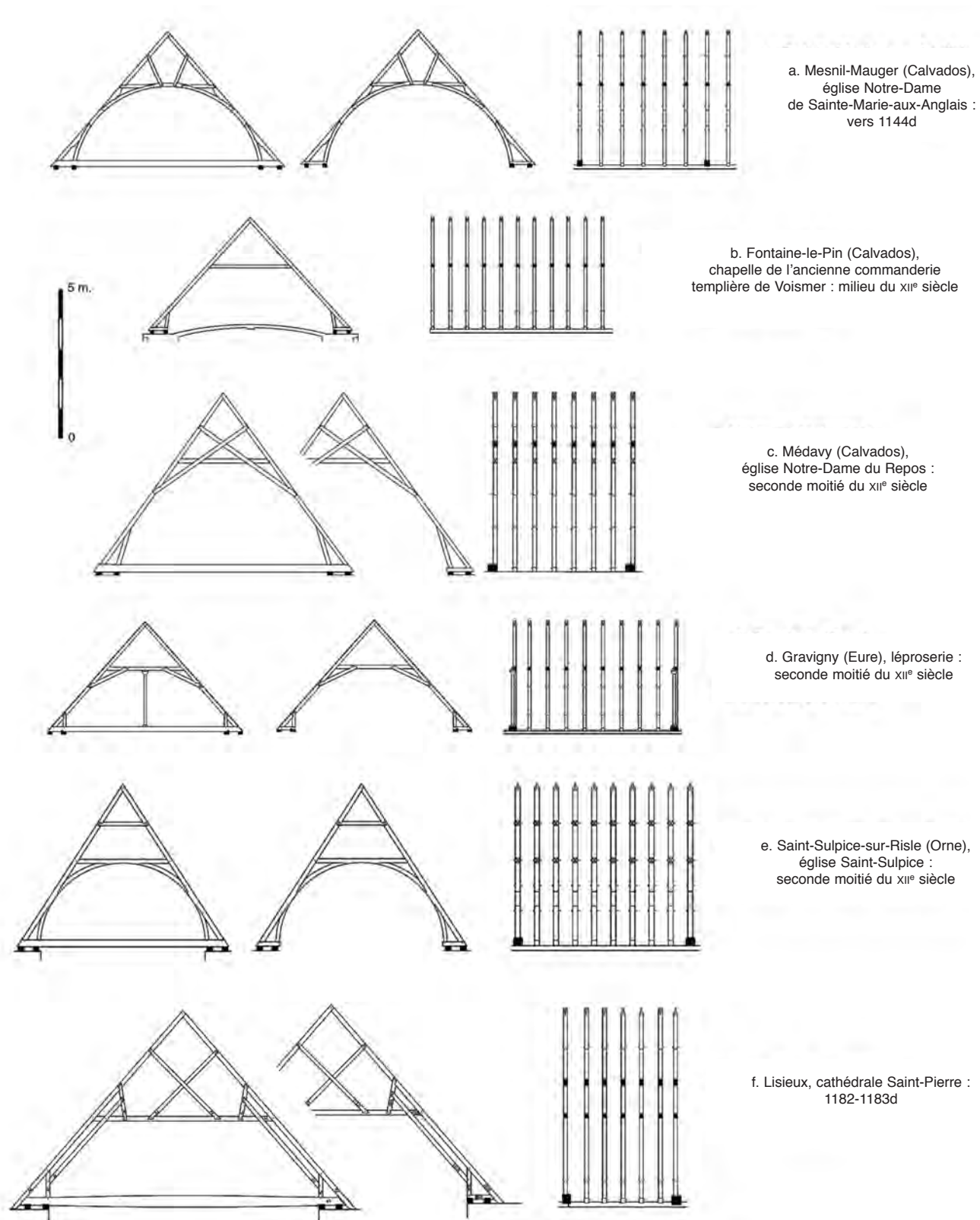
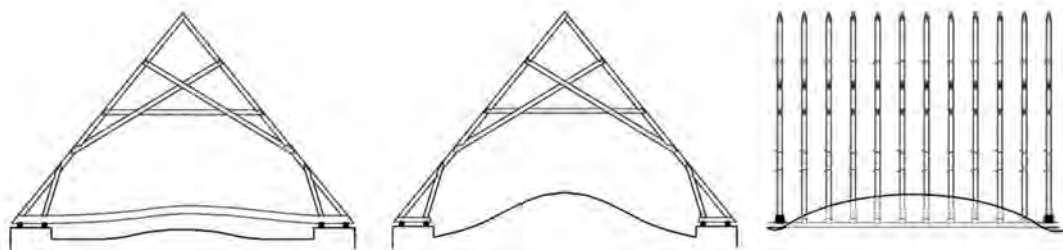
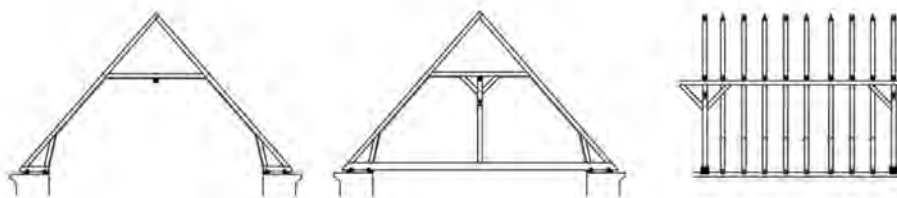


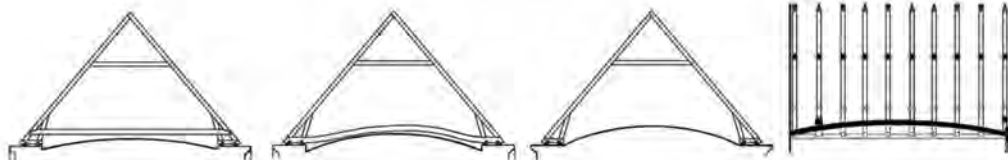
Fig. 155 : Les premières charpentes à chevrons-formant-fermes gothiques du XII^e et du début du XIII^e siècle en Normandie.



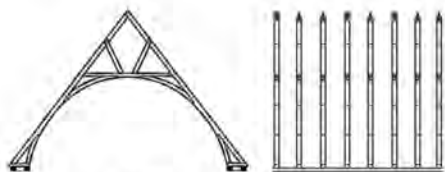
g. Villiers-en-Desœuvre (Eure),
chapelle Notre-Dame-du-Temple
de Chanu : 1183-1192d



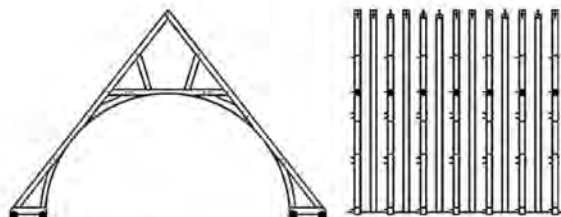
h. Gisors (Eure),
chapelle Saint-Laurent des Vaux,
nef : 1224d



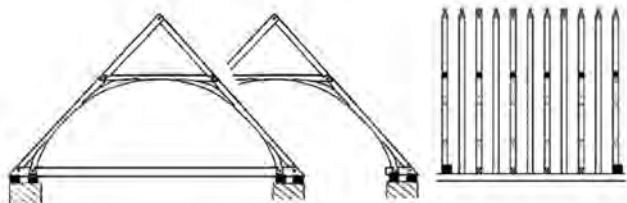
i. Gisors (Eure),
chapelle Saint-Laurent
des Vaux, chœur : 1224d



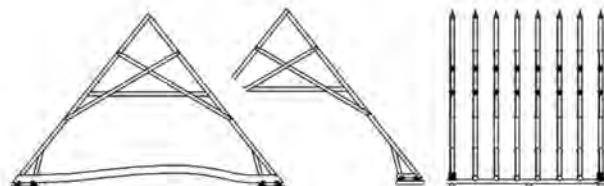
j. Norrey-en-Auge (Calvados),
église Sainte-Anne :
seconde moitié du XII^e siècle



k. Rouen, maison rue Malpalu :
fin XII^e-début XIII^e siècle



l. Rouen, maison 18 rue Saint-Romain :
1201-1216d



m. Quatremare (Eure),
église Saint-Hilaire : début du XIII^e siècle
a. Saint-Denis-d'Authou

Fig. 155 (suite) : Les premières charpentes à chevrons-formant-fermes gothiques du XII^e et du début du XIII^e siècle en Normandie.

Aucune de ces charpentes n'est contreventée par des pièces longitudinales. Les liernes axiales présentes dans la nef de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais (1144d) sont des rajouts tardifs (vers 1290d). Comme pour les charpentes romanes, les fermes restent indépendantes et seul le lattis de la couverture assure leur contreventement. Cette indépendance des fermes s'explique par les facilités de levage que cela procure, avec des engins relativement modestes. Les fermes sont levées les unes après les autres, progressivement, avec parfois des tiges de maintien provisoire dans l'attente du voligeage.

Certaines charpentes de petites dimensions, placées entre deux murs pignons, semblent n'avoir jamais été dotées d'entrait comme les charpentes de Norrey-en-Auge ou de la maison rue Malpalu à Rouen. À Voismes (Fontaine-le-Pin), l'absence d'entrait est due à la présence de voûtes maçonnées qui pénétraient l'intérieur du comble. De telles charpentes privées d'entrait ont été identifiées dans des combles de petites dimensions en Belgique au XIII^e siècle notamment sur la chapelle Notre-Dame d'Hastimoulin à Namur (vers 1260), les nefs latérales de la collégiale Sainte-Croix à Liège (1284-1332) et de la chapelle Saint-Servatius à Rommelsom (vers 1298)¹¹⁹. Sur les transepts de la première moitié du XII^e siècle de l'église de Pontigné (Maine-et-Loire), de celle de Pontigny (Yonne) et de l'abbatiale de Noirlac à Bruère (Cher), l'absence d'entrait se justifie par la pénétration dans le comble de l'extrados d'une voûte en berceau¹²⁰.

La transition entre la charpente « romane » et la charpente « gothique », subdivisée en travées, semble s'être effectuée en Normandie sans étape intermédiaire, contrairement à ce qui fut suggéré pour d'autres régions avec des charpentes dont les entrails sont placés toutes les deux, trois puis quatre fermes¹²¹ mais, selon nous, ces modèles sont à rattacher à la charpenterie romane. Pour la Normandie et l'Île-de-France, on ne peut pas concevoir d'évolution entre la charpente romane et la charpente gothique, mais plutôt une révolution qui tranche entre deux systèmes différents, deux conceptions opposées. La charpente romane n'aboutit pas à la charpente gothique, elle s'éteint dans la seconde moitié du XII^e siècle alors même qu'avec l'apparition des premières charpentes tramées vers 1150 s'ouvrent une nouvelle recherche, une nouvelle conception, un autre système de répartition des charges qui vont permettre un siècle plus tard, après de nombreuses expérimentations, l'édification des « cages de verres » de l'architecture rayonnante.

La coexistence des charpentes romanes et gothiques dans le courant du XII^e siècle semble évidente : la charpente romane de

la cathédrale de Rouen a été édifiée vers 1195d alors que dans les années 1144d, une charpente voûtée à travées a été exécutée sur la nef de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais. Les deux conceptions se sont donc chevauchées durant la seconde moitié du XII^e siècle avec toutefois, d'après les rares exemples dont nous disposons, une réelle prédilection pour les structures tramées, mieux adaptées aux nouvelles constructions et à cette tendance d'amincissement des murs, même sur les édifices de modestes dimensions. L'évolution historique des formes architecturales ne peut évidemment être linéaire et continue, elle suppose des innovations isolées, des archaïsmes préservés et des anachronismes stylistiques.

L'apparition en Normandie des charpentes tramées se place vers le milieu du XII^e siècle avec la nef de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais (fig. 155), datée vers 1144d, qui peut certes être considérée comme une initiative marginale assez précoce dans un environnement architectural encore fortement marqué par le style roman. C'est surtout durant la seconde moitié de ce siècle que se diffuse la charpente tramée avec celles de Gravigny près d'Évreux, de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle, de Médavy, de Norrey-en-Auge ou de la chapelle de Chanu (1183-1192d). Leurs principes sont identiques et leurs structures les apparentent à une même et unique famille. De même, les charpentes civiles de Rouen (rue Malpalu et le 18, rue Saint-Romain) ainsi que celle de la nef de la cathédrale de Lisieux (1182/1183d) font appel aux mêmes techniques et à un système analogue de répartition des charges. Nous les considérerons donc, globalement, comme appartenant au modèle des charpentes gothiques de première génération.

Le principe commun de ces nouvelles charpentes de la seconde moitié du XII^e siècle, dites gothiques, consiste en une alternance de fermes principales à entrait et de fermes secondaires sans entrait. Se dessine ainsi une trame dans le plan de ces charpentes avec des travées définies par la position des fermes principales qui ne se situent pas nécessairement au droit des contreforts de l'édifice mais sont par contre systématiquement adossées aux pignons du comble.

L'absence d'entrait de la base des fermes secondaires supposait d'une part la suppression du tirant qui garantissait la retenue des chevrons et, d'autre part, la disparition du support des éléments de raidissement des chevrons. Tout le poids des chevrons était transmis sur l'entrait qui en conséquence avait une section plus haute que large. La suppression de l'entrait nécessite donc un nouveau dispositif de raidissement mutuel des chevrons. Ce principe consiste à redresser la pente des versants et à reporter les charges d'un chevron sur l'autre en faisant annuler, par un couple de forces égales et opposées, les tensions de chaque versant. Ainsi, par le jeu de pièces tendues entre les deux chevrons d'une ferme, les charges d'un versant seraient annulées par opposition avec celles de l'autre versant.

Dès l'application de ce principe, deux combinaisons de pièces étaient possibles : celle des entrails retroussés et des faux-entrails,

119. HOFFSUMMER 1989, vol. 1, p. 128 à 138.

120. LE PORT 1977a, p. 391.

121. ID. 1987, p. 368.

et celle des écharpes, les deux étant souvent utilisées conjointement (fig. 155).

Dans le premier cas, il s'agit de tendre une pièce horizontale entre les deux chevrons pour les raidir et annuler en les opposant les forces de compression, tout en évitant l'écartement de la ferme. L'entrait positionné le plus bas dans la ferme, en l'absence d'entrait principal à la base, se dénomme « entrait retroussé », et assure le rôle de tirant en travaillant contre l'écartement des chevrons, et celui qui se trouve au-dessus de ce dernier ou de l'entrait principal est appelé « faux-entrait » en raison du fait qu'une traction s'opère déjà en partie inférieure. Par commodité, on désigne l'entrait de la base de la ferme « entrait » ou « entrait principal ». Celui-ci ne reçoit plus les raidisseurs de la ferme et ne sera plus soumis à leur compression. Utilisé désormais en traction pour lutter contre l'écartement des chevrons, sa section va passer du rectangle posé de chant au carré. Les faux-entrants étaient déjà employés dans les fermes romanes mais ils ne travaillaient qu'en compression ; leur rôle de tirant en tant qu'entrants retroussés apparaît réellement dans les fermes du XII^e siècle des charpentes tramées. Dans cette disposition, avec des fermes ne possédant qu'un entrait retroussé, nous pouvons citer les charpentes de la chapelle de Voismier à Fontaine-le-Pin dans le Calvados, plus tardivement, la chapelle des Vaux à Gisors (1224d) et, en dehors de la Normandie les charpentes des églises de Notre-Dame-en-Vaux à Châlons-en-Champagne et de Sorcy dans les Ardennes. Les faux-entrants et entrants retroussés peuvent être raidis au niveau de leurs assemblages avec les chevrons par une pièce oblique, assemblée en pied dans le chevron et en tête dans l'entrait, désignée comme « aisselier ». Celui-ci peut être droit ou cintré selon la présence et le profil d'une voûte comme dans les charpentes de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle, de la léproserie de Gravigny dans l'Eure, de la maison du n° 18, rue Saint-Romain et de la rue Malpalu à Rouen ainsi que dans celle de l'église de Norrey-en-Auge (Calvados). Dans ces deux derniers exemples, l'entrait retroussé supporte deux petites contrefiches obliques qui servent à étayer les chevrons. Leur présence se justifie par les aisseliers courbes placés sous l'entrait retroussé qui les soutiennent et reprennent leurs charges. Ce dispositif se reconnaît aussi à Sainte-Marie-aux-Anglais comme dans la chapelle Saint-Hilaire-des-Noyers à Saint-Denis-d'Authou (Eure-et-Loir), du XII^e siècle (fig. 156a). Dans les autres régions, ces contrefiches s'appuient parfois sur l'entrait retroussé comme dans l'église de Pontigny (Yonne), dans l'abbatiale de Noirlac (Cher) et à Hermonville (Marne)¹²² mais ils ne sont pas associés aux aisseliers.

Dans le second cas, un couple de longues pièces obliques entrecroisées vient raidir simultanément les deux chevrons tout en travaillant contre l'écartement de la ferme. Ces bois sont

appelés « écharpes » en raison de leur entrecroisement qui rappelle celui d'une écharpe autour du cou (fig. 155c, g et m). Par son assemblage de pied dans la partie inférieure du chevron, l'écharpe travaille en traction en empêchant l'écartement de la base de la ferme tandis que par son assemblage de croisée et de tête dans le chevron opposé, elle compense cette traction en l'annulant par des efforts de compression. Les écharpes permettent ainsi de raidir les chevrons tout en évitant leur écartement.

Dans la majorité des cas, l'emploi des écharpes est complété par un entrait retroussé qui vient toujours s'assembler sous la croisée, dans leur partie inférieure. Ces pièces assurent donc le raidissement autant que la fermeture de la ferme. La ferme est pour ainsi dire « fermée » en l'absence d'entrait principal à sa base. Les premières écharpes recensées en Normandie apparaissent à Médavy et à Chanu (1183-1192d) vers 1190 dans l'Eure dans des charpentes tramées, en association avec un entrait retroussé. En Picardie, elles sont utilisées à la même période en 1190d dans la grange de Warnavillers.

La réception des fermes sur les murs est dans tous les cas assurée par un double cours de sablières sur lesquelles repose un blochet qui reçoit le pied du chevron et celui d'une jambe de force, droite ou cintrée selon la présence d'une voûte lambrissée.

Hors Normandie, plusieurs exemples de cette première génération de charpentes gothiques ont été recensés notamment dans la région Centre à Cour-Cheverny (vers 1159), à Monthou-sur-Cher (vers 1173), sur l'abbaye de Noirlac (vers 1170), à Tours sur l'église Saint-Symphorien (vers 1180)¹²³, comme en Anjou sur le prieuré Saint-Lazare de Fontevraud (1161-1175d)¹²⁴, en Bourgogne sur l'église de Saint-Vérain ou à Dijon sur une maison rue Demontry¹²⁵, toujours dans la seconde moitié du XII^e siècle.

Dans le nord de la France et en Belgique, les charpentes de petites dimensions et de structure analogue se rencontrent surtout dans le courant du XIII^e siècle en raison de l'introduction tardive du gothique dans ces régions¹²⁶. On peut citer les charpentes de la chapelle Notre-Dame d'Hastimoulin à Namur (vers 1260), de la nef latérale de l'église Sainte-Croix de Liège (1284-1332), du presbytère de Sclayn (1280-1290) et de l'église Saint-Servatius de Rommersom (vers 1298), mais le fait qu'elles soient contemporaines dans ces régions de charpentes qui maîtrisent le contreventement et la triangulation, techniques diffusées dès le début du XIII^e siècle en Île-de-France et en Normandie, ne permet pas de les considérer comme de véritables éléments de référence et de comparaison. En effet, les charpentes des régions du nord de la France n'ont pas connu dans le courant du XII^e siècle les longues expérimentations des premières

122. HOFFSUMMER (dir.) 2002, p. 180 et LE PORT 1977a, p. 391-396.

123. CRMH 2002.

124. HUNOT 2001, p. 26.

125. CRMH 1982a.

126. HOFFSUMMER 1989, vol. 1, p. 216.

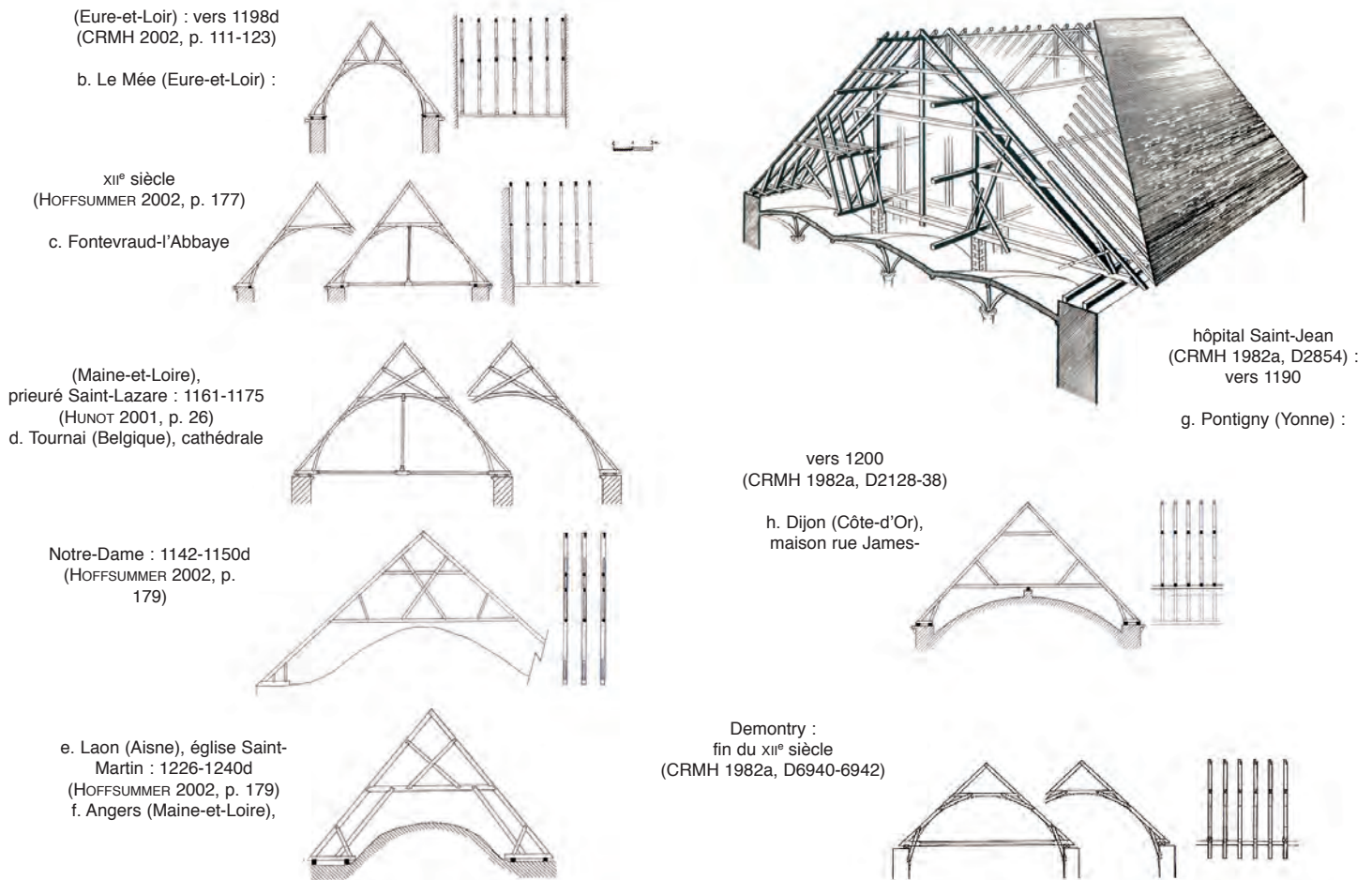


Fig. 156 : Premières charpentes gothiques hors Normandie.

techniques gothiques qui se sont produites en Île-de-France comme en Normandie.

Pour les charpentes de grandes dimensions, comme celle de la nef de la cathédrale de Lisieux (1182/1183d) avec 8 m de portée, le principe de reprise des charges reste le même, mais la combinaison des pièces est plus complexe en raison de la portée des chevrons (fig. 155f). Le raidissement des fermes fait intervenir une croix de Saint-André reposant sur un entrait retroussé, et deux sous-chevrons assemblés en tête dans une contrefiche oblique pour sous-tendre la partie inférieure des chevrons. Ces procédés de raidissement ne sont pas originaux puisque l'emploi de la croix de Saint-André se rencontre à Tournai sur le transept de la cathédrale Notre-Dame vers 1142-1150d, plus tard à Laon dans l'église Saint-Martin vers 1126-1240d (fig. 156d et e) et dans celle de l'église de Pargues du XII^e siècle dans l'Aube. Les sous-chevrons se remarquent aussi dans des charpentes de très grandes

dimensions observables dans les granges du Val-de-la-Haye (1216-1220d), du prieuré de Crouttes (vers 1222d) et de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais (1219/1220d), ou dans la salle de l'ancien hôpital Saint-Jean à Angers, d'une portée extraordinaire de 23 m¹²⁷ (fig. 156f), et dans la chapelle de ce même hôpital, de 15 m de portée¹²⁸. Dans cette dernière charpente, les sous-chevrons s'assemblent comme à Lisieux dans les jambes de force par un mi-bois de façon à raidir les pieds de fermes sous les charges de compression et à les rendre indéformables. À Lisieux, ce procédé est appliqué en tête des sous-chevrons, bloqués par mi-bois à l'entrait retroussé et à une contrefiche, de manière à mettre ces éléments en tension sous l'effet de la compression des chevrons.

127. CRMH 1982, vol. 1, pl. D 2854-68.

128. LE PORT 1977a, p. 402.

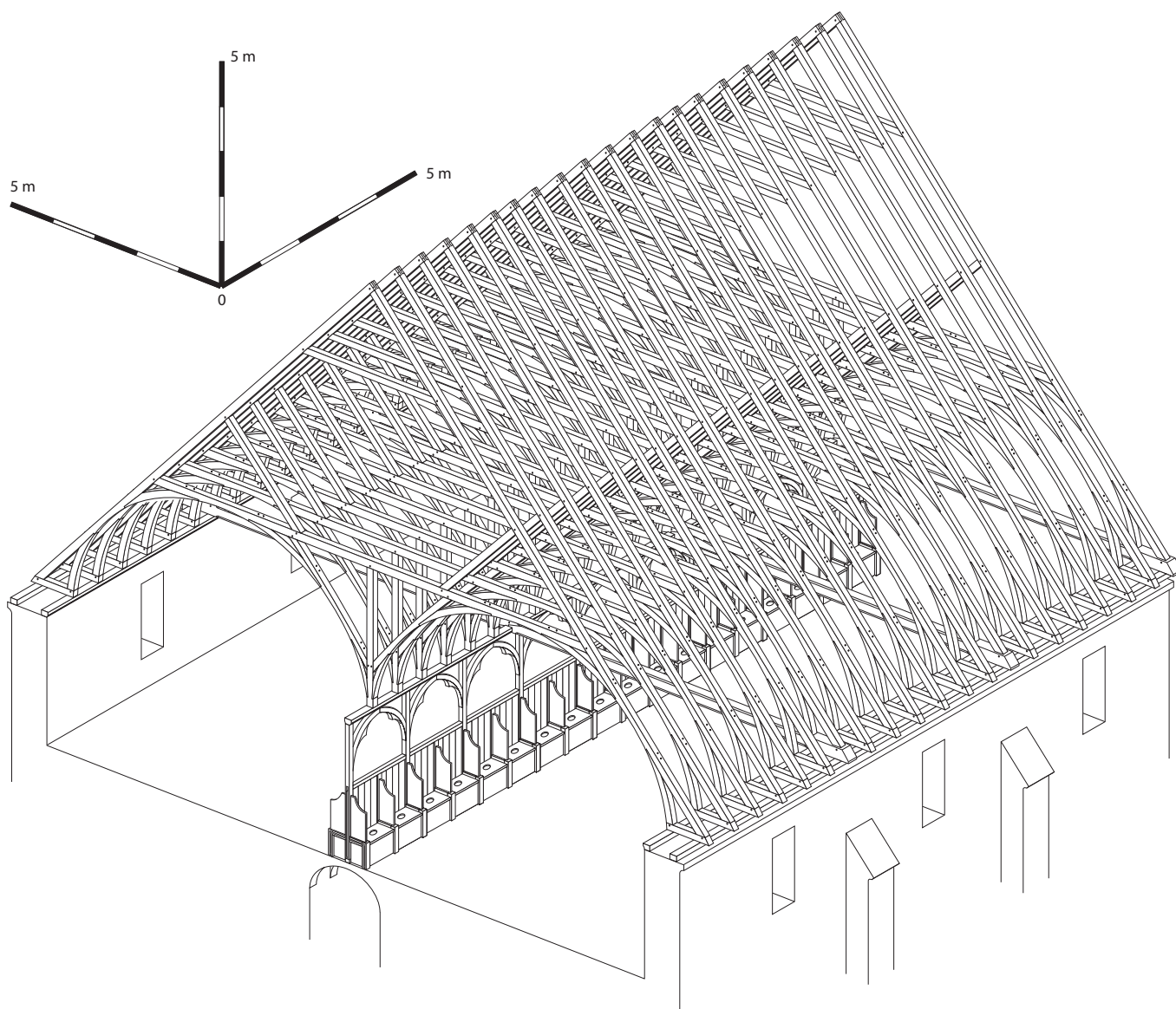


Fig. 156 (suite) : Restitution de la charpente des Latrines, vers 1230. Abbaye de Royaumont (Val-d'Oise).

Construite vers 1230, la charpente du bâtiment des latrines de l'abbaye royale de Royaumont (Val-d'Oise), couvre une portée remarquable de 15 m dans œuvre des murs (fig. 156 suite). Pour répondre à cette difficulté et assurer en même temps le voûtement de cet espace communautaire, le maître charpentier a conçu deux voûtes juxtaposées sous le même toit, avec une retombée des charges dans l'axe longitudinal de la salle. Les contraintes sont donc reportées sur une série de poteaux axiaux contre lesquels sont fixés les 60 sièges de ces latrines collectives. On connaît un exemple similaire du début du XIII^e siècle dans la salle des États généraux de Blois, construite par les comtes de la maison de

Châtillon. La charpente qui couvrait les deux nefs de la Grande salle du palais de la Cité construite entre 1293 et 1313 par Philippe IV le Bel présentait des dispositions analogues mais dans des proportions encore plus impressionnantes.

Parmi les témoins des premières charpentes gothiques, le cas de la grange de Warnavillers à Rouvillers dans l'Oise est à évoquer ici (fig. 157 à 160). Les analyses dendrochronologiques réalisées en 2006 par le laboratoire de Rennes ont permis de situer l'abattage des bois en automne-hiver 1189/1190. Dans l'état actuel du recensement, cette grange est la plus ancienne conservée en élévation en France.



Fig. 157 : Grange de Warnavillers à Rouvillers, 1189/1190d (Oise).



Fig. 158 : Charpente de la grange de Warnavillers, 1189/1190d (Oise).



Fig. 159 : Réception d'une ferme principale sur une pile, 1189/1190d. Grange de Warnavillers (Oise).

Cette grange présente une nef principale bordée de deux collatéraux avec une entrée relativement étroite dans l'axe d'un des deux murs-pignons¹²⁹. La charpente est portée par cinq paires de piles cylindriques, subdivisant ainsi la charpente en six travées. Il s'agit d'une structure à chevrons-formant-fermes avec des fermes principales composées d'un entrait, de deux chevrons raidis par un couple d'écharpes, un faux-entrait et deux jambes de force. Un poinçon triangule ces fermes mais leur origine reste incertaine. Les fermes secondaires reposent sur des blochets assemblés à deux cours de fortes sablières filant de piles en piles. Aucune pièce longitudinale ne contrevente ces fermes¹³⁰. Le raidissement des chevrons se fait par des assemblages à mi-bois tandis que les jambes de force s'assemblent par des tenons-mortaises. Le chevronnage des bas-côtés est soutenu par une panne contre-

129. L'entrée actuelle se fait au milieu du gouttereau sud et reprend peut-être une porte d'origine dont rien ne subsiste actuellement.

130. Les pannes faitières actuelles sont des rajouts récents.



Fig. 160 : Bas-côté de la grange de Warnavillers (Oise), 1189/1190d.

ventée par des liens et portée par des fermes constituées d'un entrait, d'un poteau et de deux contrefiches pour raidir ce dernier.

Cette charpente appartient à la première génération de charpentes gothiques avec ses travées de fermes secondaires subdivisées par des fermes principales. Sa particularité est de ne pas reposer sur des murs gouttereaux mais sur une trame de piles au droit desquelles sont assises les fermes principales. Cette forme est conditionnée par ses supports : il n'est pas d'autre choix possible pour une charpente ainsi portée par des couples de piles que d'être compartimentée en travées avec des fermes secondaires dépourvues d'entrait à la base. La question est de savoir dans quelle mesure ce mode de support a favorisé l'apparition des charpentes tramées et s'il ne faut pas entrevoir les granges, comme tout autre édifice à poteaux porteurs, comme le lieu d'expérimentation des premières charpentes gothiques.

En Normandie, la seule autre grange connue du XIII^e siècle est située à La Croisille dans l'Eure. Il n'en subsiste malheureusement que les poteaux, les entrails et les sablières. Les autres granges qui leur succèdent chronologiquement sont des années 1220d (Val-de-la-Haye en Seine-Maritime, Saint-Lazare de

Beauvais) et témoignent d'une conception plus élaborée avec des dispositifs longitudinaux de report de charges.

Toutes ces charpentes gothiques de la seconde moitié du XIII^e siècle adoptent les mêmes principes et tranchent avec les conceptions précédentes. Ce changement radical du mode de raidissement des chevrons, qui se traduit par la compensation mutuelle des charges, fait intervenir pour la première fois l'effort de traction au sein même des fermes. Le rôle premier de l'entrait principal n'est plus de porter le poids de la ferme mais désormais de résister à l'écartement des chevrons, avec une forte réduction de sa section pour franchir des vaisseaux plus larges. Cette nouvelle circulation des forces au cœur des fermes accompagne l'adoption de la travée dans les charpentes et entraîne par voie de conséquence d'autres innovations comme le redressement de la pente des toits ou l'adoption de la voûte au sein des fermes.

L'adaptation de la pente des toits

Il a été observé précédemment que la pente des toitures en Normandie est de 44° en moyenne du XI^e siècle au milieu du

XII^e siècle et qu'elle se redresse ensuite pour atteindre approximativement 52° à la fin du XII^e siècle et au début du XIII^e siècle (fig. 132). La faible pente des charpentes romanes était en grande partie due au système compressif qui impliquait une faible surface de toiture et une réduction minimale des charges sur les entrails qui récupéraient l'essentiel du poids de la charpente. Leur abandon au cours du XII^e siècle et l'adoption de la travée dans les nouvelles charpentes gothiques vont entraîner ce redressement des versants. Ce phénomène est donc directement lié à la constitution de ces charpentes et plus directement à la suppression des entrails à la base des fermes, et ce pour des raisons statiques.

Dans un système à chevrons-formant-fermes, la faible inclinaison des chevrons implique nécessairement la présence d'un entrail à la base pour empêcher leur écartement. Avec la suppression de ces tirants, la poussée des chevrons devient plus importante en raison du poids de la couverture. Cette poussée est en effet proportionnelle à l'inclinaison de la toiture. Plus la pente est faible, plus les chevrons ont tendance à s'écarter et plus les efforts de traction circulant dans un tirant (entrail retroussé) tendu entre les deux chevrons sont importants. Les assemblages des entrails retroussés et des écharpes sont d'autant plus stables que la pente est forte. Le redressement des versants réduit ainsi les poussées latérales des chevrons et limite les contraintes sur les assemblages des raidisseurs.

Ainsi, dès l'apparition des travées au sein des charpentes, la pente s'est redressée en moyenne d'une dizaine de degrés. Ce phénomène ne s'est pas généralisé immédiatement à l'ensemble des charpentes, quelques-unes ont encore conservé une faible pente pour une raison que l'on ignore comme la léproserie de Gravigny dans l'Eure (48,3°) ou la maison rue Saint-Romain à Rouen vers 1201-1216d (47°).

Comme nous l'avons vu auparavant, la diffusion de la tuile aux dépens des couvertures en bardage, essentage ou chaume au cours des XII^e et XIII^e siècles¹³¹ n'a pas entraîné de modification de la pente des toits. Quant à l'ardoise des Ardennes, sa diffusion en Normandie orientale n'est effective qu'à la fin du XV^e siècle, tandis que le schiste du Cotentin et du Bocage normand a été utilisé en Normandie occidentale durant tout le Moyen Âge¹³². Ce rehaussement des toits reste uniquement lié aux modifications de report des charges engendré par le passage de la charpente romane à la charpente gothique avec, notamment, l'adoption de la travée, et non aux matériaux de couverture pour la Normandie et vraisemblablement aussi pour l'Île-de-France.

Ce rehaussement se poursuit dans le courant du XIII^e siècle pour atteindre une moyenne de 55° en Normandie et de

60°¹³³ à la fin du XIII^e siècle dans la plupart des régions de la France septentrionale. Cette inclinaison correspond à l'aboutissement d'une recherche qui a débuté dès l'adoption de la travée et qui était destinée à réduire les poussées latérales des fermes sur les murs gouttereaux.

Le rapport entre les charpentes et les premières voûtes gothiques

Si les premiers voûtements en pierre s'illustrent en Normandie par des voûtes en berceau dès le milieu du XI^e siècle¹³⁴ et par des voûtes d'arêtes vers 1080-1090¹³⁵, il faut attendre la fin du XI^e siècle pour que soient expérimentées les premières voûtes sur croisées d'ogives, en Normandie (abbatiale de Lessay, vers 1098) comme en Angleterre (Durham, vers 1093). Le perfectionnement et la diffusion de ces voûtes d'ogives se manifestent sous les formes expérimentales très originales que sont les voûtes sexpartites de l'abbatiale Saint-Étienne de Caen vers 1115, ou les fausses voûtes sexpartites de la nef et du transept de La Trinité de Caen, vers 1125-1130. Ces dernières se limitent à quelques édifices de la première moitié du XII^e siècle comme les églises de Bernières, Ouistreham et Saint-Gabriel dans le Calvados. De même, les voûtes sexpartites à profil semi-circulaire, qui exigent, comme les précédentes, une alternance des supports, ne connaissent qu'une diffusion restreinte, toujours dans le Calvados, sous l'influence des chantiers caennais (églises de Creully avant 1140, de Brucheville vers 1140-1150 ou de Thury-Harcourt vers le milieu du XII^e siècle) mais aussi en Seine-Maritime comme sur l'église Saint-Julien de Petit-Quevilly¹³⁶.

Les voûtes quadripartites sur croisées d'ogives en plein cintre se développent dès la première moitié du XII^e siècle suite aux premières tentatives de Lessay, notamment dans le Cotentin sur les églises de Tollevast (vers 1120-1130), de Martinvast, de Magneville (1130-1140), de Brévands ou de Chef-de-Pont ou dans la vallée de la Seine comme dans l'église Saint-Paul de Rouen (1125-1130), au rez-de-chaussée de la tour Saint-Romain (1140-1150) de la cathédrale de Rouen ou dans l'abbatiale de Montivilliers (vers 1140)¹³⁷. Ces premières voûtes couvrent en priorité les vaisseaux du chœur et les croisillons du transept, les nefs restant encore plafonnées en bois. On ignore jusqu'à quelle

131. CHAPELOT 2000, p. 87-147.

132. Au nord de la France et en Belgique, le redressement des toitures vers la fin du XII^e siècle aurait été motivé d'après P. Hoffsummer par l'emploi de nouveaux matériaux de couverture (HOFFSUMMER 1995, p. 173 et 2002, p. 151).

133. HOFFSUMMER 2002, p. 151.

134. Tribune de Notre-Dame de Jumièges vers 1040-1066, transept de l'abbatiale du Mont Saint-Michel vers 1040-1050, chœur de l'église de Neuf-Marché vers 1060-1070, églises Saint-Pierre de Touques et Notre-Dame d'Autheuil vers la fin du XI^e siècle.

135. Chœur de Saint-Nicolas et abbatiale de La Trinité de Caen.

136. BAYLÉ 1997, vol. 1, p. 49-78.

137. *Ibid.*, p. 49-78; vol. 2, p. 112, 121, 185.

date sont construites les voûtes d'arêtes et dans quelles conditions celles-ci sont supplantées par les voûtes sur croisées d'ogives mais il apparaît que dès le milieu du XII^e siècle, le voûtement en pierre des nouvelles églises normandes est parfaitement maîtrisé. Leur diffusion se généralise à partir du milieu du XII^e siècle dans les nouvelles églises, du moins sur les chevets selon l'importance et la qualité de la construction.

Sur des édifices romans aux murs épais, couverts d'un plafond en bois, les voûtes sont parfois rajoutées sans renfort des maçonneries comme à l'abbatiale romane Saint-Georges de Boscherville où l'épaisseur des murs a permis le rajout entre 1224 et 1229 de voûtes sur croisées d'ogives sur le transept et la nef, sous le plafond roman. Mais dans nombre de cas, l'adjonction de voûtes a nécessité une modification de la structure des supports avec le rajout de contreforts pour renforcer les points de retombée des charges.

L'une des contraintes majeures des charpentes romanes était l'impossibilité de pénétration de la voûte maçonnée dans le comble en raison de la présence d'entrait à la base de toutes les fermes. Au XI^e siècle et au début du XII^e siècle, plusieurs édifices ont donc rehaussé leurs murs gouttereaux afin d'asseoir les fermes au-dessus de l'extrados de la voûte en berceau comme sur le chœur de l'église de Neuf-Marché (1127-1133d) (Neuf-Marché, fig. 3). Cette caractéristique est assez courante pour cette période et se rencontre aux chevets de l'église de Saint-Martin-de-Tollevast dans la Manche, aux absides de Saint-Nicolas de Caen et de Saint-Georges de Boscherville. Sur le transept de l'église de Saint-Clair-sur-Epte dans le Val-d'Oise de la première moitié du XII^e siècle, les entrails de la charpente romane ont été taillés dans des bois courbes pour enjambrer l'extrados de la voûte (fig. 44).

Les premières voûtes sur croisée d'ogives réalisées au XII^e siècle et au début du XIII^e siècle présentent la particularité de pénétrer dans le comble avec un extrados qui monte parfois jusqu'à un mètre au-dessus du niveau des sablières de la charpente. Par souci d'économie, les murs gouttereaux ne sont pas montés aussi haut et la charpente devait donc loger ces voûtes au sein des fermes. Quelques rares charpentes romanes ont su adapter leur structure à cette pénétration comme à Laon sur l'ancien palais épiscopal en 1178-1188d et sur la cathédrale (fig. 128) mais ces cas restent exceptionnels. Ainsi, la structure des premières charpentes tramées, constituées de fermes à entrails retroussés ou à écharpes, avec des fermes principales définissant des travées, permettait de résoudre le problème du voûtement. Et il n'est pas anodin de constater que l'apparition et la diffusion des charpentes tramées accompagnent le développement et la diffusion du voûtement des églises sur le plan chronologique et géographique. En Normandie, les plus anciennes charpentes tramées se rencontrent précisément sur des voûtes fortement exhaussées sur des chevets de la seconde moitié du XII^e siècle et du début du XIII^e siècle, à Chanu (1183-1192d), Vaux (1224d), Voismet et Quatremare. Le raidissement

des chevrons en partie haute et médiane par des écharpes et des entrails retroussés offrait une réponse efficace au couvrement de ces premières voûtes expérimentales surhaussées, avec des fermes principales situées au droit des arcs-doubleaux, à la retombée des voûtains (Villiers-en-Désœuvre, chapelle de Chanu, fig. 6-7).

Cet exhaussement des premières voûtes sur croisée d'ogives, notamment sur des petites églises de la seconde moitié du XII^e siècle, témoigne des tâtonnements, des recherches et surtout de la réelle difficulté à maîtriser cette nouvelle technique et à faire adapter la charpente à cette pénétration. Dans de nombreux cas, les murs gouttereaux sont surélevés jusqu'au niveau de l'extrados pour pallier cette gêne. Il faut attendre le début du XIII^e siècle pour que ce problème soit maîtrisé et que l'extrados des voûtes sur croisée d'ogives soit de niveau avec l'entablement des murs.

Ce schéma n'est pas à généraliser mais il faut admettre que des voûtes sur croisée d'ogives fortement exhaussées se rencontrent fréquemment dans la seconde moitié du XII^e siècle, même en dehors de la Normandie comme à Lavilletterte dans l'Oise et à Chars, Hérouville, Saint-Clair-sur-Epte ou Brignancourt dans le Val-d'Oise. On peut légitimement se demander dans quelle mesure le développement de ces nouvelles voûtes dans l'architecture de la seconde moitié du XII^e siècle a provoqué la création des charpentes tramées, et surtout favorisé leur diffusion sur les vaisseaux voûtés. La création des charpentes gothiques au XII^e siècle est certes liée à l'amincissement des murs mais elle résulte aussi vraisemblablement de cette adaptation forcée aux nouveaux modes de voûtement qui ont profondément marqué l'architecture des églises au cours de la seconde moitié du XII^e siècle.

Le couvrement des voûtes sur croisée d'ogives par des charpentes tramées suppose une correspondance étroite entre leur trame avec des fermes principales situées au droit des arcs-doubleaux et contre les pignons, particulièrement si ces voûtes sont surhaussées. Cependant, on constate dans nombre d'exemples que même au point de retombée des voûtains, au droit des arcs-doubleaux, l'entrait des fermes principales ne peut franchir horizontalement le vaisseau sans toucher la voûte et qu'il doit présenter une forte courbure pour épouser la convexité de l'extrados de la voûte. Ainsi, les entrails des charpentes des chapelles des Vaux à Gisors, de Chanu ou de l'église de Quatremare dans l'Eure ont été exécutés dans un bois tors dont la courbure naturelle épousait au mieux celle de la voûte sous-jacente (fig. 25). La sélection avant l'abattage de l'arbre devait donc prendre en compte la forme des voûtes et supposait une étroite coopération entre le maître charpentier et le maître de maçonnerie.

La possibilité de trouver des bois incurvés adaptés à la largeur du comble et à la forme des voûtes est relativement réduite et suppose un long travail de recherche et de sélection des bois sur

pied en forêt. Lorsque ces bois tors étaient introuvables, les charpentiers se résignaient parfois à adopter d'autres solutions comme pour la ferme principale ouest de la charpente du chœur de la chapelle Saint-Laurent de Vaux (1224d) où l'entrait, de section réduite, a été surélevé de 30 cm au-dessus du niveau des sablières, assemblé par mi-bois aux chevrons et aux jambes de force (Gisors, Vaux, fig. 11). À Fontaine-le-Pin dans le Calvados, les charpentiers n'ont pu trouver d'entrants tors adaptés et la charpente qui couvre les voûtes du chœur est dépourvue de tirant à sa base. Ce problème illustre à quel point l'adaptation à la forme des voûtes a pu être déterminante au cours de la seconde moitié du XII^e siècle et au début du XIII^e siècle dans l'évolution des formes des charpentes.

Les premières charpentes voûtées

La présence de voûtes maçonnées sur les édifices majeurs du XII^e siècle tels que les cathédrales et les églises abbatiales comme Saint-Étienne et La Trinité de Caen ou Montivilliers, a fortement contribué en tant que modèles à la diffusion et à la propagation de cette nouvelle forme de couverture des vaisseaux dans les constructions plus modestes. Les foyers de diffusion demeurent ceux des grands chantiers qui ont animé la région caennaise, la vallée de la Seine, les cités épiscopales comme Bayeux et certaines abbayes. Cette mode s'est très vite propagée en Normandie et très tôt, vers le milieu du XII^e siècle, le besoin s'est fait ressentir de couvrir de voûtes maçonnées le chevet des églises paroissiales, des chapelles seigneuriales, de commanderies et de léproseries.

Toutefois, pour nombre d'entre elles, le voûtement en pierre restait relativement onéreux puisqu'il réclamait l'intervention d'un maître d'œuvre compétent dans ce domaine novateur et d'une équipe de sculpteurs pour la taille des ogives et des organes de retombées de voûtes (chapiteaux, culots, colonnes et bases). L'achat de pierre de qualité, nécessaire aux nervures et aux bases, pouvait aussi représenter un obstacle dans des régions éloignées des sources d'approvisionnement. Ainsi, le coût d'une telle construction obligeait parfois à ne financer qu'un programme limité au voûtement du chœur, laissant la nef couverte d'un plafond en bois. Lorsque les moyens financiers ne le permettaient pas ou quand le vaisseau ne s'y prêtait pas, on a eu recours à une voûte en bois, une structure voûtée intégrée dans la charpente du comble. Toutefois, il serait maladroit d'interpréter la charpente voûtée comme la «voûte du pauvre» à une époque où, en Normandie, la plupart des constructions étaient en bois. Les voûtes en bois correspondent davantage à une solution technique adaptée aux compétences locales et à la disponibilité des matériaux qu'à une simple voûte de substitution, faute de moyens. Il a fallu attendre le développement des circuits de commercialisation des pierres taillées et la formation d'équipes compétentes

pour que cette technique soit plus largement diffusée. Il n'en demeure pas moins que certaines églises de grande qualité architecturale ont toujours été couvertes de voûtes en bois même sur le chœur, comme à Saint-Céneri-le-Gérei dans l'Orne, ce qui semble répondre à un choix esthétique ou à une mode constructive plus qu'à un manque de moyens.

Les premières charpentes voûtées apparaissent en Normandie, dès le milieu du XII^e siècle, dans des petites églises comme sur la nef de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais vers 1144d (fig. 155-a), et se répandent relativement vite dans la seconde moitié de ce siècle aussi bien en architecture religieuse (églises de Norrey-en-Auge, de Saint-Sulpice-sur-Risle, de Saint-Céneri-le-Gérei, de Médavy, léproserie de Gravigny) que dans l'habitat civil (maison rue Malpalu à Rouen). Sur l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais, la voûte en bois couvre uniquement la nef tandis que le chœur est voûté en pierre. Parmi les premiers témoins, on distingue trois types de voûtes : celles de profil polygonal (Vaux, Médavy, Gravigny), celles qui présentent un profil en plein cintre (Sainte-Marie-aux-Anglais, Norrey, Saint-Sulpice-sur-Risle, rue Saint-Romain à Rouen) et celles de profil en arc brisé.

Les premières, de profil polygonal, correspondent à des charpentes dont la composition des fermes est restée élémentaire avec soit une croisée d'écharpes complétée par un entrait retroussé, soit des entrants retroussés parfois raidis par deux aisseliers, avec en pied, dans tous les cas, des jambes de force inclinées reposant sur un blochet. Tous ces bois sont droits et leur pourtour intérieur dessine donc un profil de voûte polygonale. L'emploi d'écharpes couplées à un entrait retroussé permet d'obtenir un contour presque convexe (Médavy) tandis que l'utilisation du seul entrait retroussé rend le tracé plus abrupt comme à Vaux et des aisseliers sont alors parfois rajoutés de façon à adoucir ce profil et le rendre moins anguleux (Gravigny). Ce schéma très conventionnel se rencontre aussi dans d'autres régions vers la fin du XII^e siècle comme dans l'Aube dans les églises de Chavanges, de Pargues et de la commanderie d'Avaleur¹³⁸.

Les voûtes en bois en berceau plein-cintre se rencontrent dans des charpentes où le raidissement des fermes ne comporte essentiellement que des entrants retroussés, les écharpes étant rares dans un voûtement en Normandie (Fontaine-Guérad, Médavy). Le plein cintre est alors obtenu par l'emploi de bois tors pour les aisseliers et les jambes de force dont la courbure est accentuée par leur délardement comme celui de l'entrait retroussé et des chevrons (Saint-Sulpice-sur-Risle, Norrey-en-Auge, maisons rue Malpalu et Saint-Romain à Rouen). Les fermes de la voûte en berceau de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais, des années 1144d, présentent des jambes de force, des aisseliers et des entrants retroussés tors, ce qui suppose un long travail de sélection des

138. LE PORT 1977a, p. 400.



Fig. 161 : Église de Saint-Céneri-le-Gérei (Orne), nef.

arbres sur pied pour la réalisation de cet ouvrage. Une torsion médiane des entrails retroussés est relativement rare car difficile à obtenir d'une torsion naturelle. Cela a toutefois déjà été observé sur la charpente voûtée du prieuré Saint-Lazare de Fontevraud vers 1161-1175 par J.-Y. Hunot (fig. 156-c)¹³⁹. Les chevrons sont également délardés entre les jambes de force et les aisseliers.

Pour adapter les bois de faible section à cette courbure, leurs assemblages à mi-bois sont excessivement étirés et atteignent parfois 56 cm de longueur. Un cours de liernes et des poteaux sculptés ont été rajoutés vers 1290d pour soutenir les fermes secondaires et éviter le tassement de la voûte. À l'origine, toutes les fermes étaient indépendantes, sans contreventement et sans système d'étalement. Une charpente voûtée similaire, datée par dendrochronologie de 1198, a été recensée à Saint-Denis d'Authou en Eure-et-Loir (fig. 156-a)¹⁴⁰ mais elle présente des assemblages plus évolués (tenons-mortaises) et mieux adaptés pour les aisseliers et les jambes de force. Elle est aussi dépourvue de système longitudinal de report des charges des fermes secondaires.

Les voûtes avec un profil en arc brisé semblent se développer à partir du début du XIII^e siècle, bien que les charpentes voûtées des églises de Croth dans l'Eure, de Champs et de Saint-Céneri-le-Gérei dans l'Orne puissent appartenir au XII^e siècle mais faute de relevés et d'analyses dendrochronologiques nous resterons prudents (fig. 161).

L'absence de clou en sous-face d'une des fermes voûtées de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais, prise dans le clocher plus tardif (vers 1435d), permet d'avancer l'hypothèse que cette voûte n'était pas lambrissée à l'origine et que les fermes étaient apparentes. Le lambris qui couvre actuellement ces fermes a

d'ailleurs été daté par dendrochronologie vers 1545d. La charpente voûtée qui couvrait l'étage d'une maison en pierre à Rouen, datée de 1201-1216d, au n° 18, rue Saint-Romain, n'a quant à elle jamais été lambrissée, aucune trace de clou n'ayant été observée en sous-face des bois ni aucun autre dispositif de fixation d'un lambris¹⁴¹ (fig. 155-l). Les fermes de cette voûte en plein cintre étaient par conséquent apparentes à l'étage de cette habitation. D'autres exemples de charpentes voûtées non lambrissées existent en dehors de la Normandie comme à Niort dans les Deux-Sèvres sur la grande salle d'une maison du XIII^e siècle¹⁴². Il est encore difficile de savoir si les voûtes apparentes dépourvues de lambris étaient une mode très répandue aux XII^e-XIII^e siècles ou si elles résultent d'un défaut financier, le lambris pouvant être fixé plusieurs décennies plus tard comme c'est le cas parfois pour le décor peint. Pourtant, la charpente voûtée du début du XIII^e siècle qui couvre la grande salle du château de Crépy-en-Valois dans l'Oise n'a jamais reçu de lambris (fig. 162) et il est difficile ici d'incriminer un défaut de moyens. Il en est de même pour la grande charpente voûtée du début du XIII^e siècle du farinier de l'abbaye de Cluny ou à Gand en Belgique pour la charpente voûtée couvrant la grande salle des malades de l'hôpital de l'abbaye de la Biloque, datée de 1251-1255d¹⁴³. Ainsi, il s'avère qu'aux XII^e-XIII^e siècles, le lambrissage des voûtes n'était pas systématique que ce soit pour les églises ou pour l'habitat aristocratique et le recouvrement des fermes pouvait intervenir un ou deux siècles plus tard. La vue et peut-être l'appréciation esthétique de la structure interne de la charpente renvoient à une sensibilité et une considération des ouvrages en bois qui nous sont étrangères aujourd'hui. Celles-ci ont manifestement évolué à la fin du Moyen Âge conduisant à un lambrissage systématique des voûtes et à une dissimulation des ouvrages en bois comme on le constate également pour les façades en pans-de-bois recouvertes de plâtre afin d'être cachées à la vue.

Aucun lambris des XII^e-XIII^e siècles n'a été retrouvé sur ces charpentes voûtées. D'après les traces de clous observées sur les bois, il s'avère que le lambris le plus ancien sur ces charpentes se présentait sous l'aspect de planchettes directement clouées en sous-face des pièces, de ferme en ferme avec un recouvrement des raccords par un couvre-joint vertical filant sur l'intrados des fermes. Dans la plupart des cas, le lambris a été remplacé mais celui visible actuellement sur des voûtes des XV^e-XVI^e siècles en Normandie reproduit vraisemblablement une disposition similaire avec des planchettes clouées de ferme en ferme et des couvre-joints dissimulant leurs raccords verticaux.

139. HUNOT 2001, p. 26.

140. HOFFSUMMER (dir.) 2002, p. 180.

141. PITTE et LESCROART 1991, p. 68.

142. PRYSMICKI 2004, p. 309-312.

143. HOFFSUMMER 2002, p. 155.



Fig. 162 : Charpente du château de Crépy-en-Valois (Oise), début du XIII^e siècle.

En dehors de la Normandie, les charpentes voûtées du XIII^e siècle sont tout aussi rares (fig. 156). Elles apparaissent dans la seconde moitié du XIII^e siècle et sont à chevrons-formant-fermes, à structure tramée faite de fermes secondaires et de fermes principales à entrain, sans contreventement. Celle du prieuré Saint-Lazare de Fontevraud en Anjou (fig. 156c), datée de 1161-1175 et étudiée par Jean-Yves Hunot¹⁴⁴ présente des fermes raidies par une croisée d'écharpes couplées à un entrain retroussé et par des jambes de force mais elle se distingue de ses consœurs normandes par le fait que les écharpes et les entrains retroussés sont intégrés dans le tracé semi-circulaire de la voûte, ceux-ci présentant une incurvation naturelle en sous-face accentuée par un délardement. Par ailleurs, l'entrain des fermes principales est suspendu à mi-portée par un faux-poinçon (ou suspente) assemblé en tête dans l'entrain retroussé comme à Gravigny dans l'Eure (fig. 155d) ou dans l'église de Mée en Eure-et-Loir (fig. 156b)¹⁴⁵. L'emploi des écharpes dans le tracé du plein-cintre

témoigne d'un procédé très complexe peut-être régional et typique de l'Anjou mais qui demeure inconnu jusqu'alors en Normandie. Il se retrouve en Mayenne vers le début du XIII^e siècle dans la charpente du bâtiment des convers de l'abbaye de Clermont, toujours avec un délardement et aussi avec un rajout d'aiseliers courbes. La charpente voûtée polygonale de la maison rue James-Demontry à Dijon¹⁴⁶ (fig. 156h) s'apparente approximativement à celle de Gravigny avec des fermes raidies par un entrain retroussé, deux aisseliers assemblés par mi-bois et deux jambes de force qui se prolongent en pied au-delà des blochets et de l'entrain pour s'appuyer contre les murs. Des cas très similaires s'observent sur les églises de Pargues, de Chavanges, de la commanderie d'Avaleur dans l'Aube ainsi que celle de l'église de La Madeleine à Troyes. La disposition des pièces de ces charpentes utilise les mêmes procédés que celles de charpentes normandes en combinant le jeu des entrains retroussés, des contrefiches et des aisseliers. Les solutions techniques sont en effet peu nombreuses pour raidir des chevrons et utiliser ces raidisseurs pour fixer un lambris selon un

144. HUNOT 2001, p. 26.

145. HOFFSUMMER (dir.) 2002, p. 177.

146. CRMH 1982a, D 6940-42.

profil de voûte semi-circulaire ou polygonale. Il semble donc ne pas y avoir de véritables spécificités normandes en matière de combinaison de pièces sauf peut-être pour l'absence des écharpes dans le tracé des voûtes en berceau.

Les assemblages

Les premiers tenons-mortaises observés à l'abbatiale de La Trinité à Caen (1059-1080) et à Boscherville (1120-1130d) sous l'aspect de petites mortaises carrées peu profondes et dépourvues de trou de cheville sont localisés sur les entrants en pied d'éléments de raidissement. Avec l'avènement des charpentes tramées, ces assemblages vont vite se perfectionner en de véritables tenons-mortaises profonds, de section quadrangulaire et percés d'un trou de cheville. Ils demeurent encore aux pieds des fermes, au niveau des entrants et des blochets pour recevoir l'extrémité inférieure des jambes de force et des chevrons. Ils sont donc utilisés spécifiquement pour un travail en compression et destinés à récupérer des charges verticales auxquelles les assemblages à mi-bois étaient mal adaptés. Le pied de ces éléments terminés en about par un tenon engagé dans une mortaise est mieux stabilisé qu'un mi-bois qui pouvait, sous la pression, se déchausser et verser la ferme.

À partir du milieu du XII^e siècle, le tenon-mortaise s'emploie dans les parties supérieures de la ferme, plus particulièrement aux extrémités des entrants retroussés. L'assemblage de tête des deux chevrons d'une ferme, assuré au XI^e siècle par un mi-bois, se transforme dès la première moitié du XII^e siècle en un tenon-mortaise dont la mortaise demeure ouverte. Appelé «enfouchement», ce type d'assemblage sera par la suite toujours employé comme moyen de liaison en tête des chevrons, et ce jusqu'à nos jours.

Sur certaines charpentes comme à Saint-Sulpice-sur-Risle, Médavay, Norrey-en-Auge, Fontaine-le-Pin ou Gravigny, le premier entrant retroussé est assemblé aux chevrons par tenon-mortaise tandis que les autres éléments comme les écharpes ou les aisseliers gardent encore des mi-bois ou s'assemblent par embrèvement. Ce choix particulier pour l'entrant retroussé peut s'expliquer par un procédé de levage qu'autorise seulement le tenon-mortaise. En effet, les dimensions réduites des fermes et la faible section des bois permettent le levage d'un couple de chevrons déjà assemblés et raidis par l'entrant retroussé. L'assemblage de l'entrant retroussé aux chevrons par tenon-mortaise permet de les raidir et de les lever ensemble sans risque de déchaussement. Les autres pièces sont ensuite assemblées par mi-bois et embrèvement qui autorisent une mise en place dans un second temps sur des bois déjà levés. Les tenons-mortaises réclament un emboîtement simultané de plusieurs bois, ce qui peut représenter un certain handicap lors du levage des bois en l'absence d'engin de levage adéquat. Ainsi, il est fréquent de

constater dans les charpentes des XII^e-XIII^e siècles l'emploi du tenon-mortaise spécifiquement pour les éléments principaux de raidissement des chevrons (entrant retroussé) et celui du mi-bois ou de l'embrèvement pour les éléments secondaires de mise en tension des fermes (écharpes, aisseliers, faux-entrant, contrefiches). Cette observation est aussi valable pour les fermes des charpentes de grandes dimensions comme la cathédrale de Lisieux. La lente diffusion du tenon-mortaise et la persistance du mi-bois jusqu'au milieu du XIII^e siècle dans les petites charpentes s'expliqueraient par les difficultés à résoudre les problèmes du levage liés peut-être au perfectionnement des engins.

Concernant les jambes de force, on constate très tôt l'emploi du tenon-mortaise en tête et en pied comme pour l'assemblage des blochets. Il est fort probable que suivant les techniques de levage utilisées pour les petites charpentes, les pieds de ferme, c'est-à-dire les jambes de force et les blochets, étaient montés déjà assemblés avec le chevron ou avec le couple de chevrons sur les murs. Leur faible poids permettait en effet de les lever déjà assemblés et chevillés, ce qui représentait un gain de temps et une économie d'opérations de manutention non négligeable. Les trous destinés au passage de cordes de levage observés sur de nombreux blochets (Boos, Quatremare) plaideraient en faveur de cette théorie. Ces trous sont de fort diamètre, traversants ou situés sur les flancs de blochet (Boos, fig. 9).

L'assemblage à mi-bois continue d'être utilisé durant tout le XII^e siècle sauf aux pieds de fermes et en tête des chevrons. Ses facilités d'emboîtement justifient son emploi systématique aux extrémités des écharpes pour leur mise en place finale sur des chevrons déjà montés, jusqu'à leur disparition au XIII^e siècle. Il s'observe également sur les faux-entrants à Saint-Sulpice-sur-Risle, sur les aisseliers de Gravigny et en tête des contrefiches obliques de Norrey-en-Auge pour les mêmes raisons. Ces dernières s'assemblent en pied par un tenon-mortaise dans l'entrant retroussé de manière à assurer leur stabilité sous les efforts de compression qu'elles récupèrent.

L'emploi du tenon-mortaise se justifierait donc par des procédés de levage qui facilitent le montage de fermes pré-assemblées et pour la reprise de charges en compression, et celui du mi-bois pour des assemblages fixés après levage. Toutefois, on observe sur le n° 18 rue Saint-Romain ou à Chanu des mi-bois aux extrémités des principaux éléments de raidissement des chevrons (entrants retroussés) qui semblent témoigner d'une mise en place pièce par pièce de la charpente. À l'opposé, dans les charpentes de Voismes, de Vaux (1224d) et peut-être de celle de la rue Malpalu de Rouen, tous les bois sont assemblés par tenon-mortaise. Les fermes peuvent avoir été levées soit entièrement assemblées vu leur dimension réduite, soit pièce par pièce, les unes après les autres, selon la présence ou non d'engins de levage de forte capacité sur le chantier. La mixité de l'emploi du tenon-mortaise et du mi-bois dans les charpentes de la seconde moitié

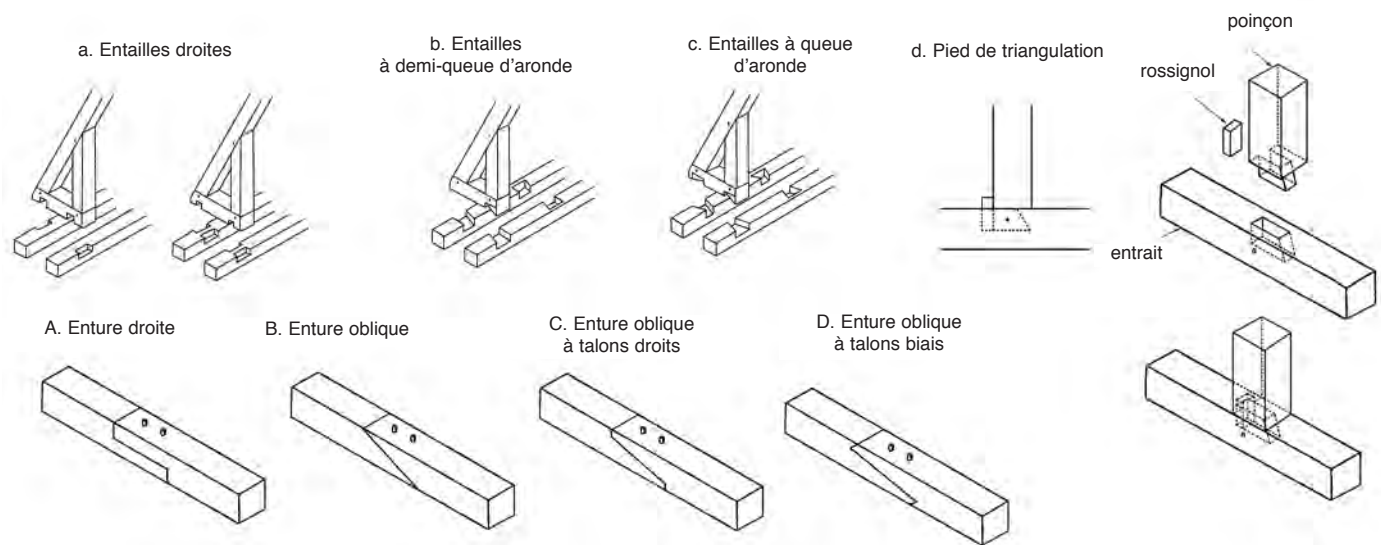


Fig. 163 : Assemblages de la seconde moitié XII^e-début XIII^e siècle.

du XII^e siècle témoigne encore d'un mode de levage manuel des bois et du faible usage des engins pour la mise en place d'éléments pré-assemblés.

Avec les charpentes voûtées, on voit apparaître pour la première fois l'embranchement, assemblage fonctionnant en compression qui se présente sous l'aspect d'une simple entaille peu profonde dans laquelle vient se loger l'extrémité d'une autre pièce, généralement fortement inclinée, taillée selon un profil inverse¹⁴⁷ (Rouen, n° 18 rue Saint-Romain, fig. 2). Il se remarque ici aux extrémités des éléments courbes de la voûte comme aux abouts des aisseliers et en tête des jambes de force au n° 18 rue Saint-Romain ou uniquement en tête des aisseliers de la voûte de Saint-Sulpice. Leur particularité, déjà observée par Y. Lescroart¹⁴⁸, consiste en un talon oblique c'est-à-dire une butée taillée en biais, qui suppose un encastrement en force des aisseliers et des jambes de force dans les chevrons et l'entrait retroussé. Les embrèvements des jambes de force et de ces aisseliers rentrés à force, bloqués par un chevillage traversant, permettent de mettre en tension les assemblages de l'entrait retroussé en s'opposant aux forces de compression qui le sollicitent, et de raidir ainsi les éléments de la voûte. De tels embrèvements se remarquent aussi dans l'Aube dans la charpente voûtée de l'église de La Madeleine de Troyes à la fin du XII^e siècle¹⁴⁹ et plus tard dans la charpente voûtée du dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport ou dans la maison de l'impasse

Prud'homme à Bayeux (1226d) et, en dehors de la Normandie, dans la charpente du farinier de l'abbaye de Cluny¹⁵⁰.

La fixation des blochets aux sablières utilise encore des languettes insérées dans une rainure comme à Gravigny (fig. 141) ou des entailles droites comme à Vaux (1224d) et à Quatremare au début du XIII^e siècle (fig. 163a). Dès la première moitié du XII^e siècle apparaissent les entailles à demi-queue d'aronde à Sainte-Marie-aux-Anglais (fig. 163b) et dans la seconde moitié de ce siècle les entailles à queue d'aronde à Chanu (fig. 163c) en sous-face des entrails.

Les assemblages d'éléments longitudinaux souffrent quant à eux du nombre encore restreint de liernes et d'éléments d'étrésillonement au XII^e siècle et des restaurations fréquentes des sablières. Vers 1144d, les sablières de l'église Sainte-Marie-aux-Anglais sont assemblées par une enture oblique à talons droits (fig. 163c). Quelques entures obliques ont été observées à Quatremare (début du XIII^e siècle) au niveau des sablières (fig. 163b).

L'espace des fermes

L'entraxe des fermes des charpentes romanes varie entre 0,70 m et 1,12 m, sur une moyenne de 0,93 m, quelle que soit la portée d'entrait. Il est déterminé en partie par la légèreté des matériaux de couverture comme les essentes et, pour certaines, par la nécessité de mettre en place un plafond apparent.

147. LE PORT 1979, p. 47.

148. PITTE et LESCROART 1991, p. 69.

149. CRMH 1982 vol. 1, pl. D 6913-14-21.

150. LE PORT 1977a, p. 394.

| Sites | Portée d'entrait | Moyenne des entrevous des fermes | Moyenne des entraxes des fermes |
|---|------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Gisors, chapelle Saint-Laurent de la ferme des Vaux : chœur | 4,45 m | 45 cm | 58 cm |
| Norrey-en-Auge, église paroissiale Sainte-Anne | 5,03 m | 53 cm | 66 cm |
| Gisors, chapelle Saint-Laurent de la ferme des Vaux : nef | 5,10 m | 43 cm | 56 cm |
| Gravigny, ancienne léproserie Saint-Nicolas | 5,36 m | 52 cm | 64 cm |
| Saint-Sulpice-sur-Risle, église paroissiale Saint-Sulpice | 5,50 m | 44 cm | 56 cm |
| Rouen, maison n°18 rue Saint-Romain | 5,50 m | 70 ou 55 cm | 82 ou 67 cm |
| Fontaine-le-Pin, chapelle de l'ancienne commanderie templière de Voismier | 5,55 m | 43 cm | 56 cm |
| Rouen, logis abbatial n°6 impasse Saint-Amand | 5,66 m | 40 cm | 55 cm |
| Quatremare, église Saint-Hilaire | 5,70 m | 39,5 cm | 51,5 cm |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : chapelle axiale | 5,73 m | 50 cm | 65 cm |
| Rouen, maison rue Malpalu | 6,05 m | 77 cm | 79 cm |
| Mesnil-Mauger, église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais | 6,12 m | 61 cm | 73 cm |
| Val-de-la-Haye, grange de la commanderie Sainte-Vaubourg | 6,25 m | 43 cm | 62 cm |
| Bayeux, maison impasse Prud'homme | 6,45 m | 38,5 cm | 53,5 cm |
| Villiers-en-Desœuvre, chapelle Notre-Dame-du-Temple de Chanu | 6,71 m | 51 cm | 63 cm |
| Boos, manoir de l'abbaye de Saint-Amand | 6,85 m | 39 cm | 54 cm |
| Médavy, église prieurale Notre-Dame du Repos | 6,91 m | 53 cm | 65 cm |
| Radepont, abbaye de Fontaine-Guérard | 7,11 m | 49,5 cm | 61,5 cm |
| Crouttes, grange du prieuré Saint-Michel | 7,21 m | 40 cm | 56 cm |
| Heurteauville, grange | 8,11 m | 40 cm | 56 cm |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : croisillon sud | 8,45 m | 43 cm | 57,5 cm |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : nef | 8,45 m | 44,5 cm | 58,5 cm |
| Fécamp, église abbatiale de La Trinité | 8,88 m | 47,5 cm | 63,7 cm |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : croisillon nord | 9,08 m | 48,5 cm | 62,5 cm |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : croisillon sud | 9,20 m | 47,5 cm | 61,5 cm |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre : chœur | 9,60 m | 52,5 cm | 66,5 cm |
| Rouen, cathédrale Notre-Dame : nef | 9,75 m | 50,5 cm | 66,5 cm |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : croisillon nord | 9,80 m | 43 cm | 58 cm |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame : chœur | 10,20 m | 47 cm | 60 cm |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport | 10,85 m | 45 cm | 61,5 cm |

Tableau des espacements de fermes.

Aux XII^e-XIII^e siècles, dans les charpentes normandes à structures tramées, l'espacement des fermes est plus réduit et varie généralement entre 54 et 67 cm autour d'une moyenne de 62 cm, quelles que soient là aussi les dimensions de l'édifice et la portée d'entrait.

Ainsi, indépendamment des dimensions de la toiture, l'espacement des fermes des charpentes tramées est plus réduit que celui des charpentes romanes. Cette réduction pourrait être liée à la diffusion des couvertures en tuiles, plus lourdes et nécessitant un chevonnage plus rapproché que pour les couvertures en bardeaux ou en chaume des charpentes antérieures au début du XII^e siècle, même si nous ne savons pas encore quand réellement les couvertures en tuiles ont été diffusées.

Seules l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais dans le Calvados vers 1144d, la toiture de la maison romane rue Malpalu à Rouen de la seconde moitié de ce siècle et peut-être celle de la maison n° 18 rue Saint-Romain à Rouen datée de 1201-1216d conservent des espacements importants (entre 73 et 82 cm) qui s'expliquent cependant par la présence d'entre-chevrons entre leurs fermes¹⁵¹.

151. Les entre-chevrons de Sainte-Marie-aux-Anglais ne sont plus ceux d'origine.

Il est probable aussi qu'elles furent couvertes en chaume ou en bardeaux à l'origine et que des entre-chevrons furent rajoutés lors de sa recouverture en tuile plusieurs décennies plus tard.

D'autres valeurs excessives peuvent s'expliquer comme l'écartement important des fermes de la cathédrale de Rouen (66,5 cm) dont la couverture en tables de plomb était portée par un voligeage serré de planches de 10 cm de large, d'après les négatifs relevés sur les chevrons. La solidité du voligeage ou du lattis garantit en effet la stabilité des fermes et autorise un espacement plus lâche des fermes. Inversement, le rapprochement étroit de 53,5 cm des fermes de la maison de l'impasse Prud'homme à Bayeux (1226d) se justifie par la médiocre qualité de ses bois tors et la lourdeur de sa couverture en schiste ardoisier. Enfin, si les granges du Val-de-la-Haye (1216-1220d), de Crouttes (vers 1222d) ou de Heurteauville (1237-1243d) ont leurs fermes rapprochées, on peut supposer que leur charpente n'était pas destinée à porter du chaume ou des bardeaux mais plutôt une couverture en tuiles¹⁵².

Comme cela a aussi été observé dans les charpentes romanes en Normandie, l'entraxe des fermes des charpentes gothiques n'est jamais fixe et varie souvent de plusieurs centimètres autour d'une moyenne à l'exception de quelques rares cas. Les fermes de la grange du Val-de-la-Haye en Seine-Maritime (1216-1220d) sont en effet positionnées régulièrement d'axe en axe d'après des repères tracés sur les entretoises tous les 62 cm exactement. Ces incisions marquent l'emplacement de l'axe de chaque pied de ferme sur le cours des entretoises quelle que soit la largeur des chevrons qui varie entre 17 et 19,5 cm. De même, les fermes du chœur de l'église de Quatremare dans l'Eure, du début du XIII^e siècle, sont toutes régulièrement espacées de 39 ou de 40 cm. En dehors de ces exemples, l'espacement des fermes des autres charpentes oscille toujours sur plusieurs centimètres autour de la moyenne.

L'étude des structures tramées longues de plusieurs travées comme celles des cathédrales de Rouen, Bayeux, Lisieux et de l'abbatiale de Fécamp permet de mieux comprendre ces irrégularités dans le positionnement des fermes. On constate en effet que l'espacement des fermes secondaires est soit aléatoire, soit propre à chaque travée mais que dans les deux cas il définit une longueur de travée bien déterminée par la trame de l'édifice. L'entraxe dépendrait de l'emplacement des fermes principales, elles-mêmes placées selon la position des piliers et des voûtes du vaisseau. Les tracés gravés dans la pierre des murs gouttereaux de la cathédrale d'Amiens vers 1293-1298d, à l'axe précis de chaque entrait de ferme principale, témoignent bien du caractère prioritaire de leur positionnement¹⁵³. Les différences de longueurs des

152. La grange de Heurteauville porte encore aujourd'hui une couverture en chaume.

153. HOFFSUMMER et LAMBERT 2002, p. 132.

travées des charpentes résultent d'une trame calquée sur celle des voûtes de l'édifice mais qui est définie conjointement avec l'équipe des maçons. Par subdivision du nombre de fermes, ces longueurs de travées déterminent ainsi soit une valeur précise pour chaque travée, soit des valeurs aléatoires pour l'espacement des fermes secondaires. Cette théorie écarte donc l'idée de l'emploi d'une valeur étalon liée au pied dans la conception du plan de la charpente, l'emplacement des fermes principales étant conditionné par la position des piliers et des voûtes.

Les perfectionnements gothiques : fin du XII^e siècle-XIII^e siècle

Sur le terreau des structures tramées élaborées dans le courant de la seconde moitié du XII^e siècle vont apparaître et se développer en Normandie, dès la fin du XII^e-début du XIII^e siècle, des techniques qui permettront à la charpente gothique d'atteindre sa pleine maturité dans la seconde moitié du XIII^e siècle. Cette évolution s'articule avec celle de l'architecture des grandes églises qui adoptent dès le milieu du XIII^e siècle les principes du gothique rayonnant élaborés en Île-de-France. Le lien étroit qui rattache l'évolution de la charpente à celle de ses supports maçonnés se démontre par la nature même des transformations qui touchent la structure des charpentes et qui tendent à les adapter au mieux à l'aminçissement des murs, à leur évidement et aux reports des charges au droit des piliers. Le haut degré de perfectionnement qu'atteindront les charpentes de la fin du XIII^e siècle s'illustre par la permanence de leur forme et de leurs assemblages jusqu'à la fin du Moyen Âge et, pour certains types de charpentes, jusqu'à aujourd'hui.

La diffusion de ces techniques novatrices dans le courant du XIII^e siècle va s'appliquer d'une part à perfectionner et simplifier les charpentes à chevrons-formant-fermes héritées du XII^e siècle, et d'autre part à développer une nouvelle forme de charpente dite « à fermes et pannes ».

Diffusion de la triangulation

En Normandie, dans les charpentes tramées de petites dimensions du XII^e siècle, la portée des entrails est suffisamment réduite pour que ceux-ci ne fléchissent pas sous leur propre poids. Ne soutenant plus les raidisseurs des chevrons comme ils le faisaient dans les charpentes romanes, les entrails travaillent désormais comme tirants, en luttant contre l'écartement des chevrons. Ainsi, lorsque la largeur de l'édifice reste modeste, l'entrait assure pleinement ce rôle de tirant sans être handicapé par sa longueur.

Cependant, lorsque la portée tend à dépasser les 7 à 8 m sur les grands vaisseaux, les charpentiers se trouvent confrontés au risque de cisaillement et de flexion de l'entrait sous son propre poids. Pour les charpentes voûtées, le problème du fléchissement des entrails se pose aussi sur le plan esthétique.

Pour remédier à ce problème, les charpentiers de la cathédrale de Lisieux (1182/1183d) ont joué sur la section de l'entrait à peu près comme dans les charpentes romanes où les entrails ont une section plus haute que large (fig. 155). Ainsi, les entrails de Lisieux présentent une section médiane de 38 cm de haut sur 28 cm de large alors que ses extrémités conservent une section carrée de 29 x 30 cm. La surépaisseur de fibres de la partie centrale confère à l'entrait une forme bombée qui lui permet de mieux résister au fléchissement. Cette technique peut apparaître paradoxale puisqu'elle consiste à alourdir la poutre en épaississant sa partie médiane pour mieux lutter contre son propre poids. L'examen des entrails témoigne pourtant de son efficacité puisqu'aucune déformation n'a été observée.

Pour éviter ce fléchissement de l'entrait dans les charpentes de moyenne et de grande portée, les charpentiers ont cherché à le suspendre par une pièce verticale assemblée en tête dans la partie supérieure de la ferme. Soulagé en milieu de portée, l'entrait peut ainsi franchir des vaisseaux de plus grande largeur sans risque de fléchissement. Ce procédé a connu plusieurs étapes préliminaires avant d'aboutir au système triangulé qui se caractérise, sous sa forme la plus évoluée, par un poinçon de fond c'est-à-dire une pièce verticale assemblée en tête, sur ses flancs, aux chevrons et en pied à l'entrait, en milieu de portée (fig. 164). La position et les assemblages de ce poinçon permettent de travailler en traction et de soulager l'entrait de son propre poids. En effet, sous le poids de la couverture, les chevrons fléchissent et agissent en compression sur la tête du poinçon qui se met donc en tension (d'où le nom d'« arbalétrier » donné parfois aux chevrons qui se tendent comme les bras d'une arbalète). Ainsi suspendu aux assemblages des chevrons, le poinçon travaille désormais en traction : il compense les charges qu'il reçoit des contrefiches ou des faux-entrails et peut reprendre en pied la flexion de l'entrait par un assemblage qui résistera en traction. Ce système de traction qui utilise la compression des chevrons pour soulager l'entrait caractérise la ferme triangulée qui par ce moyen peut franchir de très grandes portées.

L'origine de ce principe date de l'époque hellénistique avec le développement de l'architecture monumentale, de la fin du XV^e siècle au II^e siècle avant J.-C.¹⁵⁴. Les grandes salles de réunion telles le Sénat de Priène et celui de Milet présentent en effet une portée de 14,80 m pour le premier et 17 m pour le second avec

154. MARTIN 1977, p. 119.

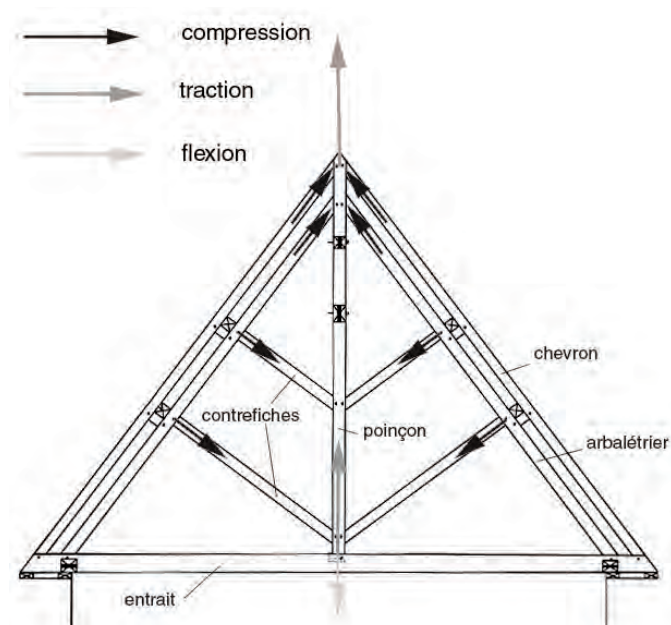


Fig. 164 : Représentation schématique des forces en circulation dans une ferme triangulée.

des piliers comme simples supports. Les procédés par empilement des charpentes classiques de la Grèce antique ne permettaient pas de couvrir de telles largeurs de vaisseaux. Seules des fermes triangulées pouvaient franchir de grandes portées et reporter sur des piliers les charges de la couverture. Cependant, les premiers témoignages permettant d'affirmer avec certitude l'emploi de la triangulation dans les charpentes des grands édifices ne datent que de la Rome antique. La basilique Saint-Pierre de Rome construite vers 330, représentée en coupe dans une peinture du XVII^e siècle avant sa démolition, dans le palais des Chanoines au Vatican, présente une succession de fermes triangulées par un poinçon de fond (fig. 150). Chacune de ces fermes comporte un entrait, un couple d'arbalétriers¹⁵⁵, un poinçon de fond et un faux-entrait. La charpente de la basilique Saint-Paul-hors-les-Murs à Rome présentait un système triangulé analogue. Sa description nous est connue grâce à un document du IX^e siècle qui mentionne le remplacement d'une ferme détériorée avec les dimensions de ses différentes pièces dont l'entrait, les arbalétriers et le poinçon¹⁵⁶ et aussi par un relevé du début du XIX^e siècle réalisé avant sa destruction par un incendie en 1823¹⁵⁷

155. Les arbalétriers se définissent par le fait qu'ils soutiennent des pannes, lesquelles supportent les chevrons, tandis que les chevrons se caractérisent par le support direct des matériaux de couverture.

156. Entrait : portée = 24,25 m ; hauteur = 0,495 m ; largeur = 0,385 m. Arbalétriers : hauteur = 0,415 m ; largeur = 0,385 m. Poinçon : section de 0,33 m x 0,275 m. ADAM 1984, p. 229.

157. RONDELET 1814, vol. III, p. 200-201 et pl. LXXV et LXXVI.

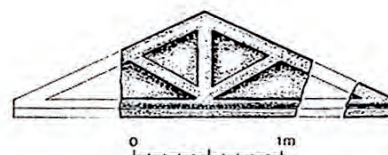


Fig. 165 : Pignon sculpté de l'auvent de la basilique de Bräd (Syrie), IV^e siècle (SODINI 1977, p. 128).



Fig. 166 : Charpente du monastère Sainte-Catherine du Mont Sinaï, vers 548-560, Égypte (FORSYTH et WEITZMANN 1975).

(fig. 151). La suspension de l'entrait par un poinçon permettait aux fermes de franchir les 24 m de portée de ces deux charpentes. D'autres constructions telles la basilique impériale de Trèves de 29 m de portée, le palais de Domitien de la fin du I^{er} siècle avec 30 m de portée ou encore la basilique de Fano dont la nef centrale mesure 34,80 m de large devaient à n'en point douter être couvertes par une charpente comportant des fermes triangulées avec des entrails composés de plusieurs bois mis bout à bout¹⁵⁸. Autres témoignages, les pignons en pierre représentant en sculpture le schéma d'une ferme triangulée permettent d'affirmer que la technique de la triangulation s'est diffusée durant l'époque romaine jusqu'en Syrie du Nord comme en témoignent les représentations sur l'auvent des basiliques de Bräd et de Batuta¹⁵⁹ (fig. 165).

Pour le haut Moyen Âge nous ne connaissons que l'exemple malheureusement trop éloigné de la charpente du monastère Sainte-Catherine au Mont Sinaï en Égypte, construit par Justinien vers 548-560¹⁶⁰ (fig. 166). Celle-ci présente des fermes triangulées avec des poinçons suspendus en tête des arbalétriers mais dont le pied ne touche pas l'entrait, ce dernier étant rattaché au

158. ADAM 1984, p. 228.

159. SODINI 1977, p. 129.

160. FORSYTH et WEITZMANN 1975, rapporté dans SODINI 1977, p. 129.

poinçon par l'intermédiaire d'une fiche métallique. La suspension de l'entrait est donc bien assurée au moyen d'un poinçon fonctionnant en traction.

À l'exception de ces rares édifices issus de l'architecture antique, il semble que le principe de la triangulation se soit perdu durant le haut Moyen Âge. Dans le nord-ouest de l'Europe, les seules constructions monumentales pendant cette période se limitaient aux quelques basiliques paléochrétiennes dont les reconstructions ne se faisaient qu'à des intervalles de plusieurs siècles parfois. Cette activité architecturale était trop restreinte pour qu'elle ait pu maintenir au même niveau de technicité certains principes. Ces derniers se sont vraisemblablement perdus et il fallut attendre le XI^e siècle avec la reconstruction des basiliques, des abbayes et des cathédrales pour que se remettent en place des conditions favorables au développement et à la diffusion de ces techniques.

La réapparition du poinçon de fond et de la triangulation se fit sporadiquement aux XI^e-XII^e siècles. En effet, l'emploi du poinçon a été marginal dans la charpente romane et il est difficile de parler de réelle maîtrise de la triangulation. Le poinçon est utilisé dès le début du XI^e siècle à Saint-Germain-des-Prés (1018-1038d) d'après la position des entailles d'assemblages situées sur les entrails réemployés (fig. 129d) mais nous ignorons comment il était assemblé en tête aux chevrons. Sur la nef de l'église de Deuil-la-Barre (Val-d'Oise), les entrails du XI^e siècle présentent en milieu de portée aussi une entaille à mi-bois pour un poinçon aujourd'hui disparu. Au XII^e siècle, on retrouve sa trace à Allouis dans le Cher sur l'église Saint-Germain, toujours dans une charpente romane datée de 1125d environ (fig. 129k) où le poinçon est assemblé en tête aux chevrons par des mi-bois à demi-queue d'aronde et en pied à l'entrait par un mi-bois à queue d'aronde¹⁶¹. Là, on peut parler de triangulation même si les assemblages à mi-bois ne sont pas très efficaces en tête du poinçon. Vers 1164-1174d, le poinçon est employé dans la charpente romane de l'église Saint-Pierre de Montmartre qui présente une succession de fermes toutes triangulées (fig. 128d). Dans ce dernier exemple, la triangulation apparaît parfaitement maîtrisée avec un poinçon assemblé par tenon-mortaise en tête des chevrons et en pied dans l'entrait pour mieux le soutenir. Cette charpente comme celle d'Allouis est pourtant romane avec des fermes indépendantes toutes identiques, pourvues d'un entrait sur lequel les raidisseurs viennent s'appuyer. Le poinçon permet ici de le soulager partiellement des charges transmises par la toiture et compense modestement ce système compressif. La triangulation est donc une invention ou plutôt une réinvention de la charpenterie romane et non des charpentes gothiques, même si elle est restée marginale dans les charpentes des XI^e-XII^e siècles car relativement inefficace dans ce système compressif.

En Normandie, le premier témoignage de la triangulation s'observe dans la charpente réemployée de la nef de la cathédrale de Rouen datée de 1195d-1200 (fig. 130). Il s'agit d'une charpente romane avec une succession de fermes identiques, indépendantes et dotées à la base d'un entrait, mais qui sont d'une conception particulièrement évoluée. Déjà décrites précédemment, ces fermes présentent un poinçon fonctionnant en triangulation avec deux tirants obliques qui l'assistent dans la suspension de l'entrait. Un couple de sous-chevrons renforce la compression en tête du poinçon pour augmenter sa mise en tension. Ici, la triangulation est exploitée au maximum avec l'emploi de contrefiches qui reportent sur le poinçon les charges des chevrons en opposant ainsi la traction du poinçon à la compression des contrefiches. Le tenon-mortaise du pied du poinçon est renforcé par trois chevilles pour l'aider dans son effort de suspension. Les entrails ne travaillent plus en flexion mais déjà en traction, d'où une section relativement faible de 26 x 27 cm qui les distingue des entrails romans dont la section rectangulaire permettait de résister à cette flexion. Le principe de la triangulation apparaît ici parfaitement maîtrisé et témoigne indéniablement du haut niveau de compétence du maître charpentier qui peut être lié au statut de l'édifice, la cathédrale archiépiscopale du duché.

Cette maîtrise de la triangulation est en effet assez précoce, aux alentours de 1200. De nombreuses charpentes de la fin du XII^e siècle et du premier tiers du XIII^e siècle présentent en effet une triangulation très simplifiée avec un poinçon qui ne monte pas en tête des chevrons et qui est simplement assemblé à un faux-entrait. La mise en tension du poinçon n'est donc pas réalisée mais celui-ci assure malgré tout la suspension de l'entrait au détriment du faux-entrait qui résiste sous le poids de ce faux-poinçon.

La charpente voûtée de 1226d de la maison impasse Prud'homme à Bayeux présente une structure tramée aux fermes indépendantes qui comprennent un couple de chevrons raidis par un faux-entrait, deux contrefiches, deux jambes de force et un couple d'aisseliers courbes selon un profil de voûte en tiers-point (fig. 167-a). L'entrait des fermes principales est soulagé par un faux-poinçon (disparu) qui était assemblé par une simple entaille à mi-bois à deux faux-entrails dont le second est spécifique à ces fermes. Le fait que les bois de cette charpente soient particulièrement tors peut expliquer que les charpentiers aient renoncé à faire monter le poinçon en tête de la ferme. Néanmoins, la suspension de l'entrait s'effectue correctement grâce notamment au rajout d'un second faux-entrait qui assure un assemblage plus efficace du faux-poinçon.

Dans la cathédrale de Bayeux, les charpentes des deux bras du transept et du chœur (entre 1223d et 1250d) présentent des faux-poinçons analogues (fig. 167b). Il s'agit de charpentes tramées faites de fermes indépendantes avec des chevrons raidis

161. CRMH 2002, p. 16-17.

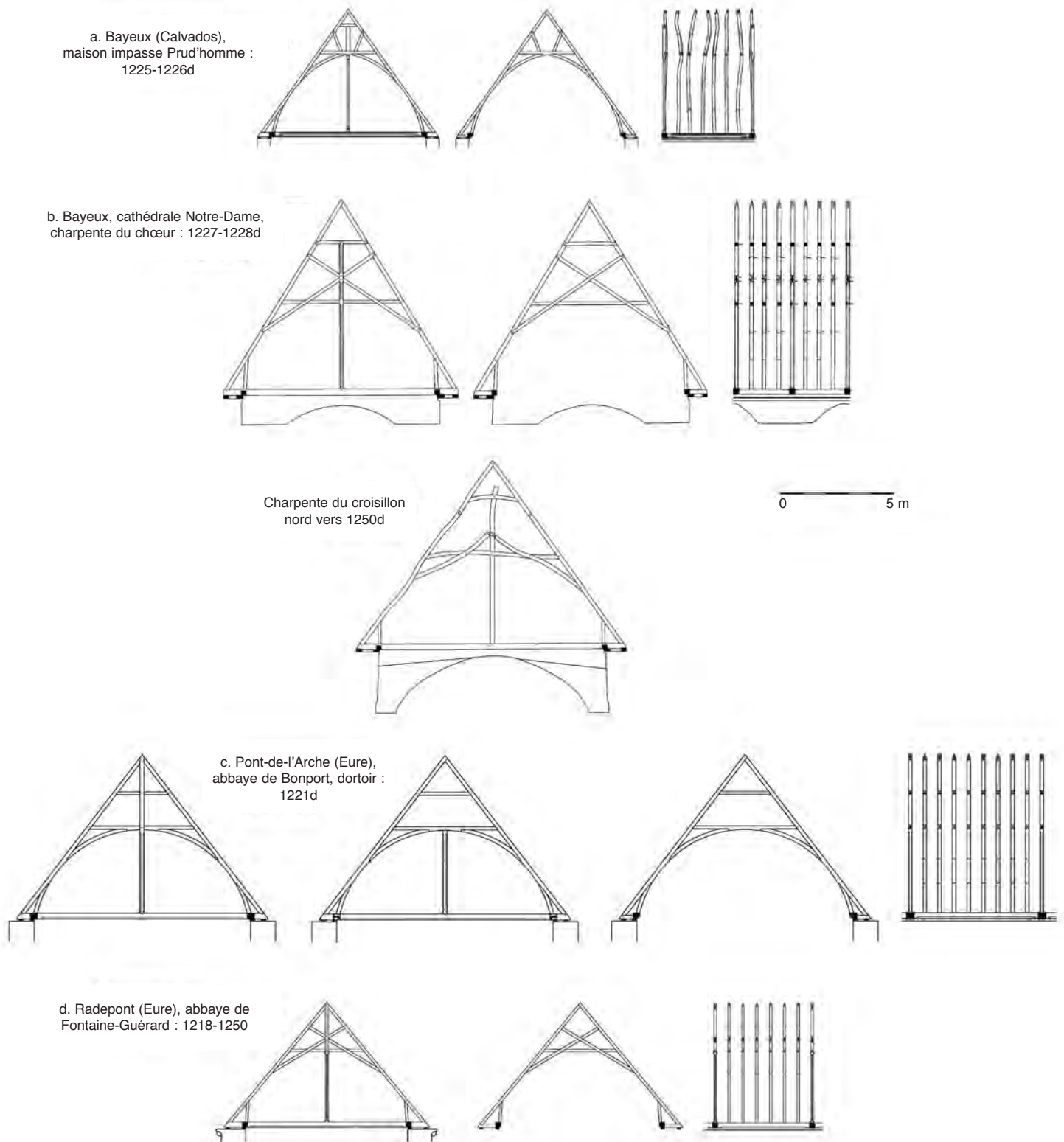


Fig. 167 : Charpentes gothiques de la première moitié du XIII^e siècle.

par deux faux-entraits et un couple d'écharpes. Dans le croisillon nord (vers 1250d), seule une ferme principale présente une véritable triangulation avec un poinçon de fond assemblé en tête aux chevrons, les autres ont des faux-poinçons assemblés soit au dernier faux-entrait soit à la croisée des écharpes par un mi-bois. On constate là aussi que les bois tors ont empêché les charpentiers d'assembler les chevrons, eux-mêmes tors, en tête du poinçon. La seule ferme à posséder des bois droits présente justement une triangulation complète avec un poinçon de fond. Cependant, dans le chœur et le bras sud, les charpentes possèdent beaucoup de bois droits et aucune ferme principale n'est triangulée avec un poinçon de fond, seuls des faux-poinçons assemblés par mi-bois à queue d'aronde dans le dernier faux-entrait soulagent les entraits. La rectitude des bois autorisait pourtant l'assemblage du poinçon aux chevrons mais l'intention du maître charpentier se limitait à la suspension de l'entrait aux raidisseurs de la ferme sans chercher à lui opposer une mise en tension et à établir un équilibre des forces. Il est probable aussi que les charpentiers ont été contraints de respecter une épure unique pour ces trois charpentes qui excluait la véritable triangulation car on peut s'étonner de voir sur plusieurs décennies la même structure de charpente et la même composition de ferme reproduites à l'identique sur le chœur et les deux croisillons du transept.

Cette fausse triangulation se retrouve également dans la grande charpente voûtée du dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport, employée conjointement avec de véritables fermes triangulées (fig. 167c). Les fermes sont raidies par deux faux-entraits, deux aisseliers et deux jambes de force courbes pour l'établissement d'une voûte lambrissée. Les faux-poinçons, présents sur trois fermes principales seulement, suspendent l'entrait en étant assemblés en tête par un tenon-mortaise au premier faux-entrait. Cet assemblage n'est pas adapté aux efforts de traction puisque seule la cheville résiste au poids; il témoigne d'une certaine maladresse de la part du maître charpentier. Toutefois, toutes les autres fermes sont correctement triangulées avec un poinçon de fond.

De nombreux autres exemples de fausse triangulation existent en dehors de la Normandie pour la même période. Elle s'observe dès la seconde moitié du XII^e siècle dans la charpente du dortoir du prieuré Saint-Lazare de Fontevraud en 1161-1175d dans le Maine-et-Loire¹⁶² (fig. 156c) et dans l'église de Mée en Eure-et-Loir. Là aussi, c'est surtout après 1200 que les faux-poinçons se diffusent, dans les églises de Saint-Loup-sur-Cher vers 1203d, de Mennetou-sur-Cher vers 1216d et de Saint-Lié à Monthou-sur-Cher dans le Loir-et-Cher vers 1225d, dans la salle des États généraux de Blois au début du XIII^e siècle, dans la grande charpente voûtée du tout

début du XIII^e siècle du château des ducs de Valois à Crépy-en-Valois dans l'Oise ou dans celle du chœur de la cathédrale de Poitiers¹⁶³.

Les faux-poinçons ont été utilisés conjointement aux véritables poinçons dès les premières décennies du XIII^e siècle. Alors que certains maîtres charpentiers se contentaient de suspendre l'entrait à un faux-entrait, d'autres employaient la triangulation pour le même effet, parfois dans les mêmes charpentes. La seule explication plausible pour justifier ce choix serait l'emploi de bois trop courts pour réaliser de vrais poinçons de fond. C'est donc durant cette période de mixité que le poinçon de fond se propage en Normandie notamment dans les charpentes de grande portée. Il s'observe à la cathédrale de Rouen (1227-1232d), dans le réfectoire de l'abbaye de Fontaine-Guérard au début du XIII^e siècle (fig. 167d) comme à l'abbaye de Bonport dans la grange (1228d) et le réfectoire (1241d).

Ne travaillant qu'en traction, il n'est pas apparu nécessaire de tailler ces poinçons dans des bois de forte section. Ainsi, certains poinçons présentent à la fin du XII^e siècle et au début du XIII^e siècle une extrême minceur surtout dans les charpentes voûtées où ces bois ont été chanfreinés aux arêtes comme au château de Crépy-en-Valois (fig. 162), les églises de Champs et de Saint-Céneri-le-Gérei dans l'Orne (fig. 161) ou la chapelle des Chambellans à Saint-Martin-de-Boscherville. Cette faible section est presque une caractéristique des charpentes de cette période que l'on constate aussi dans l'église de Neuvy-les-Deux-Clochers dans le Cher, dans la salle des États généraux de Blois du début du XIII^e siècle ou dans l'ancienne salle de justice de Chartres, un peu plus tardive, vers 1272d. Cette minceur des poinçons ne se rencontrera plus dans les siècles suivants, sauf exception. Cette finesse des poinçons des charpentes voûtées renvoie aussi aux entraits qui présentent des sections très fines comparées à celle des entraits des charpentes voûtées des XV^e-XVI^e siècles.

À la fin du XII^e siècle en Normandie, dès les premières tentatives de soulagement des entraits par une triangulation ou une fausse triangulation, les charpentiers ont cherché à renforcer l'assemblage qui lie l'entrait au poinçon. Cet assemblage doit résister sur le long terme aux efforts de traction provoqués par la flexion de l'entrait. Si dans les premiers exemples de triangulation en France, à Allouis et à Saint-Germain-des-Prés, l'assemblage n'est qu'un mi-bois et plus tard, à Saint-Pierre de Montmartre (1164-1174d), un simple tenon-mortaise, sur la cathédrale de Rouen (vers 1195d) l'assemblage comporte déjà un renforcement constitué de trois chevilles et une adjonction de deux pièces obliques ou tirants venant assister le poinçon dans son effort de traction (fig. 130). Dès le début du XIII^e siècle, à Bonport (1221d), à Fécamp (1217-1223d), dans le manoir de Boos

162. HUNOT 2001, p. 26.

163. CRMH 1982b, pl. 21770-72 et CRMH 2002.

comme dans les charpentes de la cathédrale de Bayeux, le tenon adopte une forme de demi-queue d'aronde et la mortaise est taillée avec une gorge inclinée rentrante suivant le profil du tenon (fig. 163d). La mortaise est prolongée au-delà de la longueur du tenon de façon à pouvoir engager la demi-queue d'aronde dans l'assemblage. Une cale appelée « rossignol » est alors placée dans la mortaise pour combler l'espace destiné à l'engagement du tenon et une à deux chevilles assurent la fixation de l'assemblage. La demi-queue d'aronde permet ainsi au tenon de travailler en traction de façon plus efficace tout en garantissant la stabilité de l'assemblage, le tenon ne pouvant plus sortir verticalement de son logement. Ce type d'assemblage va ensuite très vite se généraliser à l'ensemble des charpentes en Normandie et dans d'autres régions, par exemple dans le Val-d'Oise où la plupart des charpentes triangulées du début du XIII^e siècle présentent cet assemblage (Vétheuil, 1210-1212d, Champagne-sur-Oise, 1233/1234d, Courcelles-sur-Viosnes, Fontenay-en-Parisis...) ¹⁶⁴. Il semble toutefois disparaître après le XIII^e siècle.

Toujours avec l'intention de renforcer la résistance de l'assemblage du pied de triangulation, les charpentiers de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d) et du dortoir de l'abbaye de Bonport (1221d) ont placé des chevilles en métal. Celles-ci sont en fer forgé, de section ronde de 2 à 3 cm de diamètre et mesurent entre 26 et 35 cm de long (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, fig. 6). Leur mise en place au XIII^e siècle est attestée par le blocage des assemblages provoqué par la pose des matériaux de couverture et la mise en tension du poinçon. Des chevilles métalliques ont également été placées en pied des poteaux latéraux dans la charpente de la cathédrale de Rouen (1227-1232d), pour des assemblages travaillant pourtant en compression sur les entrants. Avec la diffusion dans la première moitié du XIII^e siècle des tenons-mortaises en forme de demi-queue d'aronde, les forces de traction se libèrent des chevilles pour s'exercer sur le tenon. Dès lors, il n'est plus nécessaire de placer des chevilles en fer dans ces assemblages et on peut penser que l'usage du chevillage métallique ne fut que de très courte durée. En effet, il n'en a pas été observé ultérieurement pour ce type d'assemblage.

Le métal de ces chevilles est d'une qualité remarquable puisqu'elles ne présentent aucune trace de rouille, comme celui utilisé dans les tirants et les chaînages des cathédrales gothiques du XIII^e siècle ¹⁶⁵. Dans l'état actuel des connaissances, il s'agit des plus anciens témoignages de l'usage du fer dans les assemblages de charpenterie. Il faut attendre par la suite la fin du XIV^e siècle pour voir apparaître dans les textes, notamment dans les comptes de la fabrique de la cathédrale de Rouen, des mentions de pièces métalliques, « *queville carrees* », « *fiches bretees* », « *croches* », « *bendes*

a queue d'aronde » et « *a fret* » destinées à l'usage des charpentiers pour les travaux de restauration des charpentes de la cathédrale ¹⁶⁶. Plus tard, en 1433, une commande est passée à « *Johan Paen, fabro pro fabricatura [...] pour ung estrief de fer pour soustenir ung sollivel* » ¹⁶⁷. La diversité de ces pièces métalliques utilisées à la fin du XIV^e siècle laisse penser qu'elles pouvaient être en usage bien plus tôt mais aucun témoignage en place ne l'atteste.

Sur le réfectoire (1241d) de l'abbaye de Bonport, les charpentiers ont placé une « *suspente* » en pied de triangulation qui est une sorte de grande clef en bois traversant l'entrait de part en part et qui vient s'emmancher dans le poinçon dans une longue mortaise de 90 cm de haut (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, fig. 19-20). Fixée au poinçon par trois clavettes et trois grosses chevilles, cette suspente soutient l'entrait grâce à son extrémité inférieure taillée en forme de gros dé de 30 cm de côté. Ce système de clef assure une parfaite suspension de l'entrait mais il reste le seul exemple connu en Normandie.

Un autre dispositif de renfort de pied de triangulation, inconnu en Normandie mais observé dans la cathédrale de Beauvais en 1257-1258d, consiste en une « *flasque* » c'est-à-dire un couple de pièces de bois qui enserrant de part et d'autre l'entrait comme une tenaille en étant fixées au poinçon par des puissantes chevilles ou des clavettes. Il se remarque un peu plus tôt en 1219/1220d dans la grange Saint-Lazare de Beauvais où la flasque ne comporte qu'une seule pièce, insérant tout de même l'entrait comme un gros crochet. Ce principe de flasque va connaître des variantes et donner des « *moises pendantes* », sortes de longues suspentes prenant en tenaille l'entrait et suspendues aux parties hautes de la ferme comme dans la cathédrale de Paris vers 1220, la cathédrale de Sens vers 1267-1293d, et plus tardivement dans la charpente de l'église abbatiale Saint-Ouen de Rouen au début du XIV^e siècle. Ce principe de flasque va perdurer et largement se diffuser à partir du XV^e siècle avant d'être supplanté par les étriers métalliques.

La génération des grandes charpentes gothiques : le report des charges des fermes secondaires sur les fermes principales

L'apparition du poinçon vers la fin du XII^e siècle en Normandie et ses premiers développements sous la forme d'un poinçon de fond ou d'un faux-poinçon semblent liés uniquement aux problèmes de fléchissement des entrants dans les charpentes de moyenne et grande portée. Certaines petites charpentes du XIII^e siècle comme celle du chœur de l'église de Quatremare dans

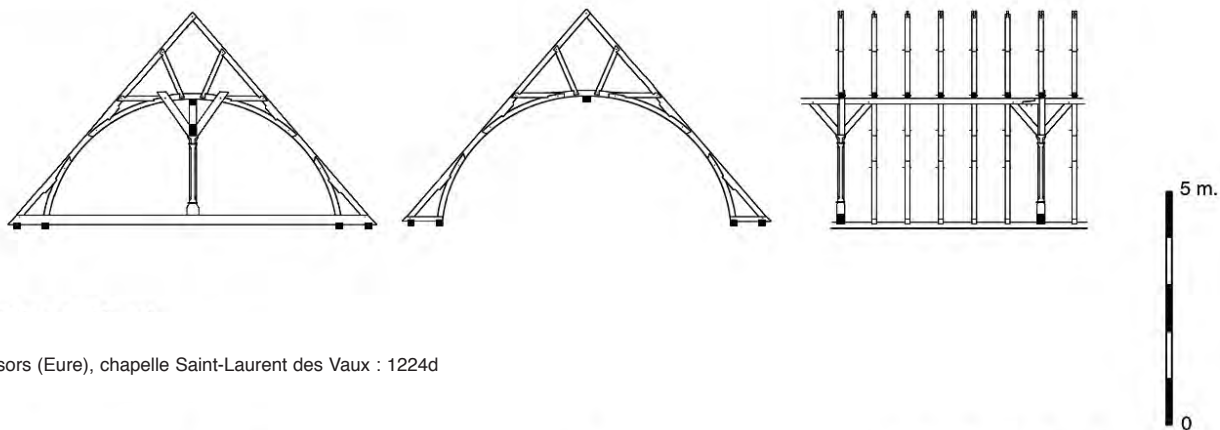
164. ÉPAUD 2004.

165. ERLANDE-BRANDENBURG 1997, p. 52.

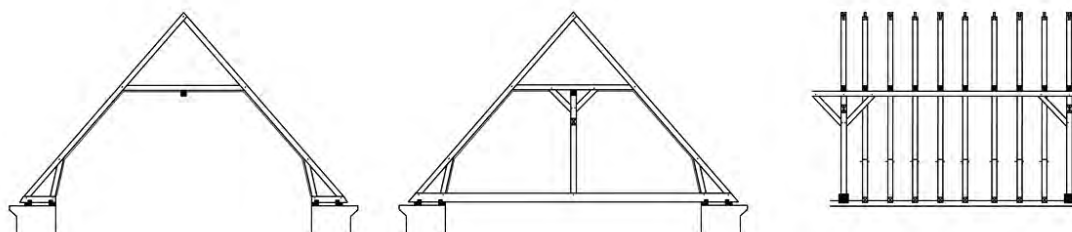
166. AD Seine-Maritime, G 2483.

167. AD Seine-Maritime, G 2487.

a. Mesnil-Mauger (Calvados), église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais :
charpente vers 1144d, liernes et poteaux rajoutés vers 1290d



b. Gisors (Eure), chapelle Saint-Laurent des Vaux : 1224d



c. Étampes (Essone), église Notre-Dame :
vers 1177-1187d (CRMH 1982b, D6907-08)

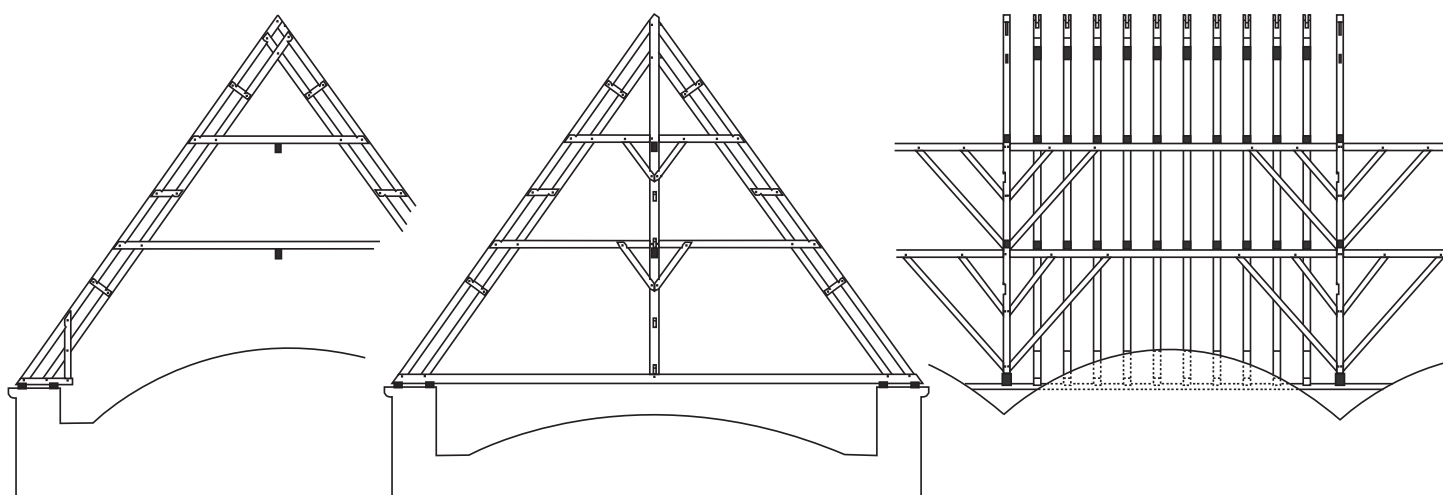
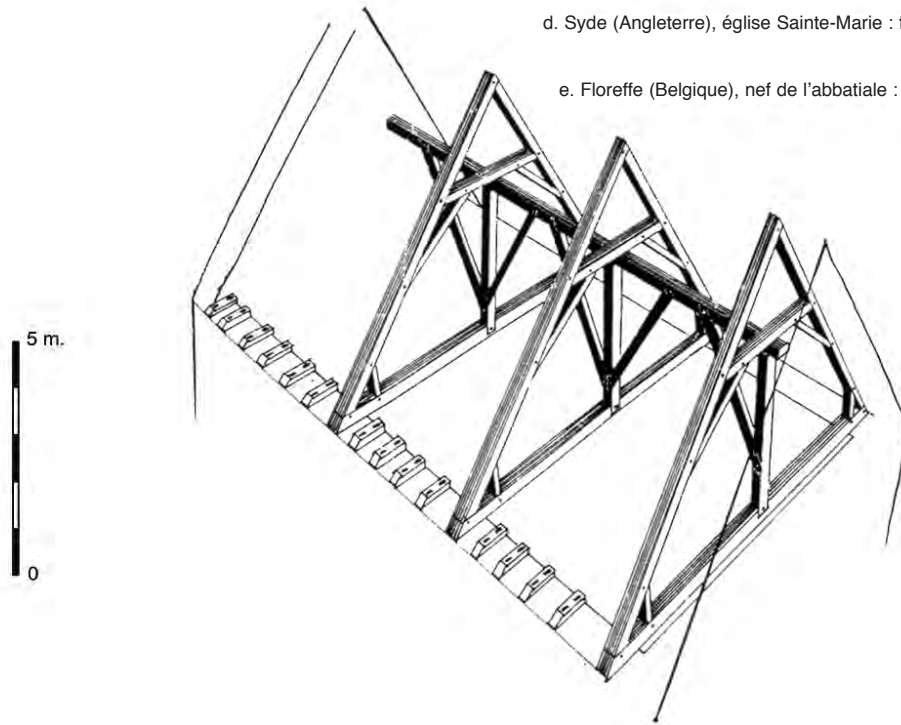


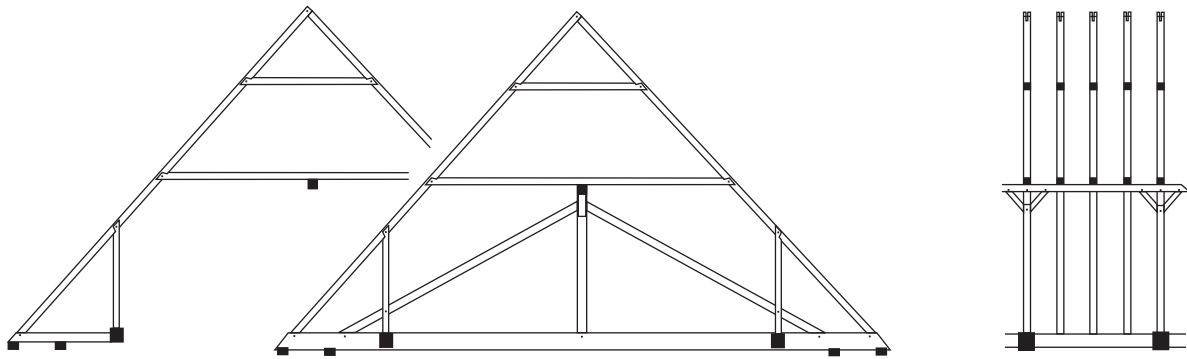
Fig. 168 : Systèmes de raidissement longitudinaux, fin XII^e - début XIII^e siècle.

d. Syde (Angleterre), église Sainte-Marie : fin du XII^e siècle (HEWETT 1980, p. 77)

e. Floreffe (Belgique), nef de l'abbatiale : 1227-1237d (HOFFSUMMER 2002, p.



183)



f. Paris, prieuré Saint-Martin-des-Champs : 1215-1220d (CRMH 1982b, D6944-43)

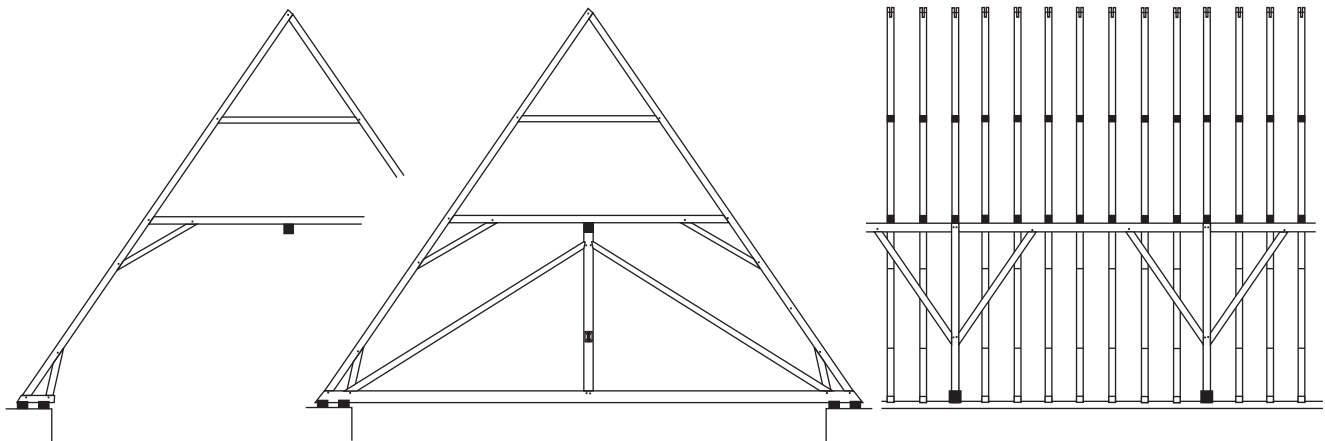


Fig. 168 (suite) : Systèmes de raidissement longitudinaux, fin XII^e - début XIII^e siècle.

l'Eure en sont effectivement dépourvues. Les recherches appliquées au perfectionnement de la triangulation ne sont donc pas à mettre en relation avec les premières tentatives de report des charges sur les fermes principales qui se développent indépendamment au début du XIII^e siècle, en profitant des avantages que procure sur le plan statique le poinçon de fond.

La structure tramée élaborée dans le courant du XII^e siècle en Normandie, associée au redressement des pentes, permettait de répondre à l'amincissement des murs et à l'ouverture des baies selon les principes de l'architecture gothique. Pour limiter les poussées latérales des fermes secondaires sur les murs gouttereaux, les chevrons furent raidis par des entrails retroussés associés à une croisée d'écharpes qui assurent la rétention des chevrons en partie basse et qui reportent les charges d'un versant sur l'autre. Motivés par le souci d'ouvrir, dans les grandes églises gothiques, de plus larges verrières et de libérer davantage les murs gouttereaux des poussées latérales des fermes secondaires mais aussi de leur poids qui alourdisent les murs au droit des baies, les maîtres charpentiers ont cherché à reporter une partie des charges des fermes secondaires sur les fermes principales placées sur les points les plus résistants du vaisseau, grâce à un dispositif de pièces longitudinales. Cette recherche va ouvrir la voie à toute une génération de charpentes gothiques dans les années 1210-1240, en Île-de-France et dans les régions limitrophes, qui vont couvrir les plus grands monuments de l'architecture religieuse et d'autres types d'édifices aux problématiques structurelles identiques comme les grandes granges monastiques.

L'un des prototypes de ce dispositif s'observe à Étampes dans l'Essonne vers 1177-1187d sur l'église Notre-Dame (fig. 168c). La charpente présente deux cours axiaux de pièces longitudinales ou liernes, placées sous chaque niveau de faux-entrails et d'entrails retroussés des fermes secondaires, assemblées aux extrémités aux poinçons et soulagées par des doubles liens obliques très longs. Les fermes secondaires sont ainsi retenues et soulagées par une transmission de leur charge sur les poinçons des fermes principales, via ces liernes et leurs liens obliques. Cependant, l'effet recherché reste limité puisque l'essentiel des charges des fermes secondaires s'exercent latéralement et le soutien de ces fermes par leur axe n'assure qu'une réduction restreinte de ces poussées sur les gouttereaux. Cette forme primitive et maladroitement de report des charges axiales se retrouve sur le chœur de l'église de Vétheuil dans le Val-d'Oise en 1210-1212d¹⁶⁸, sur le prieuré de Saint-Martindes-Champs à Paris vers 1215-1220d (fig. 168f) et plus tardivement et dans un contexte architectural différent sur la grange de l'abbaye de Chaloché dans le Maine-et-Loire vers 1262-1275d¹⁶⁹.

Le perfectionnement de ce système va consister à compléter le dispositif des liernes axiales par le rajout de liernes latérales, toujours en partie basse des fermes et au plus près des chevrons, c'est-à-dire là où les poussées latérales sont les plus fortes. Ces nouvelles charpentes vont apparaître sur les cathédrales de Rouen (vers 1230), de Paris (vers 1220), de Meaux (début XIII^e siècle), d'Auxerre (1234-1236d) et sur la collégiale de Mantes (début XIII^e siècle). Elles se rencontrent aussi sur le grand dortoir de l'abbaye royale de Royaumont (vers 1230) dans le Val-d'Oise et sur les granges du Val-de-la-Haye (1216-1220d) en Seine-Maritime et de Saint-Lazare de Beauvais (1220d) dans l'Oise du fait des mêmes contraintes de report des charges. Ces structures témoignent de l'une des étapes essentielles de l'adaptation des charpentes à l'évolution de l'architecture gothique. Parfaitement adaptés à la trame des piliers du vaisseau, ces dispositifs vont en effet permettre aux constructeurs d'amincir à l'extrême les murs des travées pour les ouvrir de larges verrières, en concentrant les charges de la charpente et de la couverture au droit des piles et de leurs arcs-boutants.

L'un des exemples les plus évocateurs de ces dispositifs demeure la **charpente de la nef de la cathédrale de Rouen** datée de 1227-1232d (fig. 169a). Cette charpente présente trois cours de liernes longitudinales, une axiale et deux latérales placées au plus près des chevrons, raidies par des longs liens obliques. Les fermes secondaires sont « portées » par ces trois liernes qui empêchent le tassement des fermes et soulagent ainsi les murs gouttereaux de leurs poussées latérales et d'une partie de leur poids (Rouen, cathédrale Notre-Dame, fig. 20). Les fermes principales, assises au droit des piliers de la nef, récupèrent ces charges par le poinçon et deux poteaux latéraux qui s'appuient sur l'entrait. Des consoles ont donc été placées sous l'entrait pour le soutenir et transmettre ces charges contre les murs. La chute des consoles vers la fin du Moyen Âge a d'ailleurs entraîné la rupture des entrails sous le poids de ces poteaux latéraux.

Les charges réceptionnées par les poinçons se trouvent compensées par l'effet de la triangulation, en opposant au poids des fermes la mise en tension du poinçon, et celles récupérées par les poteaux latéraux sont véhiculées jusqu'à l'entrait, puis retransmises sur les murs par l'intermédiaire des consoles. La majeure partie des charges de la travée sont donc récupérées par les fermes principales et réparties sur les murs au droit des piliers du vaisseau, contrebutés à l'extérieur par des arcs-boutants. Ce système de répartition des charges a vraisemblablement été pensé en concertation avec le maître d'œuvre de maçonnerie afin d'alléger les travées de la nef pour les ouvrir de grandes verrières.

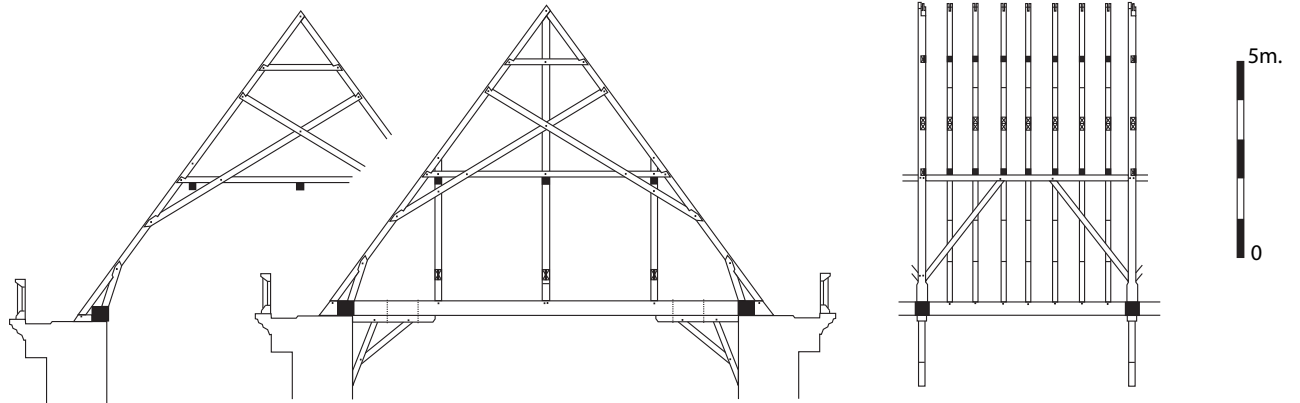
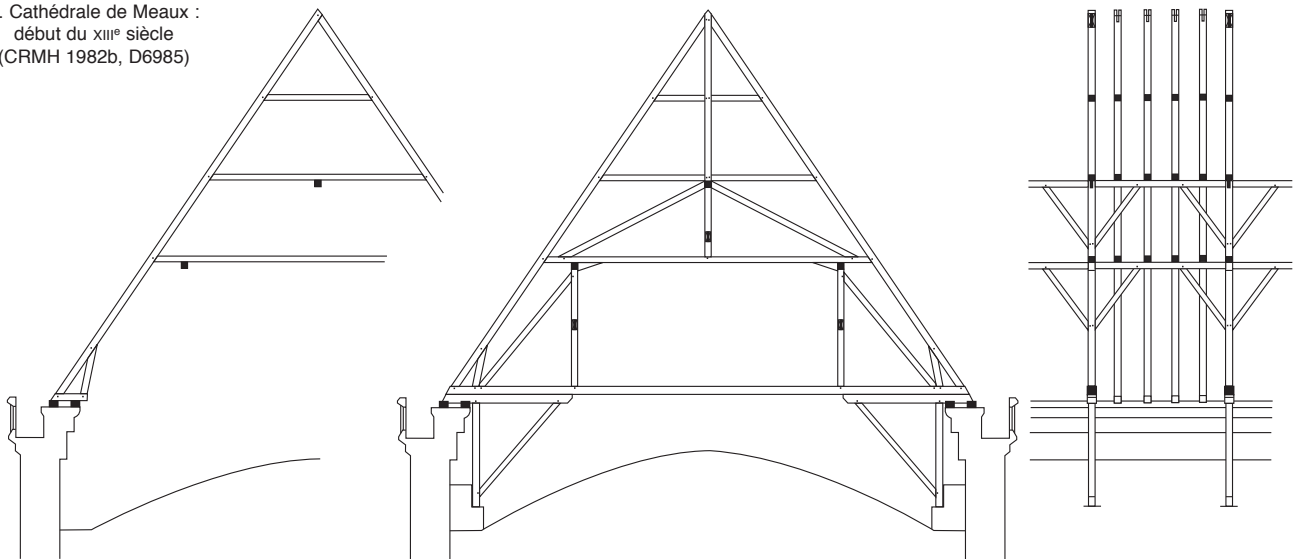
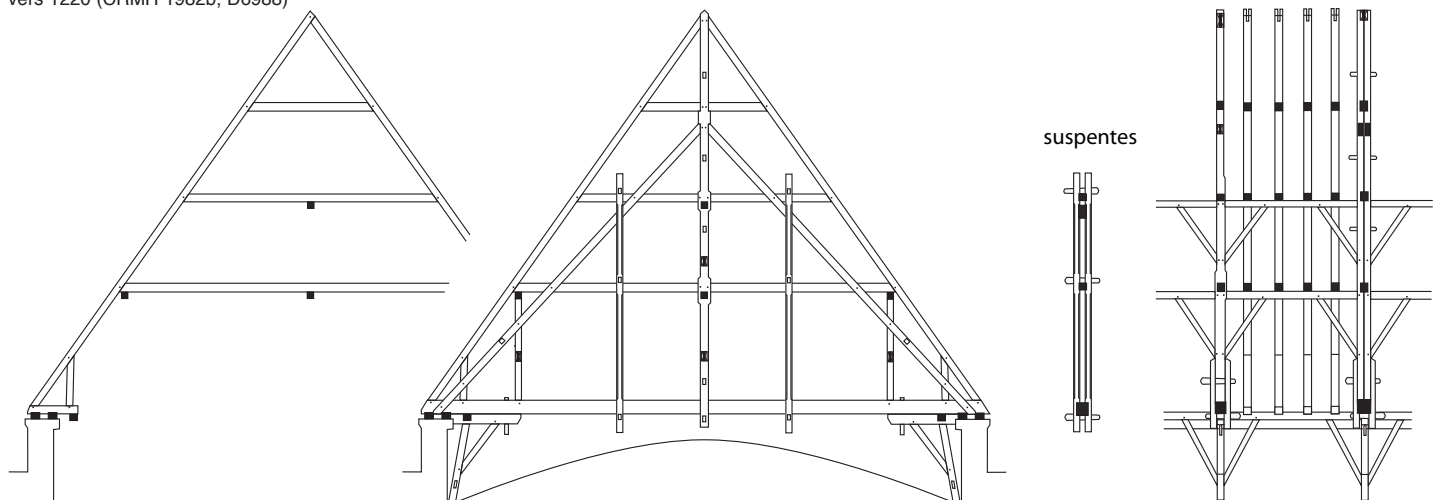
Ce système de reprise des charges s'observe dans les mêmes années selon les mêmes procédés dans la charpente du chœur de

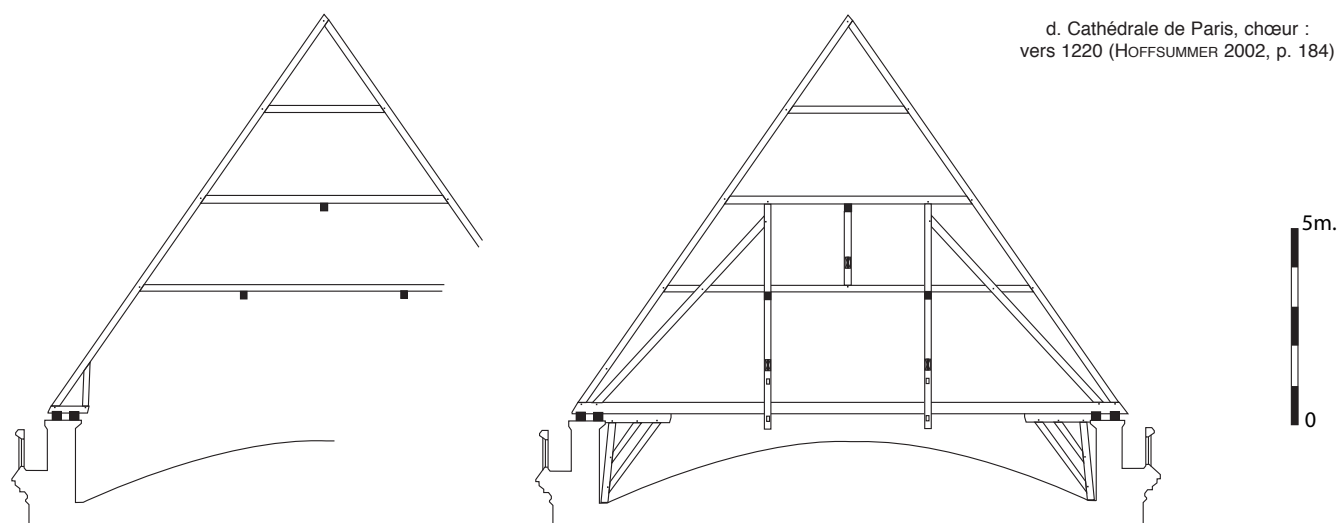
168. ÉPAUD 2007.

169. BONTEMPS 1995, p. 27-64.

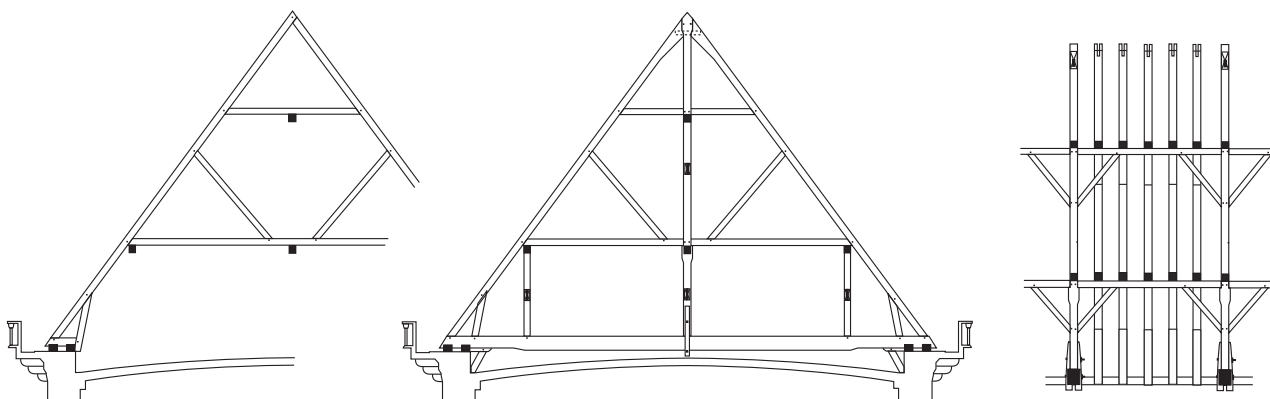
170. CRMH 1982b, D 6985; ASSELINEAU 1995, p. 87-103 et HOFFSUMMER 2002, p. 184.

a. Cathédrale de Rouen, nef : 1227-1232d

b. Cathédrale de Meaux :
début du XIII^e siècle
(CRMH 1982b, D6985)c. Cathédrale de Paris, nef :
vers 1220 (CRMH 1982b, D6988)Fig. 169 : Systèmes longitudinaux de report des charges, première moitié du XIII^e siècle.



e. Cathédrale de Mantz : début du
xiii^e siècle (CRMH 1982b, D6909-10)



f. Cathédrale d'Auxerre :
1234-1236d
(CRMH 1982b, D6580-82)

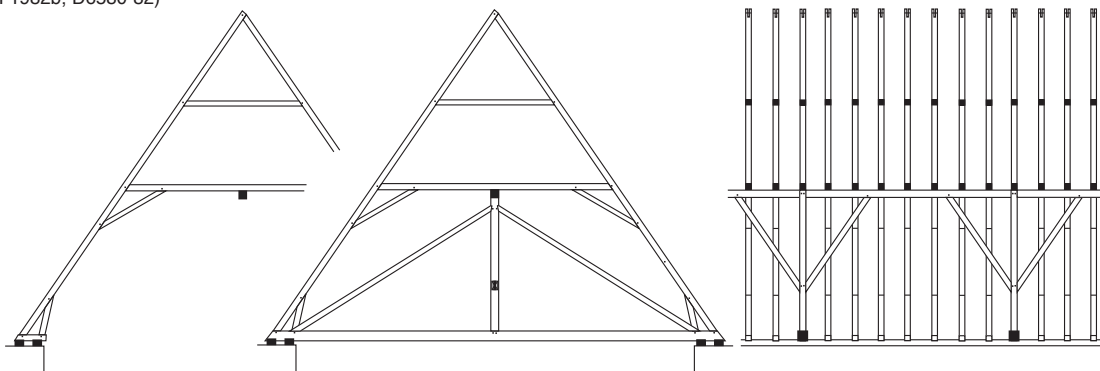


Fig. 169 (suite) : Systèmes longitudinaux de report des charges, première moitié du XIII^e siècle.

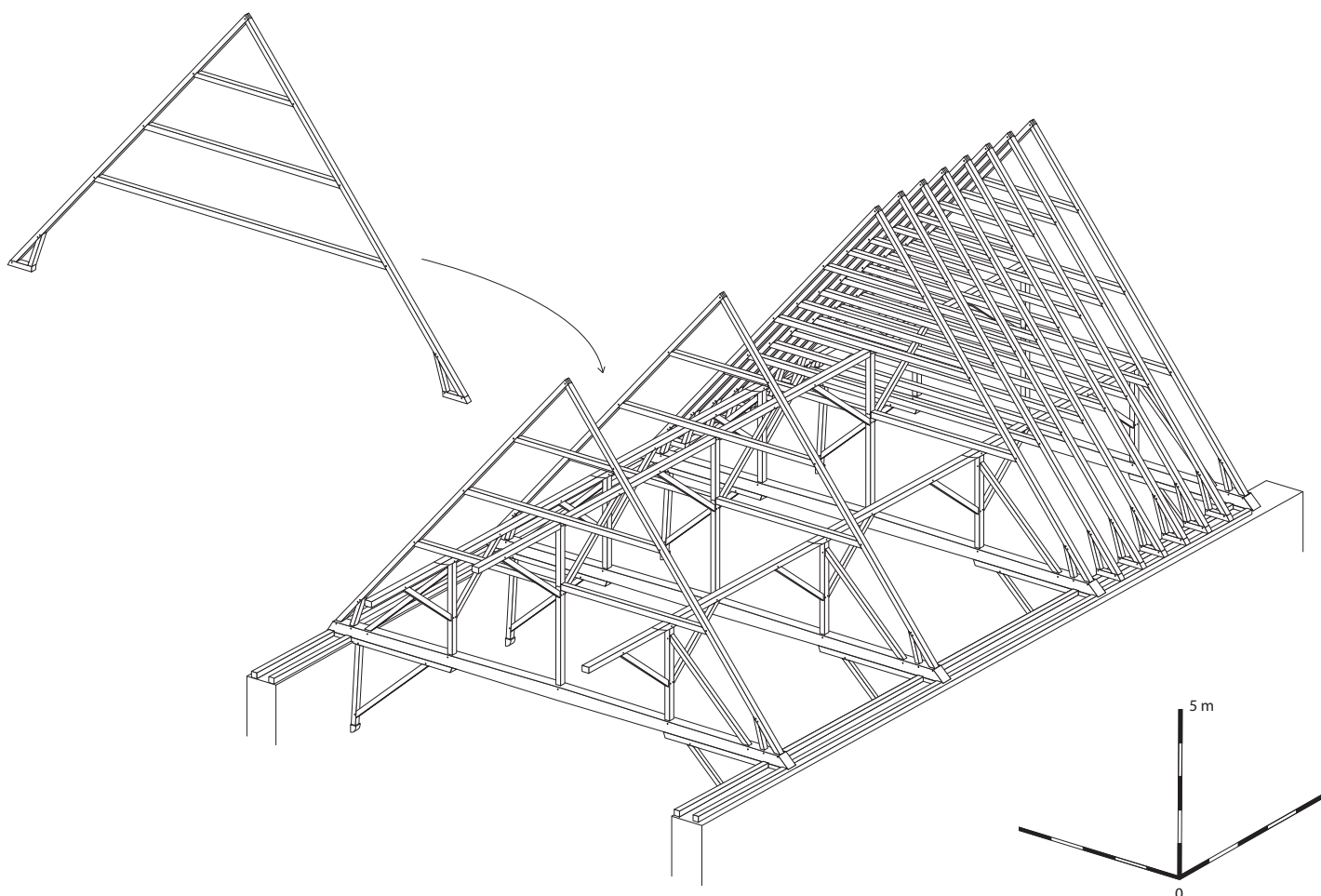


Fig. 170 : Axonométrie. Charpente restituée du dortoir des moines, vers 1230. Abbaye de Royaumont (Val-d'Oise).

la cathédrale de Meaux où les fermes secondaires sont soulagées sur chaque travée par des liernes axiales et latérales placées sous leurs premiers entrants retroussés¹⁷⁰ (fig. 169b). Les liernes axiales sont reprises par le poinçon tandis que les liernes latérales sont récupérées par des poteaux latéraux qui s'appuient sur l'entrait des fermes principales et que supportent deux grandes consoles au droit de leur appui. Dans les charpentes du chœur et de la nef de la cathédrale de Paris vers 1220d (fig. 169c et d), le principe reste identique avec cependant des liernes axiales placées plus en hauteur sous le second niveau de faux-entrants des fermes secondaires¹⁷¹. Les consoles dans la nef assurent là aussi la reprise des charges des poteaux latéraux. De même dans la charpente de la collégiale Notre-Dame de Mantes du début du XIII^e siècle avec deux cours de liernes latérales reprises par des poteaux et deux cours de liernes axiales, placées sous chaque niveau d'entrants

retroussés des fermes secondaires, et assemblées au poinçon de fond des fermes principales¹⁷² (fig. 169e). La charpente du dortoir de l'abbaye de Royaumont, restituée d'après des réemplois et mise en œuvre vers 1230, témoigne de cette même réflexion technique avec des liernes latérales et axiales soulageant les entrants retroussés des fermes secondaires (fig. 170).

Lorsque la charpente ne comporte pas de poinçon de fond, seuls les poteaux latéraux se chargent de reprendre les cours de liernes longitudinales, toujours placées sous le niveau des premiers entrants retroussés des fermes secondaires comme dans la charpente du chœur de la cathédrale d'Auxerre vers 1234-1236d¹⁷³ (fig. 169f) ou dans celle d'un bâtiment de l'abbaye de Vauclerc dans l'Aisne¹⁷⁴.

171. CRMH 1982b, D 6988-89 et HOFFSUMMER 2002, p. 185.

172. CRMH 1982b, D 6909-10 et HOFFSUMMER 2002, p. 185.

173. CRMH 1982b, D 6580-82 et HOFFSUMMER 2002, p. 185.

174. ROCARD 1984, p. 154-156.



Fig. 171 : Grange Saint-Lazare de Beauvais, 1219/1220d.

Dans l'élan de construction des années 1210-1230 en Île-de-France, cette recherche de transfert des charges va vite prendre conscience des défauts du système des liernes latérales dont les poteaux constituent une contrainte majeure pour les entrails. Ceux-ci doivent en effet se pourvoir de consoles pour reprendre les charges des poteaux latéraux sous peine de cisaillement. Ce dispositif contredit par ailleurs cette tendance engagée depuis plusieurs décennies qui cherche à libérer l'entrait des charges des raidisseurs afin qu'il puisse assumer pleinement son rôle de tirant, d'autant plus que la portée des vaisseaux tend à s'accroître grâce au développement de la triangulation. Ainsi, certaines charpentes vont tenter de reprendre les charges latérales des fermes secondaires par des liernes portées par des sous-chevrons. Ces liernes latérales, placées dans la plupart des cas au plus près des chevrons, vont parfois s'affranchir des entrails retroussés et constituer un élément de soutien à part entière pour les chevrons en tant que pannes comme dans les granges du Val-de-la-Haye en Seine-Maritime en 1216-1220d, et de Saint-Lazare de Beauvais en 1220d.



Fig. 172 : Charpente du bas-côté nord de la grange Saint-Lazare de Beauvais, 1219/1220d.

Il faut ici insister sur le fait que les pannes ne sont pas issues de cette longue réflexion de transformation des liernes, inhérente aux charpentes à chevrons-formant-fermes. Il s'agit selon nous d'une technique empruntée directement aux charpentes de type «à fermes et pannes» qui, nous y reviendrons, existent déjà en 1200-1220 avec une maîtrise parfaite du principe des pannes.

Suite à ces innovations, les poteaux latéraux qui agissent en compression sur les entrails vont vite être abandonnés, entraînant avec eux la disparition des grandes consoles sous-jacentes, en Normandie et en Île-de-France vers le milieu du XIII^e siècle même si ce système semble se maintenir dans le nord-ouest de la France et en Belgique jusqu'à la fin du XIII^e siècle. Dans l'est de la France, dans le Bas-Rhin et le Haut-Rhin, les liernes et les poteaux latéraux vont même exister jusqu'à la fin du Moyen Âge sous la forme de portiques raidissant chaque niveau de faux-entrails des fermes, jusqu'à constituer un véritable type de charpente traditionnelle régionale.

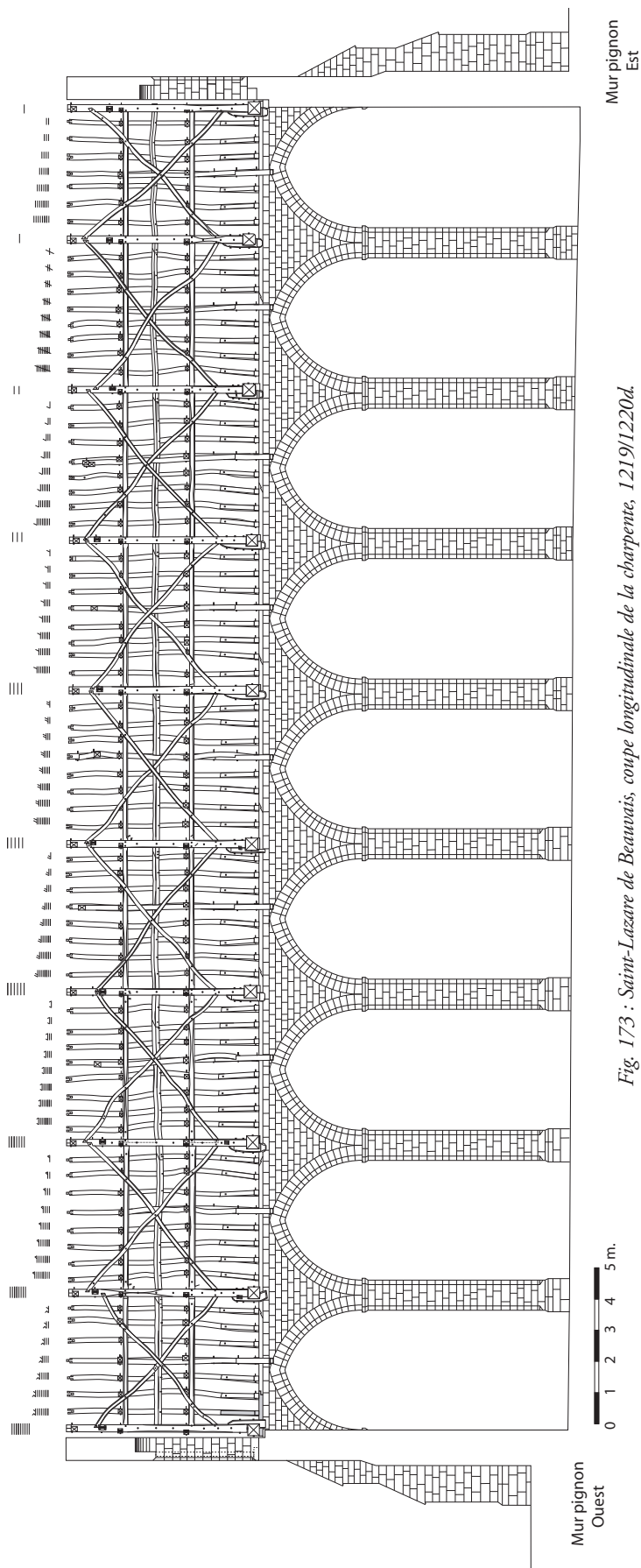


Fig. 173 : Saint-Lazare de Beauvais, coupe longitudinale de la charpente, 1219/1220d.

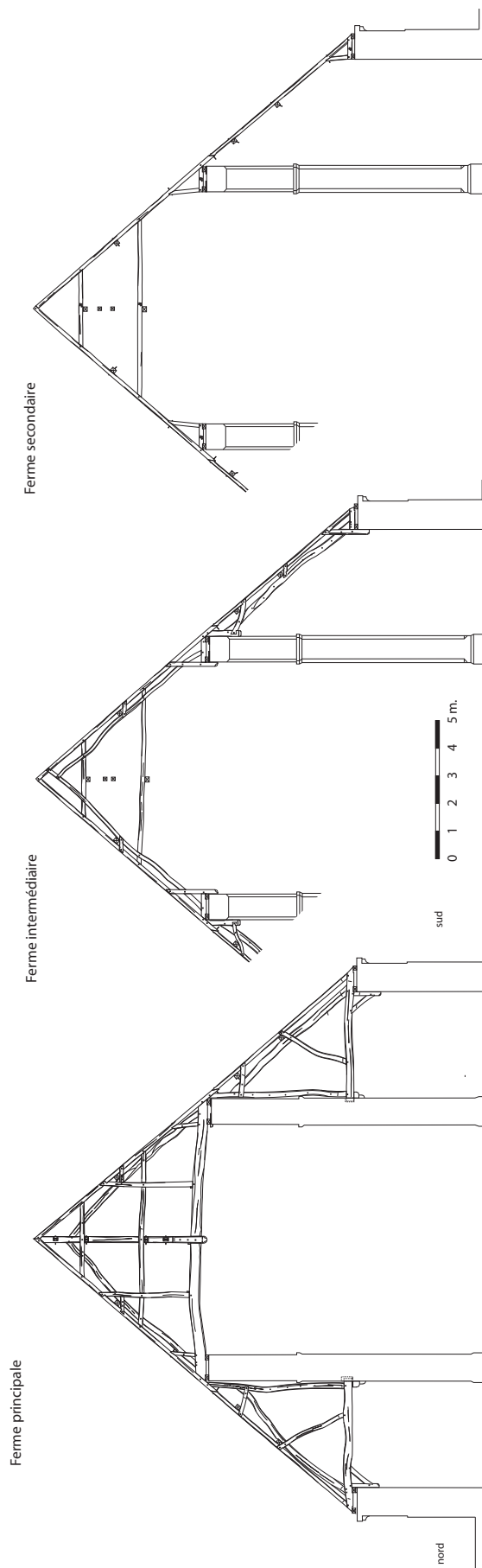


Fig. 174 : Saint-Lazare de Beauvais, fermes principale, intermédiaire et secondaire, 1219/1220d.

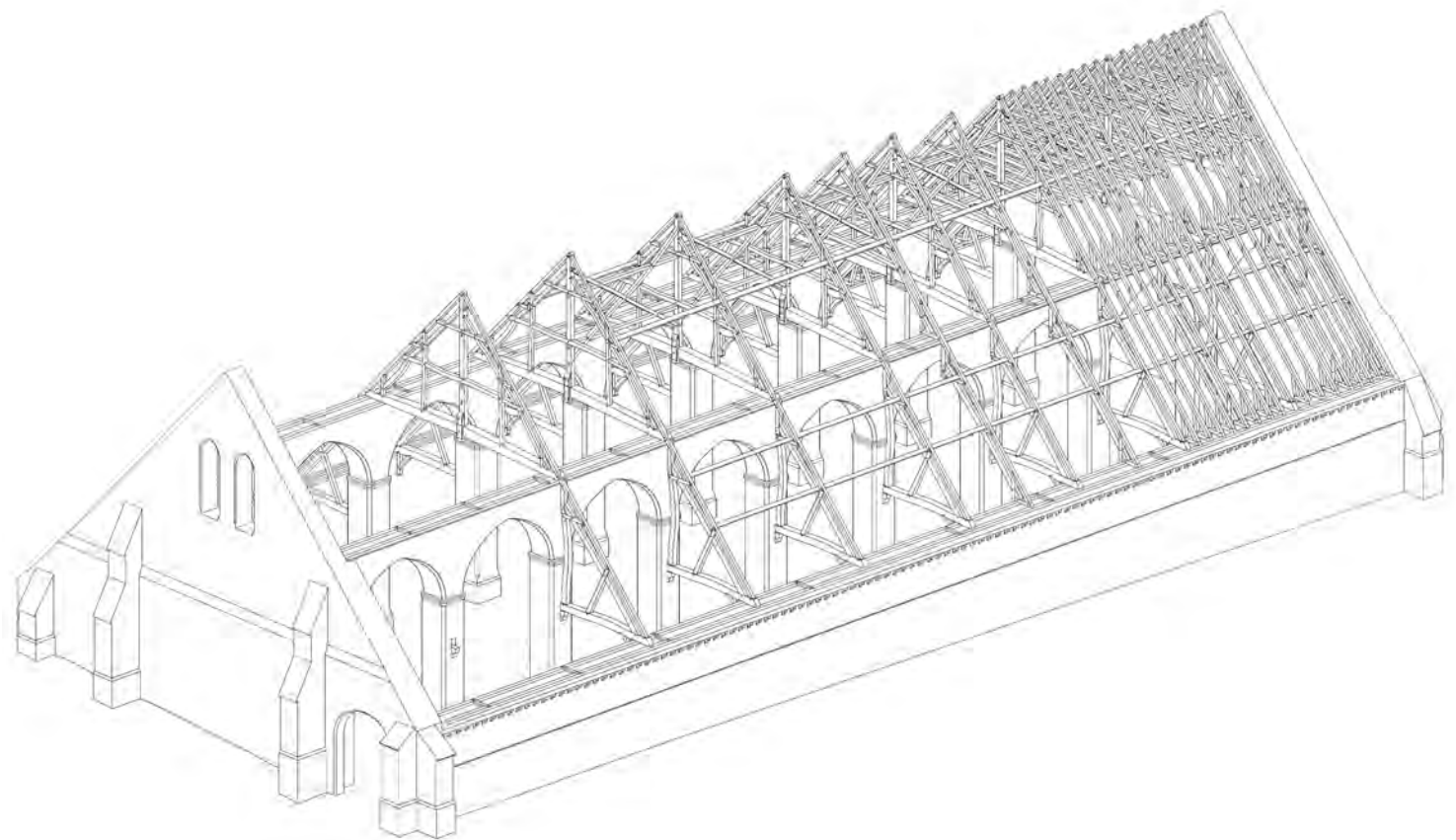


Fig. 175 : Axonométrie. Grange Saint-Lazare de Beauvais, 1219/1220d.

L'introduction des pannes dans les chevrons-formant-fermes : le cas des granges

L'insertion des pannes dans les charpentes à chevrons-formant-fermes prolonge cette réflexion technique sur le transfert des charges de la travée sur les fermes principales, propre au premier tiers du XIII^e siècle. Il n'est pas étonnant de voir que ces rares exemples de mixité appartiennent à l'architecture des grandes granges céréalières. Ces édifices répondent en effet aux mêmes principes que ceux de l'architecture gothique : des contraintes liées aux grandes portées et surtout une obligation de répartir les charges au droit des piliers ou des poteaux en bois largement espacés, selon une trame identique à celles des grandes églises gothiques. En effet, dans une grange, les charges des fermes secondaires doivent être libérées des travées pour être transmises aux fermes principales par des dispositifs longitudinaux car les sablières ou les arcades maçonnées ne peuvent à elles seules supporter les poussées des fermes secondaires. La grange de Warnavillers (1190d) dans l'Oise, évoquée plus haut, témoigne bien de cette difficulté à faire franchir les travées aux fermes secondaires puisque seules des doubles sablières de forte section résistent à leur poussée. Pour cette raison, vers 1220, se mettent en place

des dispositifs longitudinaux basés sur le principe des pannes pour alléger ces sablières ou les arcades qui relient les piles de ces granges. Quelques rares exemples dont la grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais (1220d), les halles de Saint-Pierres-sur-Dives (1220-1230) et la grange du prieuré de Crouttes (1222d) témoignent de cette recherche.

La **grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais**, dont les bois ont été abattus durant l'automne-hiver 1219/1220d, est un vaste monument de 42 m sur 18 m dans œuvre avec une charpente reposant sur deux files de neuf arcades qui retombent sur des piles maçonnées, définissant une nef de 8,30 m de large et deux bas-côtés (fig. 171 à 175). Les fermes principales sont portées à 10,15 m de hauteur au droit des piles, suivant des travées de 4,80 m de long. La portée des entrails, supérieure à 8 m, et les proportions de la toiture apparentent sans nul doute cette charpente à celles de certaines nefs des cathédrales gothiques. Les fermes principales présentent un entrail, soulagé par un poinçon de fond, et deux chevrons raidis par deux faux-entrails, deux jambes de force et deux poteaux latéraux. Un couple de sous-chevrons vient s'assembler à tous ces raidisseurs pour les conforter mais aussi pour asseoir une entretoise horizontale dont la fonction est de porter un cours de pannes posées à dévers.

Une ferme intermédiaire similaire mais sans entrain ni poteau latéral relaie ces pannes au milieu de chaque travée, assise sur l'extrados des arcatures, soit au point de plus forte résistance. Les bas-côtés relèvent du même principe avec des pannes portées à dévers dans les demi-fermes principales et intermédiaires par des entretoises ou des contrefiches assemblées à un sous-chevron ou « arbalétrier ». Dans l'axe des fermes, deux liernes longitudinales, assemblées aux poinçons et raidies par une grande croisée d'écharpes, soulagent les fermes secondaires en soutenant leurs entrails retroussés. Ces liernes et ces pannes, auxquelles sont chevillés les chevrons, assurent ainsi un véritable soutien des fermes secondaires puisque soulagées en quatre points en plus de leurs propres raidisseurs. Les poussées latérales des fermes secondaires sont contenues et en grande partie transmises aux fermes principales au droit des piles. Il s'agit d'un ouvrage très complexe, admirablement bien conçu et très bien équilibré. Le maître d'œuvre a mis en place de grandes arcades de 90 cm de large et de 10 m de haut, largement ouvertes en tiers point, pour augmenter la capacité de stockage de la grange.

Cette insertion des pannes dans les chevrons-formant-fermes s'observe dans la charpente des **halles de Saint-Pierre-sur-Dives** dans le Calvados (fig. 176-b), vers 1220-1230, détruite en 1945, étudiée à partir de photos d'archives. Longues de 70 m sur 20 m de large, ces halles très impressionnantes sont subdivisées en une nef de 8,50 m de portée et deux bas-côtés par deux files de 11 poteaux, délimitant 12 travées de 5,60 m de long en moyenne (Saint-Pierre-sur-Dives, fig. 2-3). Là aussi, les pannes sont maintenues à dévers au sein des fermes principales par des étrésoillons assemblés aux chevrons et à des sous-chevrons – ou arbalétriers – que vient raidir un couple de contrefiches. Un cours de liernes axiales file en tête des faux-poinçons pour reprendre les charges des fermes secondaires sous leur unique entrain retroussé. Dans les bas-côtés, les pannes sont calées entre l'assemblage de l'arbalétrier et le prolongement d'une contrefiche. L'absence de triangulation et la reprise maladroite des charges de la lierne et des pannes sur le faux-poinçon et par conséquent sur l'entrain expliquent le dédoublement de celui-ci et leur raidissement par deux couples de liens obliques. Sur certaines fermes, les contrefiches sont assemblées en pied dans l'entrain et non en pied du faux-poinçon (Saint-Pierre-sur-Dives, fig. 2). Si les charpentiers ont compris que les pannes doivent être étayées par des contrefiches, ils n'ont cependant pas maîtrisé leur report des charges sur le faux-poinçon. Cette erreur illustre bien le fait que cette technique n'était pas encore bien assimilée par ces charpentiers qui ont dû s'inspirer d'une charpente à fermes et pannes et appliquer ici cette technique par imitation sans la comprendre.

Si cette charpente témoigne d'une mixité entre le système des pannes et celui des chevrons-formant-fermes, elle présente néanmoins de sérieux handicaps que le maître d'œuvre n'a pas su résoudre, d'où le dédoublement de l'entrain. Pourtant, la

triangulation avec un poinçon de fond assemblé aux arbalétriers aurait pu suffire. On devine que les pannes et les grandes contrefiches obliques sont des emprunts directs aux charpentes à fermes et pannes et que leur intégration dans les chevrons-formant-fermes n'est pas encore maîtrisée.

Il est intéressant de noter que le dédoublement de l'entrain apparaît également comme une garantie pour le maintien des liens obliques qui assurent le soutien de l'entrain et sans lesquels celui-ci se briserait inévitablement. De tels dédoublements d'entrain ont été employés dans la charpente de la grange du XIII^e siècle de la Haute-Croisille dans l'Eure dont ne subsiste que la partie inférieure de la charpente. Ils sont utilisés jusqu'à la fin du Moyen Âge en Normandie, par exemple dans les granges de Corny, de Daubeuf-la-Campagne, du manoir de Boquemare à Saint-Jean-du-Thenney dans l'Eure ou dans celle de Quévreville-la-Poterie en Seine-Maritime.

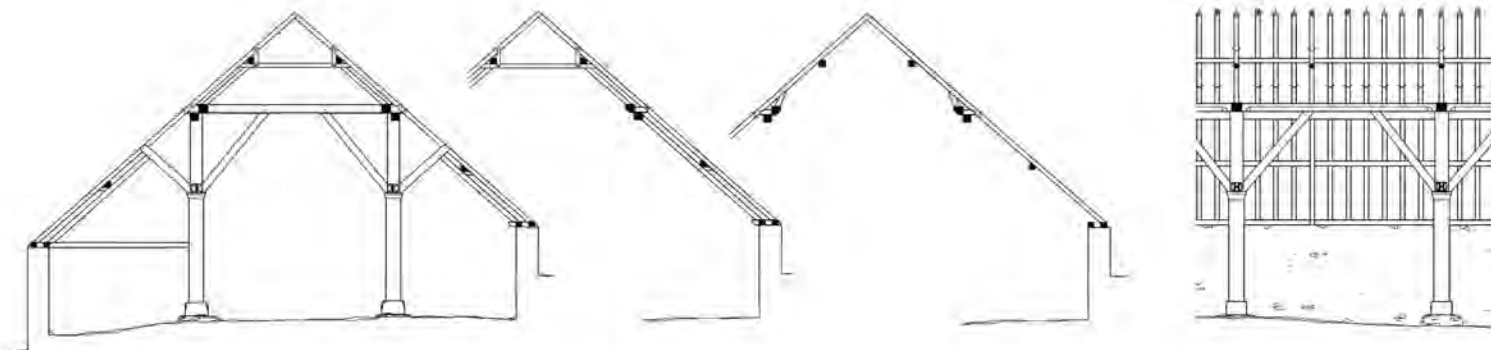
Le pied des chevrons des fermes secondaires est assemblé ici à une jambe de force et à un blochet qui s'appuient sur une sablière en tête des poteaux. Des doubles liens obliques raidissent longitudinalement ces sablières afin de transmettre les charges aux poteaux. Ce type de pied de chevron s'observe également dans les granges de Warnavilliers en 1189-1190d en Picardie (fig. 176f), de Fourcheret à Fontaine-Chaalis dans l'Oise du début du XIII^e siècle, de Maubuisson dans le Val-d'Oise vers 1234-1264d¹⁷⁵ (fig. 176e) ou de Chaloché dans le Maine-et-Loire vers 1262-1270d¹⁷⁶.

La proximité géographique de Saint-Pierre-sur-Dives et du prieuré de Crouttes dans l'Orne explique peut-être la ressemblance entre ces deux charpentes (fig. 176c). La **grange du prieuré de Crouttes** datée vers 1222d, mesure 30 m de long sur 14 m de large hors œuvre avec une nef centrale de 7,20 m de portée, bordée de deux collatéraux et subdivisée en sept travées de 4,15 m de long en moyenne par six couples de poteaux porteurs (Crouttes, fig. 2-4). Sa charpente présente effectivement un système de reprise des charges analogue à celui de Saint-Pierre-sur-Dives avec cependant quelques innovations supplémentaires qui font d'elle une structure sensiblement plus évoluée sur le plan technique bien qu'elle soit encore éloignée de la forme classique des charpentes à fermes et pannes. Les innovations concernent en premier lieu le poinçon de fond, présent sur plusieurs fermes, qui permet grâce à la triangulation de compenser les charges transmises par les liernes axiales. Les pannes posées à dévers sur les sous-chevrons sont ici calées à l'aide d'échantignoles chevillées, ce qui présente une simplification de mise en œuvre comparée aux entretoises de Saint-Pierre-sur-Dives ou de Saint-Lazare. Ce mode de fixation des pannes est en effet appliqué dans la plupart des charpentes à fermes et pannes, encore aujourd'hui. On observe

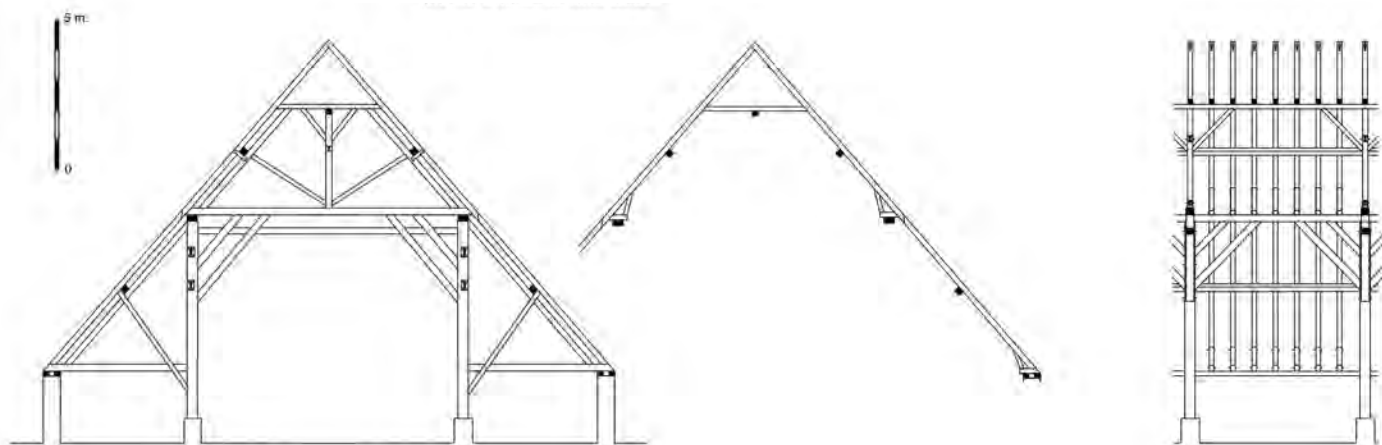
175. DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 118.

176. BONTEMPS 1995, p. 42.

a. Val-de-la-Haye (Seine-Maritime),
grange de la commanderie Sainte-Vaubourg : 1216-1220d



b. Saint-Pierre-sur-Dives (Calvados), halles : première moitié du XIII^e siècle



c. Crouttes (Orne), grange du prieuré Saint-Michel : vers 1222d

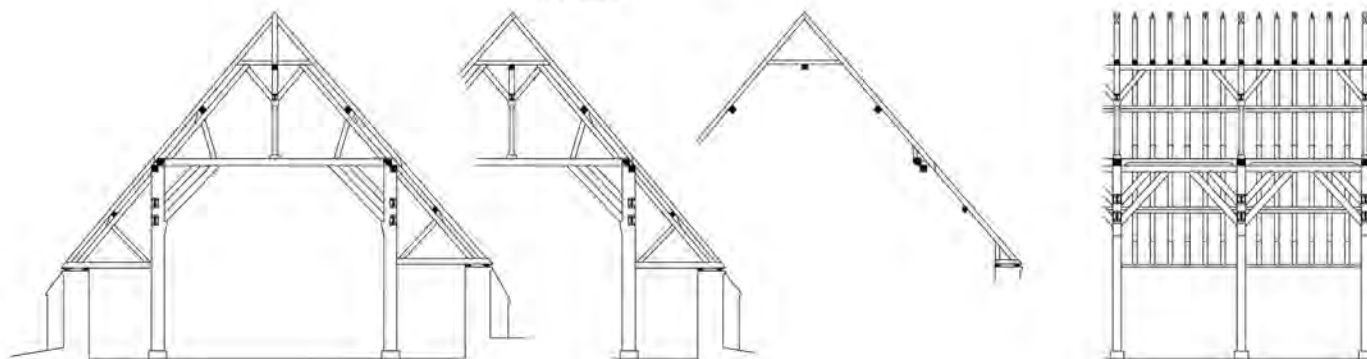
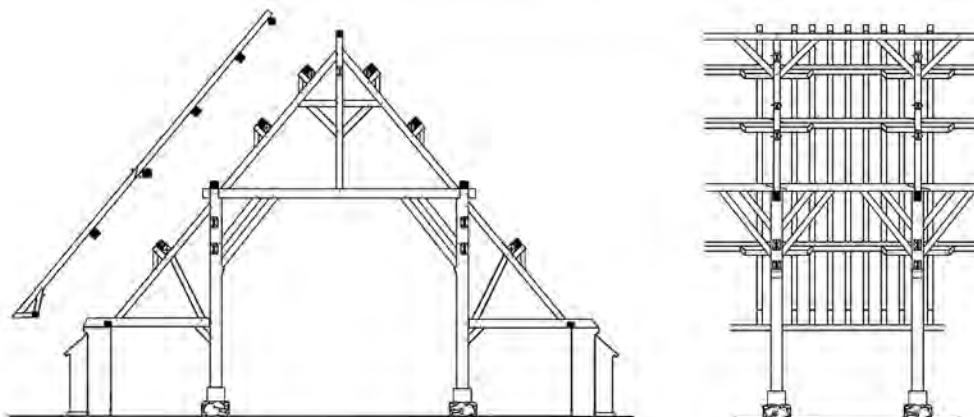
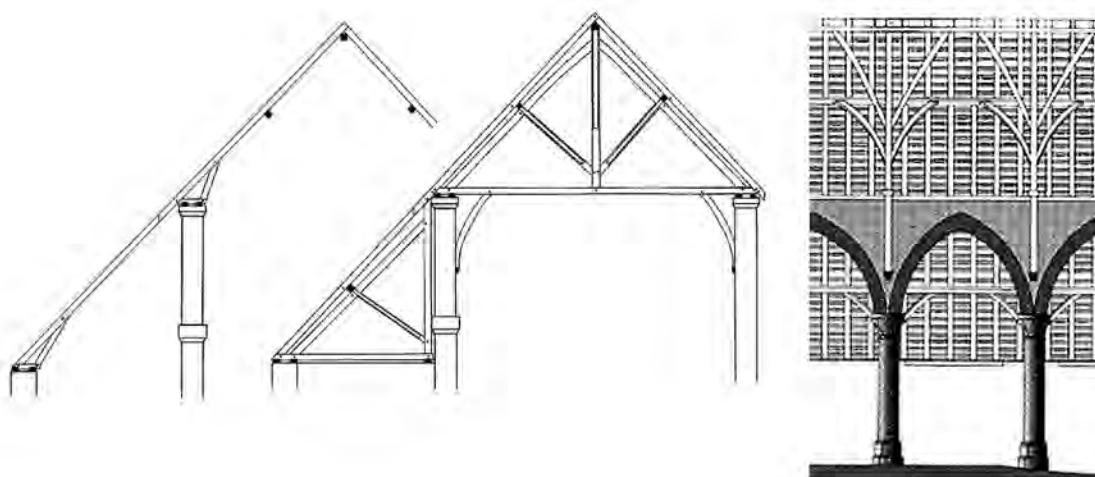


Fig. 176 : Charpentes de granges du XIII^e siècle.

d. Heurteauville (Seine-Maritime), grange : 1237-1243d



e. Saint-Ouen-l'Aumône (Val-d'Oise), grange abbatiale de Maubuisson : 1234-1264d (DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 117-118).

*Fig. 176 (suite) : Charpentes de granges du XIII^e siècle.*

aussi que le raidissement des sous-chevrons au droit de ces pannes est assuré par des jambes de force qui reportent les charges non plus sur le poteau ou le poinçon mais désormais sur l'entrait, au-dessus des liens obliques. Ces charges sont retransmises directement aux poteaux porteurs en libérant l'entrait de toute contrainte. Enfin, les contrefiches de tête des sous-chevrons contribuent au renfort de ses assemblages au faux-entrait. La triangulation, permettant de récupérer les charges véhiculées par les liernes axiales, soulage également l'entrait qui, contrairement à Saint-Pierre-sur-Dives, peut se dispenser d'une traverse supplémentaire.

Ces charpentes illustrent la lente maturation des structures à pannes dans une Normandie fortement imprégnée de la tradition des chevrons-formant-fermes. Cette mixité complexe entre deux systèmes témoigne avant tout d'une solution technique pour alléger les travées et limiter les poussées latérales des fermes secondaires en transférant les charges sur les fermes principales et donc sur les poteaux porteurs. Il n'est pas étonnant de voir spécifiquement sur des granges ou des halles l'application de cette combinaison du fait de la faiblesse des sablières qui filent de poteau en poteau et aussi de la fragilité



Fig. 177 : Grange de Caugé (Eure), XIII^e s.

des grandes arcades maçonnées. On ne s'étonnera pas de voir une charpente à fermes et pannes parfaitement constituée, dès 1228d sur la grange de l'abbaye de Bonport ainsi que sur les granges d'Heurteauville (1237-1243d), de l'abbaye d'Ardenne (disparue), de l'abbaye de Maubuisson (1234-1264d)¹⁷⁷, de Fourcheret et de Troussures dans l'Oise de la première moitié du XIII^e siècle. Il s'agit d'édifices dont la structure est inadaptée aux poussées latérales des fermes secondaires et qui appellent nécessairement la mise en place de charpentes à fermes et pannes.

D'autres bâtiments témoignent aussi de cette mixité comme la magnifique grange de Caugé dans l'Eure du XIII^e siècle (fig. 177) où les fermes principales et intermédiaires simulent des arcs en plein cintre. Les fermes secondaires qui ont depuis perdu leurs

177. DIETRICH et GAULTIER, 2000-2001.



Fig. 178 : Logis de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais (Oise), 1275d.



Fig. 179 : Charpente mixte du logis Saint-Lazare de Beauvais (Oise), 1275d.

entraits retroussés et leurs jambes de force sont raidies par des cours de pannes comme à Saint-Pierre-sur-Dives, avec une lierne axiale soulageant leur entrait retroussé. Cette charpente présente également une panne-faîtière mais faute de relevés, nous resterons prudents.

Le grand logis de la maladrerie Saint-Lazare de Beauvais (fig. 178-179) possède aussi une charpente mixte datée plus tardivement de 1275d. Les fermes secondaires sont raidies par un entrait retroussé en partie haute, lui-même soutenu par une lierne axiale, et par un cours de pannes sur chaque versant qui transmettent les charges aux fermes principales triangulées via des arbalétriers parfaitement constitués. Un cours de pannes-faîtières soulage aussi les têtes des chevrons. Ici, les murs gouttereaux, en raison de leur épaisseur et malgré les baies qui les percent, auraient pu supporter les poussées latérales d'une charpente classique à chevrons-formant-fermes. Le fait que cette charpente était à l'origine dissimulée par un plafond de planches fixées sur les entrails – et recouvert d'un décor peint dont les traces s'observent encore sur ces entrails et sur les murs – peut justifier le choix d'une structure mixte. En effet seules les charpentes voûtées à chevrons-formant-fermes étaient apparentes dans les logis du XII^e-XIII^e siècle dans le nord-ouest de la France, qu'elles fussent lambrissées ou non.

Ces charpentes mixtes de la première moitié du XIII^e siècle restent selon nous des adaptations techniques liées essentiellement à des supports contraignants comme les poteaux porteurs ou les files d'arcades maçonnées. Ces structures, issues de la réflexion sur l'adaptation des charpentes à l'évolution des murs des églises gothiques dans le premier tiers du XIII^e siècle, vont ensuite vite disparaître pour laisser place à d'autres, plus légères. Les charpentes de granges à partir du milieu du XIII^e siècle seront exclusivement à fermes et pannes en Normandie et en Île-de-France; l'insertion des pannes dans les chevrons-formant-fermes se fera plus rare. Les charpentes à chevrons-formant-fermes et à fermes et pannes évolueront désormais séparément à quelques exceptions près, comme celle du logis Saint-Lazare de Beauvais de la seconde moitié du XIII^e siècle. Au XVI^e siècle, il existe des charpentes qui superposent les deux systèmes séparément avec l'utilisation de chevrons-formant-fermes pour la voûte lambrissée, surmontés d'une structure à fermes et pannes pour porter la couverture; les fermes principales étant communes aux deux, c'est le cas dans les églises de Pierre Ronde de Beaumesnil, et de Buis-sur-Damville dans l'Eure. Quelques charpentes mixtes perdurent encore à Paris au XVI^e siècle comme sur les églises Saint-Médard, Saint-Méry et Saint-Laurent¹⁷⁸ mais elles résultent d'une autre réflexion, d'ordre culturel et non architectonique.

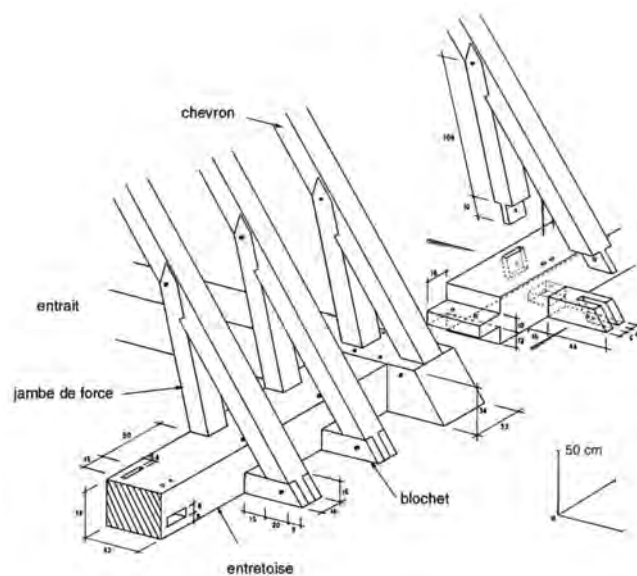


Fig. 180 : Entretoise en pied de fermes secondaires.
Cathédrale de Rouen, 1227-1232d.

Les pieds de ferme

La recherche visant à libérer les travées des poussées latérales dans les charpentes gothiques du premier tiers du XIII^e siècle a permis de développer un dispositif original qui témoigne bien de cette volonté de limiter les poussées des fermes secondaires sur les murs des travées. En Normandie, jusqu'au début du XIII^e siècle, le pied des fermes secondaires est constitué d'un blochet assemblé sur un double cours de sablières qui recevait le pied de la jambe de force et celui du chevron. Dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen, vers 1230d, les jambes de force sont réceptionnées, au pied des fermes secondaires, par une entretoise longitudinale de forte section de 42 x 34 cm posée à plat (l'entrait ne mesure que 34 x 37 cm de section), assemblée à chaque extrémité aux flancs des entrails. Les blochets de 16 x 16 cm viennent s'y assembler par un tenon-mortaise doublement chevillé (fig. 180) ou par un tenon en forme de demi-queue d'aronde, bloqué par une cale. L'ensemble entrait-entretoise et blochets repose donc directement sur les maçonneries, sans sablière. Le surdimensionnement de l'entretoise et l'assemblage des blochets à celle-ci permettent ainsi de lutter efficacement contre la poussée des chevrons des fermes secondaires. De simples blochets assemblés sur une double sablière auraient inévitablement été poussés vers l'extérieur sous la pression des chevrons comme ce fut le cas sur le croisillon nord de la cathédrale de Lisieux. Ici, cette poussée est contrecarrée par la solidarité de tous les pieds de ferme à une entretoise indéformable par sa section, et par la résistance du double chevillage ou de la queue d'aronde des assemblages des blochets.

178. CRMH 1982d.

Ce système d'entretoise ou de poutre de rive se rencontre très fréquemment à partir du début du XIII^e siècle dans les grandes charpentes gothiques en Normandie comme à la cathédrale de Bayeux, à l'église abbatiale de Fécamp (1217-1223d), au dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport ou au manoir de Boos. Les structures de plus petites dimensions comme la charpente du chœur de l'église de Quatremare du XIII^e siècle en sont dépourvues et seuls des blochets sur sablières assurent la réception des chevrons en raison de poussées relativement réduites. Le passage des blochets sur sablières à l'entretoise dans les grandes charpentes au début du XIII^e siècle s'inscrit dans cette recherche qui tend à réduire au minimum la poussée des fermes secondaires sur les murs gouttereaux et il est fort probable que ce dispositif particulièrement efficace de fixation des pieds a autorisé les charpentiers à restreindre les raidissements au sein des fermes comme on le constate au cours de la seconde moitié du XIII^e siècle.

L'évolution des liernes longitudinales

Très tôt dans la première moitié du XIII^e siècle, les charpentiers ont trouvé des solutions techniques pour répartir les charges au droit des fermes principales afin de soulager les travées et permettre ainsi l'ouverture de grandes verrières. Très vite également, ils ont atteint les limites de cette recherche en renonçant aux poteaux latéraux vers la fin de la première moitié du XIII^e siècle pour libérer les entrants de toutes surcharges susceptibles de trop « tirer » sur la triangulation et d'entraîner une éventuelle rupture des assemblages, voire des entrants comme ce fut le cas à la cathédrale de Rouen à la fin du Moyen Âge suite à la chute des consoles.

La répartition des charges des fermes secondaires sur les fermes principales dans les charpentes à chevrons-formant-fermes va désormais s'effectuer uniquement sur le plan axial par des liernes assemblées au poinçon de fond. Cette tendance va favoriser le développement de la triangulation au sein des charpentes, rendue désormais indispensable par cette reprise des charges.

Pour suivre ces mutations et démêler les nombreux maillons de cette chaîne évolutive, les témoins sont malheureusement rares après le milieu du XIII^e siècle, les grandes charpentes ayant été pour la plupart mises en place sur les cathédrales et les grandes églises enfin achevées.

La charpente du logis abbatial de Saint-Amand de Rouen, datée de 1248-1270d, permet de suivre cette évolution car elle présente des dispositions très originales du fait de la nature de ses murs porteurs en pans-de-bois, constitués d'une ossature de poteaux de fond de près de 9 m de haut, placés au droit de chaque ferme principale (fig. 181a). Il s'agit d'une grande charpente voûtée à chevrons-formant-fermes, avec des fermes raidies par deux niveaux d'entrants retroussés, deux aisseliers et deux jambes de force courbes. Les fermes principales possèdent

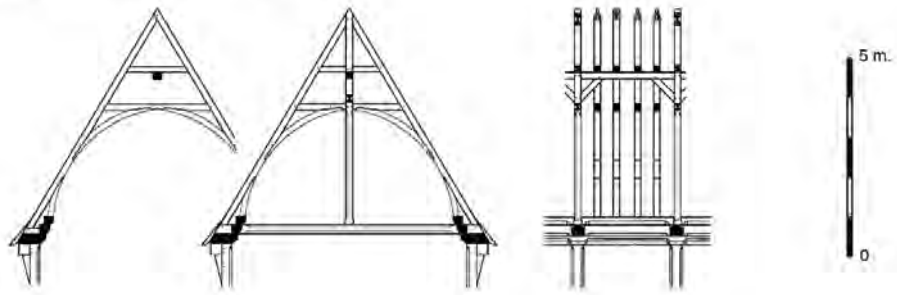
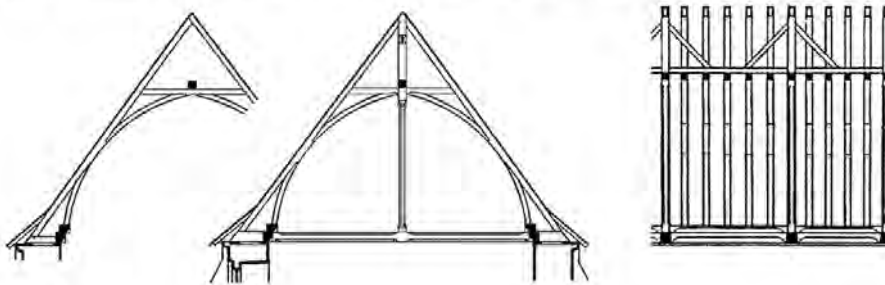
un poinçon de fond qui soulage un entrant en milieu de portée. La présence de la voûte lambrissée a repoussé au-dessus des premiers entrants retroussés le cours des liernes longitudinales qui soutiennent ainsi le deuxième niveau de faux-entrants, avec des liens obliques de raidissement, reportant les charges sur le poinçon des fermes principales. Ce dispositif est relayé en pied des chevrons par deux entretoises superposées, l'une pour la réception des jambes de force, l'autre pour les blochets, permettant de mieux contrer les poussées des chevrons en subdivisant les résistances. Autre technique pour limiter ces poussées, la faible longueur des travées limitées à 2,30 m, avec seulement quatre fermes secondaires par travée, réduisant ainsi considérablement les poussées sur les pans-de-bois, et rapprochant les tirants des fermes principales. Enfin, les charpentiers ont dressé les versants à 59,2° pour limiter davantage les poussées latérales des fermes secondaires. Tous ces dispositifs compensent la relative légèreté du système des liernes qui ne reporte sur les fermes principales qu'une faible partie des charges des fermes secondaires, mais surtout ils se justifient au regard de l'incapacité des pans-de-bois à reprendre ces charges, d'autant plus qu'ils ne sont pas contrebutés à l'extérieur. Ce bâtiment constitue presque une prouesse technique pour l'art de la charpenterie du XIII^e siècle, malgré ses modestes dimensions, dans le sens où des façades en pan-de-bois parviennent à porter une charpente à chevrons-formant-fermes, voûtée de surcroît.

Le rehaussement des liernes, destiné au soulagement des fermes secondaires en partie haute, au-dessus d'une voûte lambrissée, se reconnaît dans d'autres charpentes de la seconde moitié du XIII^e siècle comme celle de l'Hôpital de Tonnerre de 1291d¹⁷⁹ où les charges des fermes secondaires sont reprises par cinq cours de liernes longitudinales placées sous leurs faux-entrants.

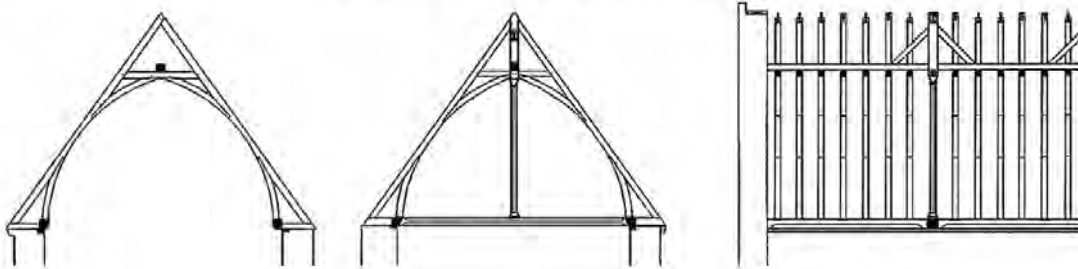
Dans la seconde moitié du XIII^e siècle en Normandie, suite à l'abandon des liernes latérales et à l'adoption exclusive des liernes axiales, les charpentes à chevrons-formant-fermes ne manifestent plus ce souci majeur qui caractérise les structures de la première moitié du siècle et qui cherchait à reporter les charges des fermes secondaires sur les fermes principales et à libérer ainsi les murs latéraux de toutes poussées latérales. Comme en Île-de-France, à partir du milieu du XIII^e siècle, les liernes se concentrent désormais dans les parties hautes des fermes, assemblées dans les poinçons de fond et placées non plus sous les entrants retroussés mais au-dessus, sans reprise des charges des fermes secondaires comme dans la charpente voûtée de la Maîtrise Sainte-Évode de l'archevêché de Rouen, datée de 1272d. Cette tendance s'accompagne d'un redressement de la pente des toitures et, pour les grandes charpentes normandes, d'un renforcement des pieds de ferme.

179. CRMH 1982b, D 6990.

a. Rouen, logis abbatial Saint-Amand : 1248-1270d

b. Boos (Seine-Maritime), manoir Saint-Amand : milieu du XIII^e siècle

c. Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime), chapelle des Chambellans : vers 1295



d. Troyes (Aube), église de La Madeleine : 1250-1255d (CRMH 1982b, D6915-16)

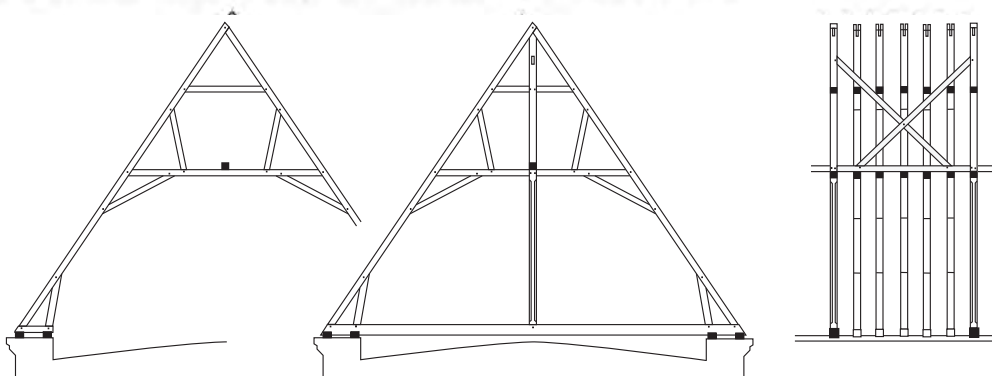
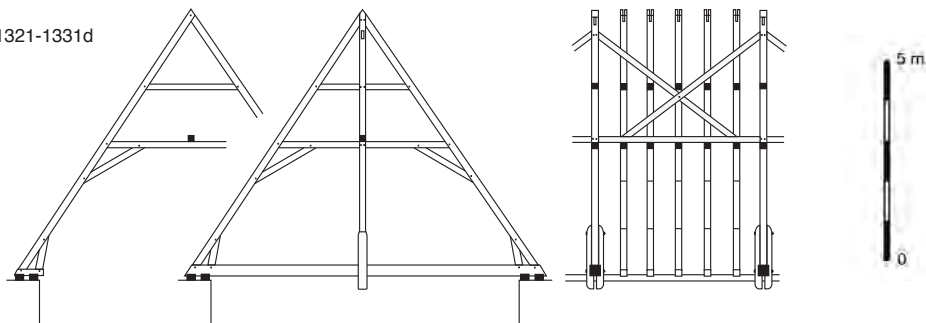
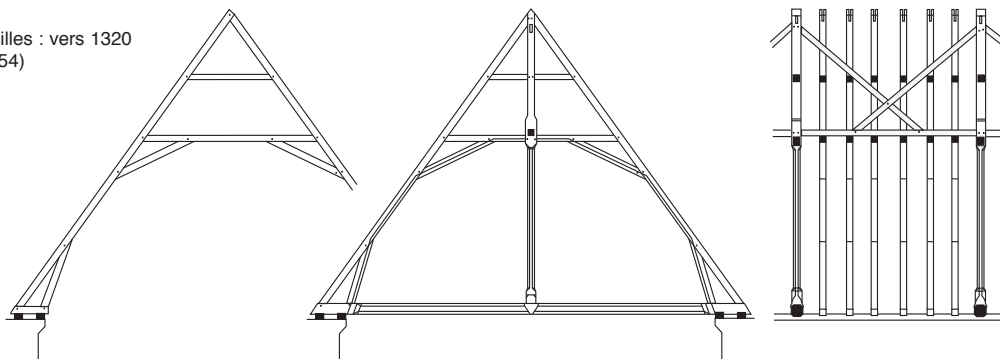


Fig. 181 : Charpentes à chevrons-formant-fermes de la seconde moitié du XIII^e siècle et du XIV^e siècle.

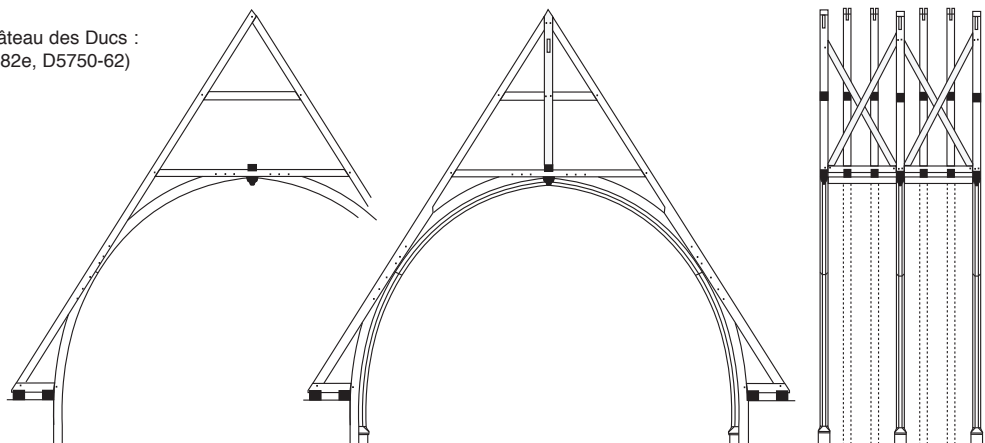
e. Paris, église Saint-Nicolas-des-Champs, nef : 1321-1331d
(CRMH 1982c, D6922-23)



f. Paris, église Saint-Leu-Saint-Gilles : vers 1320
(CRMH 1982c, D6954)



g. Argentan (Orne), château des Ducs :
xiv^e siècle (CRMH 1982e, D5750-62)



h. Rouen, abbatale Saint-Ouen, chœur,
vers 1318-1339 (CRMH 1982c ; D6994)

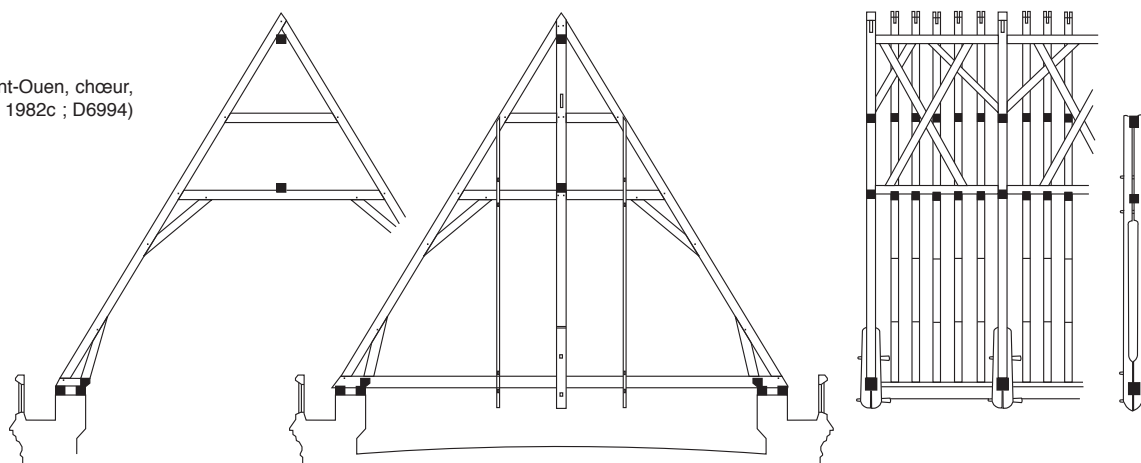


Fig. 181 (suite) : Charpentes à chevrons-formant-fermes de la seconde moitié du XIII^e siècle et du XIV^e siècle.

En effet, on constate que dans les régions du Bassin parisien, la pente se redresse dans le courant du XIII^e siècle pour atteindre 60° en moyenne à la fin de ce siècle. Ce rehaussement participe au raidissement des fermes secondaires en limitant leurs poussées latérales. Cette pente justifie l'abandon des liernes de soutènement des entrants retroussés des fermes secondaires.

Tableau des inclinaisons des charpentes du Bassin parisien au XIII^e siècle :

| Édifice | Datation ¹⁸⁰ | Pente |
|---|-------------------------|-------|
| Rouen, cathédrale Notre-Dame | 1227-1232d | 54° |
| Paris, prieuré Saint-Martin-des-Champs | 1215-1220d | 55° |
| Paris, cathédrale Notre-Dame | 1220d | 55° |
| Meaux, cathédrale Notre-Dame | 1224-1225d | 55° |
| Troyes, église La Madeleine : nef | 1234-1239d | 55° |
| Troyes, église La Madeleine : transept | 1250-1255d | 55° |
| Auxerre, cathédrale Saint-Étienne | 1235-1236d | 59° |
| Auxerre, palais épiscopal, bras nord | 1248-1249d | 59° |
| Beauvais, cathédrale Saint-Pierre | 1257-1258d | 59° |
| Soissons, cathédrale Saint-Gervais et Saint-Protais | 1282-1287d | 60° |
| Amiens, cathédrale Notre-Dame | 1284-1305d | 60° |
| Sens, cathédrale Saint-Étienne | 1295-1293d | 60° |
| Rouen, abbatale Saint-Ouen | 1318-1339 | 60° |

On constate également un allègement des dispositifs de raidissement interne des fermes. Les écharpes présentes au début du XIII^e siècle dans nombre de charpentes (cathédrales de Rouen et Bayeux, abbaye de Fontaine-Guérard et église de Quatremare) disparaissent définitivement de la structure des fermes. Le raidissement n'est assuré dorénavant que par des entrants retroussés, des faux-entrants et des contrefiches, sans oublier évidemment les aisseliers et les jambes de force. La disparition des écharpes peut être imputable au redressement de la pente des fermes qui, par cette transformation, réduit leurs poussées latérales et leur écartement à leur base. Le raidissement des parties inférieures des chevrons ne serait ainsi plus justifié et seuls les entrants retroussés dans les parties hautes suffissent désormais à empêcher cet écartement. Cette modification du raidissement, préférant les bois courts (entrants retroussés, aisseliers, contrefiches...) aux bois longs (écharpes), contribue à un relatif allègement des fermes qui justifie aussi la suppression des dispositifs de soutien des faux-entrants par des liernes longitudinales.

Disparaissent également les sous-chevrons, utilisés, en Normandie, essentiellement dans les granges pour supporter des pannes comme au Val-de-la-Haye (1216-1220d), à Saint-Pierre-sur-Dives, à Crouettes (vers 1222d) ou à Saint-Lazare de Beauvais (1220d) (fig. 176).

Il est possible d'émettre l'hypothèse d'une évolution des charpentes qui tendrait vers une simplification des dispositifs de raidissement des fermes, caractérisée par une meilleure compréhension de la répartition des charges sur les murs. Avec le

redressement des toitures, le renforcement des pieds de fermes dans les grandes charpentes et l'allègement des fermes par la simplification du raidissement des chevrons, les charpentiers ne cherchent plus nécessairement à soutenir les fermes secondaires par des liernes longitudinales ni à reporter les charges sur les fermes principales. Les liernes, placées dans l'axe des fermes et assemblées aux poinçons, vont donc perdre parfois la vocation porteuse qu'elles avaient toutes à l'origine pour servir désormais d'entretoises pour les fermes principales. Dans la seconde moitié du XIII^e siècle, ces liernes longitudinales apparaissent en effet placées au-dessus des faux-entrants et non plus en-dessous pour les soutenir.

Cette tendance est initiée par la très grande charpente du dortoir des convers de l'abbaye de Royaumont vers 1230¹⁸¹ dans le Val-d'Oise, de 13,20 m de portée (fig. 182), où l'unique cours de liernes file de poinçon en poinçon au-dessus du premier niveau d'entrant retroussé des fermes secondaires. L'exemple de la charpente voûtée du manoir de Boos (milieu du XIII^e siècle) est analogue (fig. 181b). Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes avec des fermes secondaires raidies par deux aisseliers, deux jambes de force courbes et un entrant retroussé sur lequel passe l'unique cours de liernes axiales que deux liens obliques contreventent. L'exemple de la Maîtrise de Sainte-Évode de Rouen de 1272d est en tout point identique.

Bien que les liernes des charpentes précédentes aient assuré aussi une fonction d'entretoise parallèlement à leur rôle de soutien d'entrants retroussés, les liernes de la charpente de Boos et de Royaumont affichent clairement pour la première fois une fonction d'«étré sillonnement» et de «contreventement» des fermes principales dans une charpente à chevrons-formant-fermes. Les liernes n'assument désormais plus aucun rôle dans le report des charges des fermes secondaires. Elles sont ici destinées uniquement à maintenir un écartement constant entre les fermes principales, auxquelles elles sont assemblées en jouant le rôle d'entretoise, et à empêcher le déversement des fermes grâce aux liens obliques qui garantissent l'orthogonalité entre le plan vertical des fermes et l'axe horizontal des liernes. Cette disposition des liernes s'observe à l'identique dans la charpente voûtée de la chapelle des Chambellans à Saint-Martin-de-Boscherville vers 1295 (fig. 181c) et dans celle du XIII^e siècle de l'église Saint-Serge à Angers¹⁸². Marcel Le Port l'aurait également aperçue dans la charpente voûtée, aujourd'hui lambrissée, de la nef de l'église de Champs dans l'Orne¹⁸³.

Ces liernes ont peut-être été placées au-dessus des entrants retroussés à cause du lambris sous-jacent de la voûte et de ce fait, elles ont perdu leur vocation porteuse pour des raisons esthétiques afin d'être dissimulées. Leur présence au-dessus des

180. HOFFSUMMER 2002, p. 152.

181. ÉPAUD 2006.

182. CRMH 1982b, D 3790-2.

183. LE PORT 1977, p. 417.

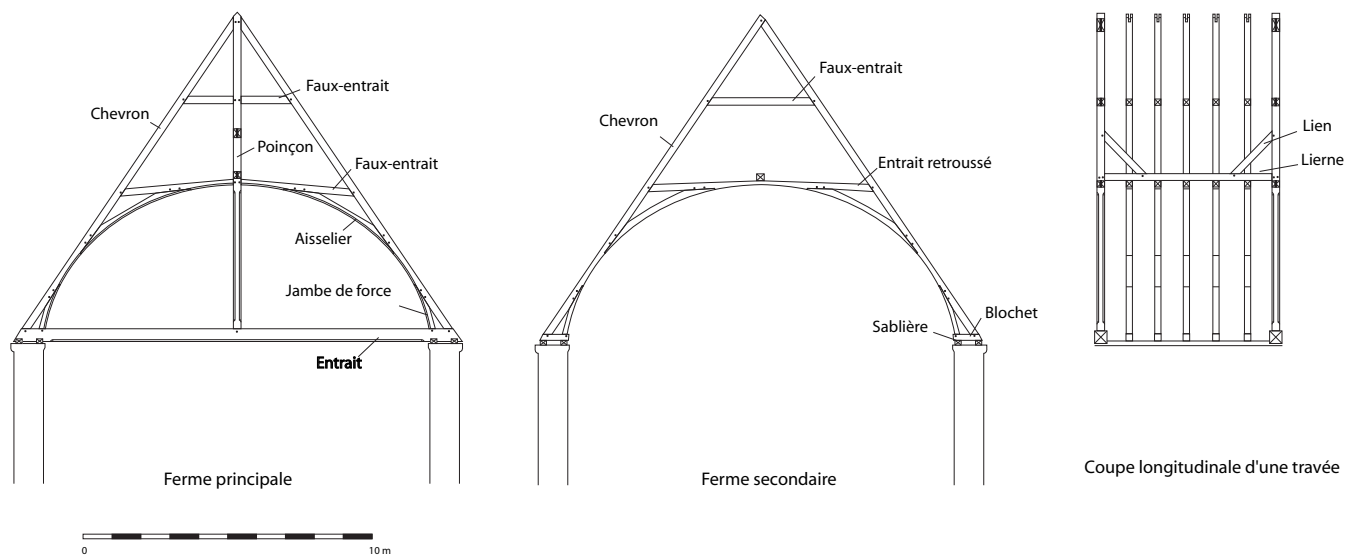


Fig. 182 : Restitution de la charpente voûtée du dortoir des convers, vers 1230. Abbaye de Royaumont (Val-d'Oise).

entrants retroussés dans des charpentes non voûtées, mises en place au-dessus de voûtes en maçonnerie, contredit cette hypothèse comme on peut le voir dans celle de l'église de La Madeleine à Troyes vers 1250-1255d (fig. 181d)¹⁸⁴. D'autre part, on constate que ce type de charpente dotée de fermes pentues entre 55° et 60°, raidies par un ou deux faux-entrants, avec ou sans contrefiche, sans écharpe et étré sillonnées par des liernes placées au-dessus des entrants retroussés est très répandu dans la seconde moitié du XIII^e siècle et durant tout le XIV^e siècle en Normandie comme dans les autres régions du Bassin parisien. On l'observe en Seine-Maritime sur le manoir du Mesnil-sous-Jumièges vers la fin du XIII^e siècle, sur la chapelle de la Vierge de la cathédrale de Rouen en 1315-1316d¹⁸⁵, sur le chœur de l'abbatiale Saint-Ouen à Rouen vers 1318-1339¹⁸⁶ (fig. 181h), sur le chœur de la chapelle Saint-Lazare de Gisors en 1341-1342d¹⁸⁷, sur le prieuré de Sauleuse à Tilly dans l'Eure et sur le château des ducs d'Argentan dans l'Orne¹⁸⁸ au XIV^e siècle (fig. 181g). Toujours sous cette même forme, elle se rencontre à Paris dans les églises Saint-Nicolas-des-Champs et Saint-Leu-Saint-Gilles à Paris vers 1320d¹⁸⁹ (fig. 181e et f) et à Saint-Julien-du-Sault dans l'Yonne vers 1265-1266d¹⁹⁰.

Cette forme de charpente perdure encore au XV^e siècle (églises Saint-Maclou de Rouen, Saint-Jacques de Lisieux) en Normandie comme en Île-de-France. Il s'agit d'une structure architecturale qui s'est donc figée à partir du milieu du XIII^e siècle et qui perdure dans le temps. Certes, on observe encore sporadiquement quelques charpentes dans la seconde moitié du XIII^e siècle avec des liernes axiales soutenant les entrants retroussés pour les soulager comme à Soissons dans l'Aisne sur la cathédrale Saint-Gervais-Saint-Protas vers 1282-1287d¹⁹¹ ou à Tonnerre dans l'Yonne sur la grande salle de l'Hôpital vers 1295d¹⁹² mais ces exemples tardifs deviennent marginaux après le milieu du XIII^e siècle.

En Normandie, ces liernes d'étré sillonnement dans les charpentes du XIII^e siècle ne sont pas solidaires des entrants retroussés des fermes secondaires, aucune cheville ni assemblage n'assure en effet leur fixation. Il s'agit plus spécifiquement d'un entretoisement et du contreventement des fermes principales. Le contreventement des fermes secondaires et donc la fixation des liernes avec leur entrant retroussé n'apparaissent qu'à partir du XIV^e siècle en Normandie soit par simple chevillage soit par une entaille à mi-bois comme dans la charpente du chœur de la chapelle Saint-Lazare de Gisors ou celle du chœur de l'église abbatiale de Saint-Ouen de Rouen.

La notion de contreventement apparaît ainsi véritablement sur le plan structurel avec ce type de lierne bien que l'entretoisement des fermes existe depuis l'apparition des liernes longitudinales, dès le début du XIII^e siècle, pour le soutien des fermes secondaires.

184. CRMH 1982b, D 6915-16 et HOFFSUMMER 2002, p. 189.

185. Archéolabs ARC93/R1444D.

186. BAYLÉ (dir.) 1997, vol. 2, p. 192-193.

187. Archéolabs ARC97/R1843D/2.

188. CRMH 1982e, D 5750-62.

189. CRMH 1982c, D 6954 et D 6922-23 et HOFFSUMMER 2002, p. 191.

190. CRMH D 6911-12 et HOFFSUMMER 2002, p. 189.

191. CRMH D 7510 et HOFFSUMMER 2002, p. 186.

192. CRMH 1982b, D 6990-91 et HOFFSUMMER 2002, p. 203.

Cette technique peut découler indirectement de la mise en place des dispositifs de soulagement des fermes secondaires. Cependant, il pourrait s'agir, à l'instar des pannes, d'un emprunt, les sous-faîtières de contreventement apparaissant dans les charpentes à fermes et pannes en Île-de-France dès le début du XIII^e siècle comme on le verra plus loin.

Dans la charpente de la nef de la cathédrale de Lisieux en 1183d, toutes les fermes non contreventées présentent au milieu de leur entrain retroussé un trou de cheville horizontal, de 2,5 à 3 cm de diamètre, se faisant face de ferme en ferme et conservant encore à l'intérieur, pour certains, des morceaux de cheville. Il est possible que ces trous aient été destinés au passage de longues chevilles ou de tiges de bois pour maintenir l'écartement des fermes lors de leur levage et en attendant le cloutage du lattis de couverture. Des trous similaires ont été observés dans les entrains retroussés de la charpente de l'église de Saint-Aignan de Cour-Cheverny (Loir-et-Cher), vers 1159d, et sur le flanc des chevrons de celle de Saint-Denis-d'Authou (Eure-et-Loir) vers 1198d, trous que Daniel Bontemps interprète aussi comme des chevillages de contreventement provisoire lors du levage de la charpente¹⁹³.

Il est intéressant de noter que dans la charpente de la maison impasse Prud'homme à Bayeux en 1226d comme dans celles de la cathédrale de Bayeux, tous les chevrons présentent des petites entretoises entre chaque ferme, fixées sur leurs flancs par des cales cloutées. Ces entretoises sont aujourd'hui toutes remplacées depuis les dernières restaurations mais il subsiste sur le flanc de ces chevrons des entailles primitives qui servaient originellement à l'insertion d'entretoises du même type. Elles étaient et sont toujours destinées à supporter des entre-chevrons entre chaque ferme pour aider au support de la couverture de lourdes plaques de schistes ardoisiers dès le XIII^e siècle. De tels entre-chevrons existaient sur certaines charpentes – on en trouve un exemple avec les maisons rouennaises de la rue Malpalu (XII^e siècle) et du n° 18 rue Saint-Romain (vers 1201-1216d) – pour éviter de ployer les voliges dans l'entrevous des fermes lorsque le poids des matériaux de couverture l'exigeait. Ces entretoises participaient certainement au contreventement de ces fermes indépendantes mais il s'agit là d'une technique liée plus au mode de couvrement qu'à l'étrésillonnage des fermes.

Aucun dispositif n'était prévu spécifiquement pour le contreventement des chevrons-formant-fermes jusque vers le milieu du XIII^e siècle en Normandie : les charpentes de la cathédrale de Lisieux et de Bayeux, du réfectoire des abbayes de Fontaine-Guérard, de Bonport ou de l'église de Quatremare de la première moitié du XIII^e siècle ont toutes leurs fermes

indépendantes. Il est en effet très probable qu'au XIII^e siècle, les charpentes levées un ou deux siècles auparavant ne se déverraient pas encore et qu'il n'y avait donc aucune motivation particulière pour les contreventer. Les charpentes que nous voyons déversées aujourd'hui en raison de l'absence de contreventement comme celle du dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport ont en effet subi de nombreuses découvertures et plusieurs siècles d'intempéries. Cette absence de contreventement se justifiait par les facilités de levage que cela procurait aux charpentiers qui procédaient au montage de la charpente ferme par ferme. Cette modalité de levage a perduré pour des raisons pratiques dans l'architecture vernaculaire de certaines régions où on a continué à réaliser des petites charpentes à chevrons-formant-fermes avec des fermes indépendantes, non contreventées, jusqu'au XIX^e siècle comme en Bretagne¹⁹⁴ ou en Auvergne¹⁹⁵.

En Transylvanie, dans la région des Maramures en Roumanie où l'on continue de construire sur les églises des charpentes à chevrons-formant-fermes, avec des fermes non contreventées, entièrement assemblées à mi-bois, des planchettes clouées de chevron à chevron lors du levage suffisent au maintien provisoire des fermes et elles sont ensuite retirées avec le voligeage de la toiture d'essentes qui assure à lui seul le contreventement de la charpente. Dans ces régions, cette « manière de faire » obéit à un véritable esprit technique profondément ancré dans l'art de la charpenterie traditionnelle que nombre d'innovations ne parviennent pas à faire évoluer ou très lentement. Il est intéressant de relever ce fait pour imaginer qu'au XIII^e siècle, certaines techniques ont pu mettre de nombreuses décennies avant d'être diffusées alors qu'elles étaient appliquées depuis longtemps dans certains types d'édifices ou dans une région limitrophe. C'est vraisemblablement le cas ici, où l'on peut supposer des transferts entre la technique des fermes et pannes et celle des chevrons-formant-fermes qui a emprunté les pannes, la notion de contreventement et peut-être aussi la faîtière. En effet, ces techniques, en usage aux frontières de la Normandie dès le début du XIII^e siècle dans les charpentes à fermes et pannes des églises de Champagne-sur-Oise (1233/1234d), Courcelles-sur-Viosne, Montreuil-sur-Epte, Marly-la-Ville (1254/1260d) et de Fontenay-en-Parisis dans le Val-d'Oise, ont été appliquées lentement et sporadiquement aux chevrons-formant-fermes en Normandie.

193. CRMH 2002, p. 18-32 et 111-123.

194. LE COUÉDIC et TROCHET 1998, p. 163.

195. POITRINEAU 1999, p. 40-43.

Le développement de la faîtière

Dans les charpentes à chevrons-formant-fermes, il est difficile d'affirmer que le contreventement défini par une lierne placée au-dessus des entrails retroussés et maintenue par des liens obliques, tel qu'on l'observe dans la seconde moitié du XIII^e siècle en Normandie, aboutit logiquement au début du XIV^e siècle à la création de la faîtière, assemblée au sommet des poinçons. En effet, d'après les exemples dont nous disposons, la faîtière apparaît en Normandie dans les premières décennies du XIV^e siècle dans la charpente datée par dendrochronologie de 1315-1316d¹⁹⁶ de la chapelle de la Vierge de la cathédrale de Rouen ou dans celle du chœur de l'église abbatiale de Saint-Ouen à Rouen vers 1318-1339¹⁹⁷ (fig. 181h). Dans cette dernière, l'étrésillonnement des fermes principales est assuré par une faîtière et une sous-faîtière (lierne longitudinale axiale appelée ainsi en présence uniquement d'une faîtière), placée sur les entrails retroussés des fermes secondaires. Des liens obliques de contreventement viennent raidir la faîtière ainsi qu'une croix de Saint-André assemblée à la faîtière et à la sous-faîtière. Ce type de contreventement, certainement inspiré de charpentes plus anciennes, va se répandre très rapidement et perdurer sous de nombreuses variantes, avec notamment une démultiplication des liernes axiales et des sous-faîtières, jusqu'à la fin du Moyen Âge. Il s'agit du contreventement le plus efficace puisqu'il raidit les fermes à l'endroit le plus sollicité au déversement, c'est-à-dire au sommet de la charpente. La faîtière constitue ainsi l'aboutissement de la recherche sur le contreventement des charpentes. Elle contribue également à soulager la tête des fermes secondaires qui repose sur elle, et participe en tant que panne au report de leurs charges sur les fermes principales.

En dehors de la Normandie et toujours dans les charpentes à chevrons-formant-fermes, le premier exemple de contreventement doté d'une faîtière et d'une sous-faîtière date de 1295d et se situe sur la grande salle de l'hôpital de Tonnerre dans l'Yonne¹⁹⁸. En Belgique, la faîtière accompagnée de sous-faîtières, de liens obliques et de croix de contreventement apparaît plus tardivement dans les charpentes à chevrons-formant-fermes, vers 1390-1420¹⁹⁹. La charpente de l'église des Franciscains à Maastricht datée de 1392d en serait le premier exemple²⁰⁰.

En Normandie et de manière générale en France septentrionale, il ne semble pas qu'il faille considérer cette apparition tardive comme le produit d'une lente maturation. En effet, presque un siècle avant l'apparition et la diffusion de la faîtière dans les charpentes à chevrons-formant-fermes vers le début du XIV^e siècle,

celle-ci apparaît en tant que panne-faîtière dans les charpentes à fermes et pannes dans les premières décennies du XIII^e siècle. On l'observe en effet dans la grange de l'abbaye de Bonport en Seine-Maritime en 1228d, assemblée en tête des poinçons et raidie dans chaque travée par deux liens de contreventement avec une sous-faîtière. On la retrouve dans la grange de Heurteauville (1237-1243d) en Seine-Maritime dans les mêmes dispositions mais sans sous-faîtière. Elle est attestée dans la grange de l'abbaye de Maubuisson dans le Val-d'Oise entre 1234 et 1264²⁰¹ sous la même forme. Elle est présente également dans les charpentes à fermes et pannes du XIII^e siècle sur les églises gothiques de Champagne-sur-Oise (1233/1234d), Courcelles-sur-Viosne, Montreuil-sur-Epte, Marly-la-Ville (1254-1260d) et Fontenay-en-Parisis dans le Val-d'Oise²⁰².

La technique de la faîtière, en usage dès le début du XIII^e siècle dans les charpentes à fermes et pannes, n'a donc pas été appliquée dans les chevrons-formant-fermes avant la fin de ce siècle. Ce décalage chronologique s'explique peut-être par le fait que sa fonction, telle qu'on peut l'observer dans les fermes et pannes, ne trouve pas d'utilité dans la structure des chevrons-formant-fermes, ni dans son évolution dans le courant du XIII^e siècle. Dans les charpentes à fermes et pannes, elle sert avant tout de panne pour soulager le chevronnage, et ne sert donc pas prioritairement au contreventement des fermes. Les charpentes à chevrons-formant-fermes utilisent quant à elles d'autres artifices pour le raidissement des fermes secondaires comme les entrails retroussés et les liernes axiales pour les soulager. C'est vers le début du XIV^e siècle, quand les charpentiers chercheront à contreventer systématiquement les fermes, que la faîtière sera utilisée dans les chevrons-formant-fermes, mais en tant qu'entretoise et non comme panne. À la même époque d'ailleurs on constate l'essor de la fixation des entrails retroussés aux liernes axiales par mi-bois ou chevillage, qui traduit bien cette nouvelle préoccupation de contreventer l'ensemble des fermes. Par la suite, la faîtière sera presque toujours utilisée dans les charpentes à chevrons-formant-fermes jusqu'à la disparition de ce type de charpente à l'époque moderne. Cette application tardive traduit la lente acceptation de la notion de contreventement des fermes dans l'esprit des maîtres charpentiers tout au long du XIII^e siècle.

Les charpentes à fermes et pannes

Parallèlement à l'évolution des charpentes à chevrons-formant-fermes, s'est développée dès le début du XIII^e siècle une autre forme de charpente appelée « fermes et pannes » dont le principe

196. Archéolabs ARC93/R1444D.

197. BAYLÉ (dir.) 1997, vol. 2, p. 192-193.

198. CRMH 1982b, D 6990-91 et HOFFSUMMER 2002, p. 203.

199. HOFFSUMMER 1995, p. 175.

200. ID. 2002, p. 197.

201. DIETRICH et GAUTIER 2000-2001, p. 109-132.

202. ÉPAUD 2004, 2005 et 2007.

consiste à remplacer les fermes secondaires par un simple chevronnage porté par des pièces longitudinales appelées «pannes», elles-mêmes reprises par les fermes principales. Le report des charges de la couverture s'effectue donc par l'intermédiaire de ces pannes qui les répartissent sur les fermes en définissant ainsi une subdivision de la charpente en travées.

Les origines du système

L'origine de ce système pour la période médiévale n'est pas encore bien définie. Si le système des fermes et pannes est bien attesté dans l'Empire romain²⁰³ avec l'emploi de fermes latines (fermes triangulées comprenant un entrain, un poinçon et deux arbalétriers raidis par deux contrefiches), aucune preuve ne permet d'établir un lien direct de parenté entre les structures de l'Antiquité et celles observées au XIII^e siècle dans les régions septentrionales de la France. Viollet-le-Duc considère pourtant que le système latin a pu être introduit en Gaule durant l'Antiquité et qu'il s'est perpétué après la chute de l'Empire romain jusqu'au XII^e siècle, notamment pour les régions du centre et de l'est de la France²⁰⁴. Bien qu'il soit avéré que certaines charpentes civiles du XII^e siècle de Saône-et-Loire comportent un système de portiques et de pannes²⁰⁵, celles-ci ne possèdent aucune ferme latine et le rapprochement avec une quelconque tradition antique demeure bien incertain comme le pense également Marcel Le Port²⁰⁶.

La charpente située sur la nef de l'église de Bosmont-sur-Serre dans l'Aisne, datée par dendrochronologie de 1180-1190, constitue le premier véritable exemple de structure à fermes et pannes dans la moitié nord de la France (fig. 183a)²⁰⁷. Une autre presque similaire, datée approximativement de 1180, se situe sur le chœur de l'église d'Hermonville dans la Marne (fig. 183b)²⁰⁸. Les fermes sont composées d'un entrain, de deux arbalétriers croisés en tête par un mi-bois et de deux contrefiches. Celles-ci raidissent les arbalétriers au droit du passage de l'unique cours de pannes et reportent ces charges directement sur l'entrain. Une panne-faîtière est posée à dévers sur la croisée des arbalétriers. Ces fermes sont espacées de 2,40 m environ à Hermonville et de 4,20 m à Bosmont-sur-Serre, et récupèrent les charges du chevronnage porté par les deux pannes et la panne-faîtière. Ce système de pannes portées par un couple d'arbalétriers croisés, sans poinçon, est attesté aussi en 1239d sur une maison de Riom dans le Puy-de-Dôme (fig. 183c)²⁰⁹. Couvrant une salle haute,

cette charpente en sapin était apparente et recouverte de panneaux peints insérés entre les chevrons. D'après B. Renaud et G. Séraphin, des charpentes du même type auraient été repérées dans le Cantal sur la chapelle Notre-Dame de Vauclair du XIII^e siècle et dans le Tarn sur des édifices plus tardifs, des XIV^e-XV^e siècles²¹⁰.

Ce système peut s'apparenter à celui des arcs-diaphragmes observés au XIII^e siècle en Ardèche sur le réfectoire de Viviers²¹¹ et plus tard au XIV^e siècle dans le Gard sur la maison des Chevaliers à Pont-Saint-Esprit²¹² où ces arcs maçonnés, faute de fermes, supportent des pannes pour couvrir des petits édifices civils et religieux. L'aire de répartition de ces arcs-diaphragmes porteurs de pannes est limitée à la France méridionale du fait peut-être des difficultés d'approvisionnement en bois longs pour réaliser de véritables charpentes autonomes.

Une charpente non datée, située sur l'église romane de Merlemont à Warluis dans l'Oise²¹³ présente plusieurs caractéristiques des charpentes romanes (pente à 40°, mi-bois en pied de pièces, système compressif, éléments de raidissement orthogonaux) avec notamment des pannes posées à dévers aux abouts d'un faux-entrain et une panne-faîtière assemblée en tête d'un poteau axial (fig. 183d). Faute d'étude archéologique crédible, nous ignorons si ces pannes sont d'origine ou si elles ont été rajoutées.

Un autre système est attesté dès la première moitié du XII^e siècle (1109-1149d) sur la maison n° 23 rue Filaterie à Cluny et sur l'église de Lys à Chissey-les-Mâcon en Saône-et-Loire²¹⁴ (fig. 183). Les pannes sont ici portées par des portiques posés sur des entrains et non par des fermes. Observé sur d'autres édifices non encore datés de Saône-et-Loire et sous des formes plus complexes du XIII^e au XV^e siècle dans l'Aisne, le Haut et le Bas-Rhin, ce type de structure compressive pourrait appartenir à un type régional limité au nord-est de la France.

On constate donc que les premières utilisations de pannes ne témoignent pas d'une recherche cohérente et que les exemples sont tout aussi variés que dispersés géographiquement. Une théorie avancée par Henri Deneux en 1927 suppose que la charpente à fermes et pannes serait issue de la charpente à chevrons-formant-fermes suite à l'introduction dans ces dernières de pannes qui se seraient substituées progressivement aux éléments de raidissement des fermes, dans le courant des XV^e-XVI^e siècles²¹⁵. La dendrochronologie permet aujourd'hui d'affirmer qu'il n'en est rien puisque certaines structures à fermes

203. MARTIN 1977, p. 101-125.

204. VIOLLET-LE-DUC 1868, p. 259-260.

205. GARRIGOU-GRANDCHAMP et SALVÈQUE 1995, p. 39-47.

206. LE PORT 1977, p. 459.

207. *Ibid.*, p. 462 et HOFFSUMMER 2002, p. 227.

208. *Ibid.*, p. 227.

209. RENAUD et SÉRAPHIN 1999.

210. RENAUD et SÉRAPHIN 1999, p. 212.

211. ESQUIEU 1992, p. 208.

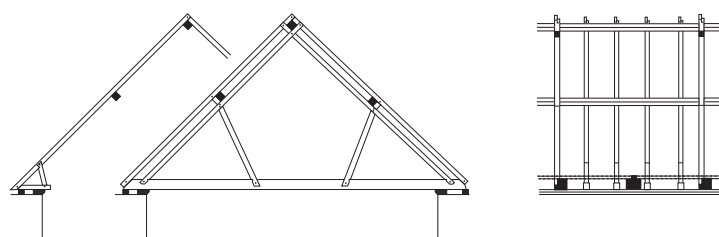
212. PEYRON 1979, p. 132.

213. CALAME 1984, t.2, p. 158.

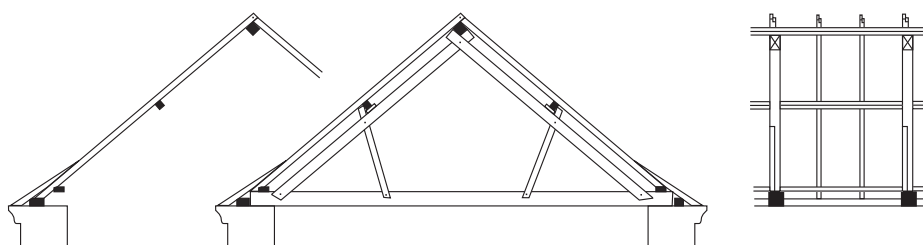
214. GARRIGOU-GRANDCHAMP et SALVÈQUE 1992, p. 290-299.

215. DENEUX 1927, p. 68.

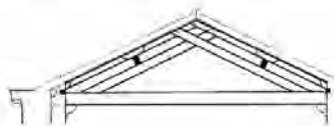
a. Bosmont-sur-Serre (Aisne), nef de l'église : 1180-1190d (LEPORT 1977, p. 463 et HOFFSUMMER 2002, p. 227)



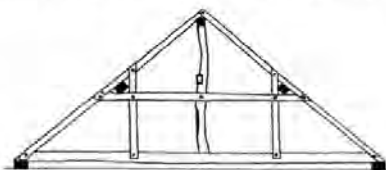
b. Hermonville (Marne), chœur de l'église : vers 1180 (LEPORT 1977, p. 463)



c. Riom (Puy-de-Dôme), maison : 1239d (RENAUD et SÉRAPHIN 1999, p. 211)



d. Warluis (Oise), chœur de l'église de Merlemont : XII^e siècle (CALAME 1984, vol. 2, p. 237)



e. Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime), transept de l'abbatiale : entrants de 1120-1140d, portique et chevrons de 1224-1227d (COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 62-63)

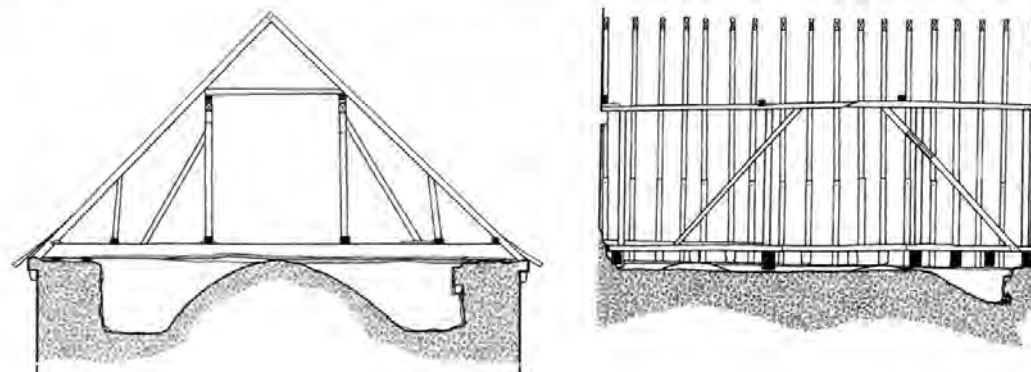
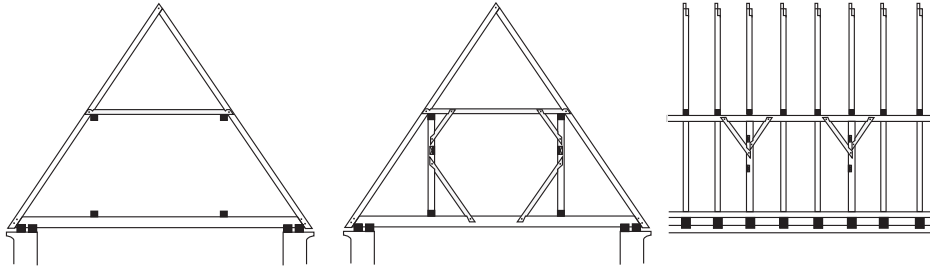
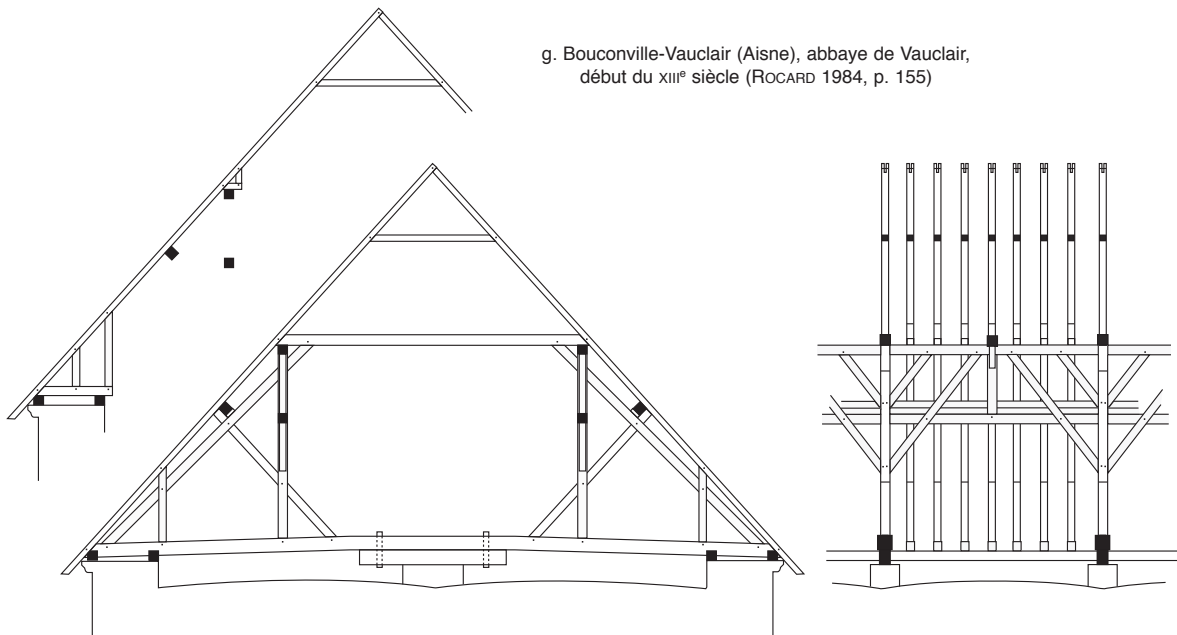
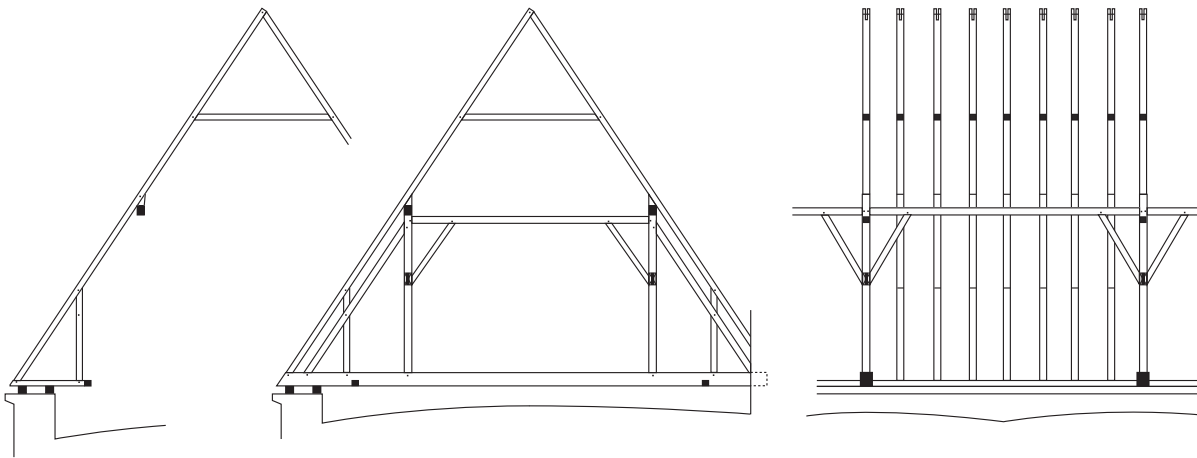


Fig. 183 : Charpentes à fermes et pannes et à portiques des XII^e-XIII^e siècles.

f. Haguenau (Bas-Rhin), église Saint-Nicolas, XIII^e siècle (CRMH 1982b, D 4046-49)g. Bouconville-Vauclair (Aisne), abbaye de Vauclair, début du XIII^e siècle (ROCARD 1984, p. 155)h. Châlons-en-Champagne (Marne), église Notre-Dame-en-Vaux, début du XIII^e siècle (ROCARD 1984, p. 155)Fig. 183 (suite) : Charpentes à fermes et pannes et à portiques des XII^e-XIII^e siècles.

et pannes, datées par cet auteur du XVI^e siècle comme celles de la cathédrale d'Amiens, ont été édifiées dès le XIII^e siècle, et d'autres plus primitives comme celle de la grange du Val-de-la-Haye en Normandie, ont été datées de 1216-1220d. Il n'y a donc pas antériorité d'un système par rapport à l'autre mais bien coexistence de deux types de charpentes durant la même période avec, pour de nombreux cas, une mixité de ces deux systèmes au sein de la même charpente voire la superposition des deux dans un même comble (« système mixte ») comme dans les églises de Buis-sur-Damville²¹⁶ ou de Pierre Ronde à Beaumesnil dans l'Eure au XVI^e siècle.

Si les premières charpentes à fermes et pannes sont isolées et marginales au XII^e siècle, elles s'affirment réellement au début du XIII^e siècle en Normandie et surtout en Île-de-France, notamment dans le Val-d'Oise, où elles apparaissent parfaitement maîtrisées sous une forme épurée et simplifiée à l'extrême qui laisse supposer de nombreux antécédents.

Le développement des fermes et pannes : première moitié du XIII^e siècle

La seule charpente pouvant être interprétée comme précurseur aux charpentes à fermes et pannes en Normandie est la **grange du Val-de-la-Haye** en Seine-Maritime (fig. 176a), datée entre 1216 et 1220d. C'est un édifice de 30 m de long sur 17 m de large, hors œuvre, avec une charpente reposant sur deux files de trois poteaux définissant une nef de 6,30 m de large et deux bas-côtés (Val-de-la-Haye, fig. 2 à 5). L'espacement de ces couples de poteaux définit des travées longues de 6 à 7 m environ. Les fermes principales assises sur ces couples de poteaux sont dépourvues de poinçon mais présentent, dans leur raidissement, un faux-entrait, un couple de sous-chevrons et deux petites jambettes qui servent à caler à chaque extrémité du faux-entrait un cours de pannes posées face aplomb²¹⁷ et non à dévers. On retrouve au milieu de chaque travée une ferme intermédiaire identique, dépourvue d'entrait principal, assemblée en pied dans les sablières, qui sert à reprendre le cours de ces pannes. Les bas-côtés adoptent le même principe avec des pannes posées face aplomb sur une entretoise horizontale assemblée au chevron et à un sous-chevron venant se tenonner dans une forte contrefiche. Des demi-fermes intermédiaires soulagent là aussi le cours de ces pannes par l'entremise d'une entretoise assemblée à un long sous-chevron. Sur ces pannes, des couples de chevrons reposent mais sans chevillage.

Les couples de chevrons ne sont déjà plus des fermes secondaires bien qu'ils soient assemblés aux sablières par des jambes de force et des blochets. Leurs charges sont entièrement

récupérées par les pannes et les sablières, soutenues par de puissants liens obliques, et véhiculées sur les poteaux porteurs via les fermes principales. Ces poteaux répondent de ces charges par une section impressionnante de 65 x 80 cm à la base.

Outre les pannes, les fermes présentent des traits caractéristiques de leur époque comme l'absence de poinçon et donc de triangulation, la présence de sous-chevrons et les assemblages à mi-bois. Des rapprochements peuvent être faits avec les fermes de la nef de la cathédrale de Lisieux de 1182/1183d qui présentent également des sous-chevrons, un entrait retroussé et une absence de triangulation (fig. 155f).

Contrairement aux autres charpentes à fermes et pannes du XIII^e siècle, les pannes sont ici placées face aplomb sur les bois, posées soit sur l'entrait retroussé, soit sur une entretoise horizontale sur les bas-côtés. Les charpentes postérieures présentent en effet des pannes posées « à dévers » sur des sous-chevrons ou des arbalétriers, bloquées par des échantignoles, comme dans la plupart des charpentes à fermes et pannes de la fin du Moyen Âge ou des structures construites encore actuellement en Normandie. Cette position en face aplomb suppose une entaille de l'arête supérieure de la panne au droit de chaque chevron afin de lui assurer une assise plus stable. Une cheville enfoncée transversalement au chevron fixe systématiquement celui-ci à la panne. Peut-être doit-on voir dans cette position des pannes un archaïsme attribuable aux sablières hautes des portiques de bâtiments à poteaux plantés.

Chaque chevron est raidi par une jambe de force et un blochet assemblés tous deux à une entretoise comme dans la grange de Crouttes (vers 1222d) mais aussi dans les charpentes gothiques des cathédrales de Rouen, Bayeux, de la maison impasse Prud'homme à Bayeux, du manoir de Boos ou de l'abbaye de Bonport. L'entretoise permet de lutter contre la poussée latérale des chevrons en milieu de travée et témoigne de la volonté manifestée par ces charpentiers de vouloir limiter leur écartement. Il s'agit ici d'un type de pied relativement complexe qui assure une grande stabilité du chevron mais réclame un surcroît de travail non négligeable comparé aux pannes-sablières de certaines granges normandes comme celle d'Heurteauville (1237-1243d).

Dans cette charpente, la section des poteaux est considérable : 76 x 74 cm en pied, 52 x 52 cm en milieu de hauteur et 42 x 45 cm en tête. De telles sections s'observent également dans la grange de Heurteauville (1237-1243d) avec des poteaux de 54 x 55 cm en pied et de 38 x 39 cm en tête comme à Crouttes (1222d) avec 40 x 42 cm de section sur toute leur hauteur ou à La Croisille du XII^e siècle avec 45 x 46 cm. Dans les granges plus tardives, la section des poteaux se réduit sensiblement autour de 40 cm et n'atteint plus les valeurs excessives du Val-de-la-Haye. On constate également que dans les deux granges les plus anciennes conservées en Normandie, au Val-de-la-Haye et à La Croisille (dont les fermes ont disparu), les poteaux sont à chaque fois dotés d'un chapiteau sculpté sous

216. CRMH 1982e, D 9633-9634.

217. Face aplomb : position dans laquelle les faces latérales de la pièce sont verticales.

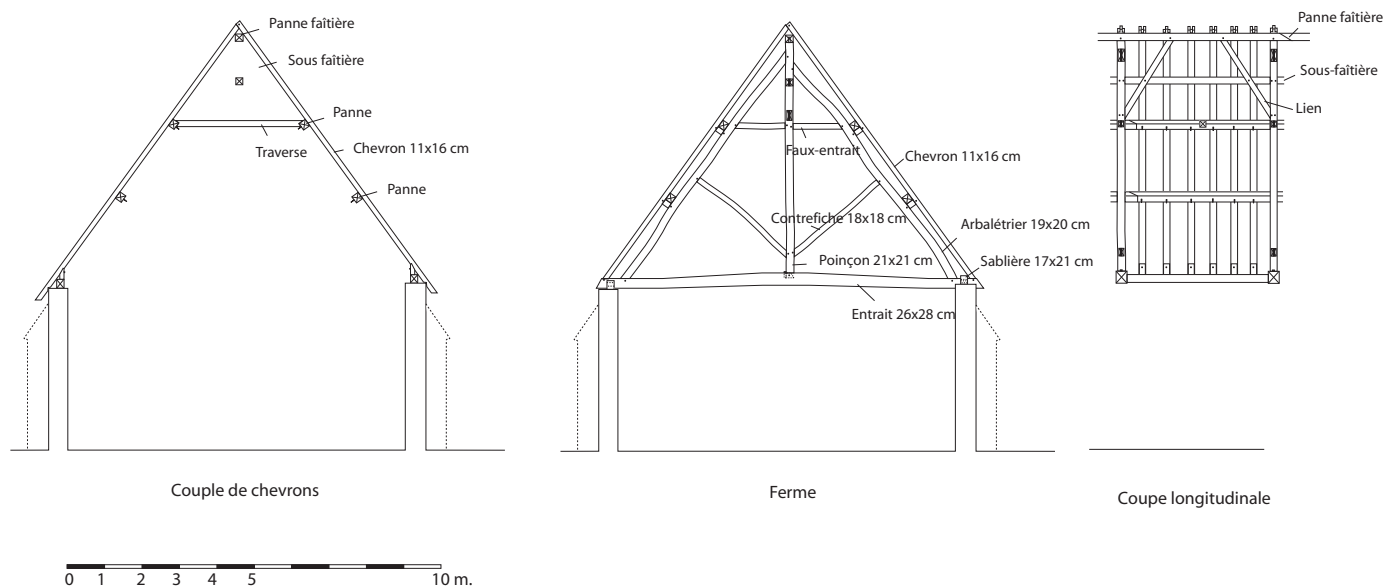


Fig. 184 : Charpente de la grange abbatiale de Bonport, 1228d. Pont-de-l'Arche (Eure).

l'assemblage des aisseliers. Ces chapiteaux présentent tous un taillor droit, une corbeille très sobre, chanfreinée aux arêtes à la Croisille, et un astragale en baguette. Ce souci esthétique va disparaître définitivement des poteaux des granges en Normandie dès le XIII^e siècle.

Il est encore difficile de comprendre le lien qui peut unir la charpente du Val-de-la-Haye, imparfaite voire expérimentale, à celle de **la grange de l'abbaye de Bonport** dans l'Eure datée de 1228d, de dix ans son aînée, car si elle reprend le même principe des fermes et pannes, la technique y est parfaitement maîtrisée, ce qui suppose une maturation de ces techniques depuis déjà quelques décennies (fig. 184).

Longue de 26 m sur 9 m dans œuvre, cette grange présente un unique vaisseau couvert d'une charpente à fermes et pannes subdivisée en 11 travées de 3,50 m de long en moyenne et posée sur des murs gouttereaux de 4,40 m de haut (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, fig. 23-25). Les fermes sont triangulées par un poinçon de fond, tendu par un couple d'arbalétriers qui portent chacun deux cours de pannes, calées sur échantignole, et qui sont raidies par un faux-entrait et un couple de contrefiches. Un cours de pannes-faitières tenonnées en tête des poinçons et une sous-faitière sont raidies par deux liens obliques par travée qui assurent ainsi le contreventement des fermes. Les échantignoles qui soutiennent les pannes sont assemblées à l'arbalétrier et aussi au chevron de la ferme.

Sur les pannes sont chevillés les chevrons, et leur pied, simplement embrevé à une jambette, vient s'asseoir sans aucun assemblage sur une grosse entretoise enfourchée grossièrement aux flancs des entrails. Les pannes hautes sont

raidies au milieu de chaque travée par une traverse calée par une simple entaille.

Cette charpente présente donc une maturité technique relativement étonnante au regard des très rares charpentes à fermes et pannes connues de cette période. Les chevrons ne sont même pas assemblés en pied, les assemblages sont peu nombreux et limités aux fermes, celles-ci sont raidies de façon élémentaire, le contreventement est parfaitement compris et là aussi extrêmement simple, aucune sablière n'a été posée et les entrails reposent directement sur les murs. Bref, le principe des fermes et pannes a été appliqué ici avec concision, rapidité et une étonnante maîtrise de ces techniques. Aucune précaution ni réserve ne sont discernables dans la conception et la mise en œuvre de cette charpente pourtant très novatrice en 1228d.

Par ailleurs, il est important de souligner que la construction de la grange cistercienne de Bonport est intervenue peu de temps après l'achèvement du dortoir et du chauffoir des moines en 1221d et avant l'édification du réfectoire achevé en 1241d. D'autre part, les modestes proportions de cette grange, dépourvue de bas-côtés, la structure à fermes et pannes, moins consommatrice en bois d'œuvre que les chevrons-formant-fermes et le nombre restreint d'assemblages supposent que ce chantier a été réalisé avec célérité et des moyens modestes. Cela s'expliquerait par une volonté des moines d'exploiter rapidement les terres et de faire rentrer du numéraire pour financer la poursuite du chantier de l'abbaye. Cette structure ainsi que ces particularités (peu d'assemblages, absence de sablière, entretoises mal assemblées...) se justifieraient en partie par ces conditions de mise en œuvre, et la technique des fermes et pannes serait alors

à considérer comme une solution économique adéquate plutôt qu'une performance de l'art de la charpenterie médiévale.

Ces défauts ne semblent pas liés à des tentatives expérimentales mais témoignent d'un manque de temps et d'argent pour réaliser les assemblages nécessaires. Ils supposent que ces charpentiers maîtrisaient parfaitement ces techniques et qu'ils ont « bâclé » cette charpente faute de moyens. Il ne s'agit en rien selon nous d'une charpente novatrice, cherchant à innover de nouvelles techniques, mais plutôt une charpente « familière » voire ordinaire dont les principes sont maîtrisés, connus et appliqués depuis longtemps. Cette supposition purement subjective suggère l'existence de nombreux antécédents, et d'autres charpentes de ce type avant 1228, or nous n'en avons pas rencontré du moins en Normandie, hormis bien sûr la grange du Val-de-la-Haye en Seine-Maritime qui apparaît réellement expérimentale.

L'exemple suivant, concernant toujours l'architecture des granges, témoigne plutôt d'un travail soigné, de qualité avec même quelques signes d'une certaine prudence quant à l'application de certaines techniques. La **charpente de la grange de Heurteauville**, datée entre 1237 et 1243d (fig. 176d), montre une structure très épurée qui s'exprime à travers une simplification optimale de sa charpente et une répartition des charges très équilibrée (Heurteauville, fig. 1-3).

Cette charpente comprend un chevronnage indépendant et des fermes dressées sur chaque couple de poteaux tous les 4,70 m. Chaque ferme présente un entrain de 7,90 m de portée, un poinçon de fond, deux arbalétriers raidis par un faux-entrait, eux-mêmes soutenus par deux petits aisseliers. Cette disposition des raidisseurs se justifie par les fermes placées contre les pignons et dont les deux baies quadrangulaires (Heurteauville, fig. 3) empêchaient la mise en place de contrefiches obliques comme à Bonport. Les arbalétriers supportent deux cours de pannes, soutenues par une longrine calée sur une échantignole et épaulée par une seconde. Un dernier cours de pannes est assemblé en tête des poinçons, soulagé par de courts liens obliques, pour supporter la tête des chevrons. Ce chevronnage est donc supporté exclusivement par des pannes auxquelles il est chevillé. Les fermes sont elles-mêmes dépourvues de chevron. Cette indépendance totale du chevron représente une maturité indéniable sur les charpentes mixtes des granges du Val-de-la-Haye (1216-1220d), de Saint-Pierre-sur-Dives et de Crouttes (vers 1222d).

En tête des poteaux, les entrains sont encastrés dans une mortaise ouverte pour recevoir au-dessus un cours de pannes-sablères filant de poteaux en poteaux et supportant le chevronnage comme les autres pannes. Dans les autres charpentes à poteaux porteurs, les sablières sont assemblées sur les flancs ou sous l'entrait, sur les faces latérales des poteaux, pour recevoir le blochet et la jambe de force du chevronnage. Toutefois, ces modalités d'assemblage entre poteau, entrain et panne-sablère

dans les granges construites au cours des siècles suivants, varieront au cas par cas et elles ne semblent pas constituer un critère déterminant pour ce type de charpente ou une époque donnée, du moins pour la Normandie au Moyen Âge.

Les bas-côtés prolongent ce dispositif avec un demi-entrait et un arbalétrier. Ce dernier, raidi par une contrefiche, supporte, sous une longrine, un cours de pannes calées par une double échantignole. Le pied des chevrons est réceptionné sur les murs gouttereaux par un blochet assemblé à une entretoise, laquelle reçoit une jambe de force embrevée et chevillée au chevron.

Le soulagement des pannes par des longrines est une expérimentation qui ne connaîtra pas de suite dans les siècles suivants. Elle traduit les tentatives de perfectionnement menées à cette époque. En effet, ces longrines de deux mètres de long placées sous les pannes au droit des arbalétriers permettent de répartir plus largement le report des charges et d'éviter ainsi leur rupture en raison d'une portée importante de 4,70 m entre les fermes. De telles longrines s'observent selon les mêmes dispositions dans la charpente de la grange de Fourcheret à Fontaine-Chalais (Oise) de la première moitié du XIII^e siècle²¹⁸. Ce principe peut revêtir des formes différentes comme les contrefiches en trident qui soutiennent les arbalétriers mais dont les branches latérales permettent aussi de soutenir les pannes : charpentes des granges de Maubuisson (Val-d'Oise) vers 1234-1264d²¹⁹ (fig. 176e), et de l'abbaye d'Ardenne (Calvados) du XIII^e siècle, nef de la cathédrale d'Amiens vers 1284-1305d²²⁰ (fig. 185 b).

La charpente d'Heurteauville est très aboutie pour ce type de structure et se distingue de Bonport par un souci du détail plus travaillé comme la présence des longrines, l'assemblage en pied des chevrons sur les gouttereaux même si on constate une insuffisance dans le contreventement des fermes et un manque de raidissement en pied d'arbalétrier.

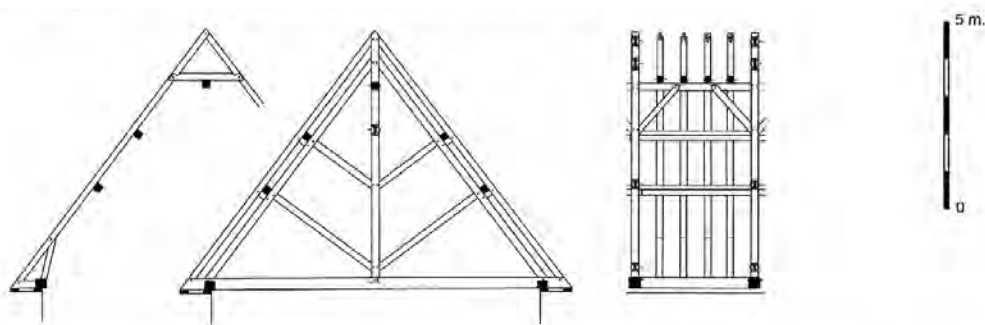
Pour l'architecture des granges en Normandie, cette forme de charpente n'évoluera guère par la suite et l'ensemble des structures des granges du XIV^e jusqu'au XVIII^e siècle se présentent selon le même principe de fermes triangulées par des arbalétriers, avec parfois quelques nuances comme le rajout d'une sous-faitière. Nous pouvons citer pour exemple les granges médiévales de la ferme de Blacquetuit à Montaire, du prieuré de Romilly-sur-Andelle, de Saint-Éloi-de-Fourques, de Trouville-la-Haule dans l'Eure, en Seine-Maritime celles de Boos, de Fongueusemare, de Franqueville-Saint-Pierre ou encore dans le Calvados celles de Perrières, de Saint-Vigor-le-Grand, de Foupendant à Espins etc. Quelques charpentes de granges utilisent parfois un poinçon court assemblé en tête des arbalétriers et en pied dans un faux-

218. BLARY 1989, p. 196.

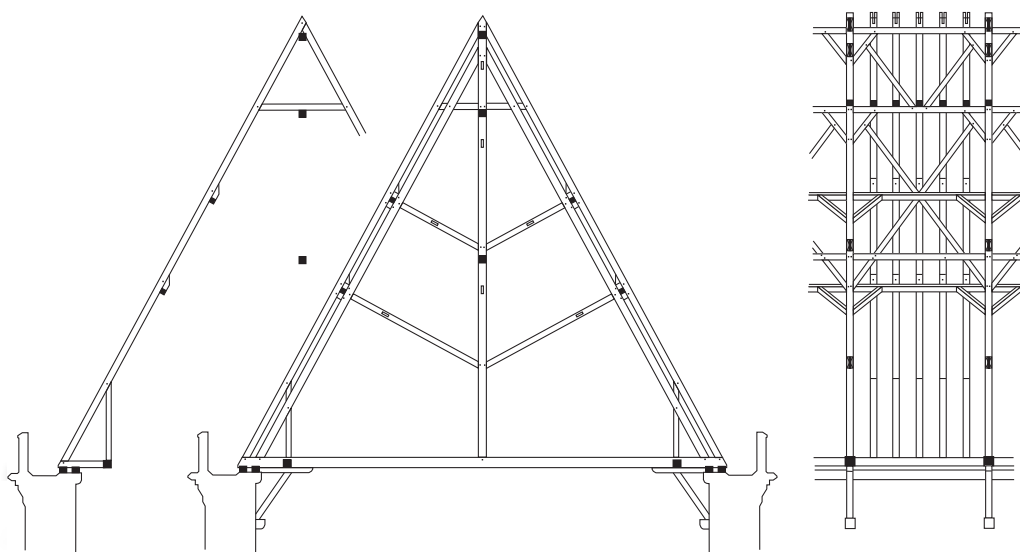
219. DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 114.

220. LE PORT 1977, p. 495; PRACHE 1995, p. 303.

a. Fécamp (Seine-Maritime), église abbatiale de La Trinité : 1217-1223d



b. Amiens (Somme), cathédrale Notre-Dame : 1284-1305d (CRMH 1982d, D6995-93 et HOFFSUMMER 2002, p. 219)

*Fig. 185 : Charpente d'églises à fermes et pannes du XIII^e siècle.*

entrait comme dans celle de Bourgoult dans l'Eure et de Ouistreham dans le Calvados²²¹.

En dehors de la Normandie, les charpentes à fermes et pannes se rencontrent aussi dans des granges du XIII^e siècle comme celle de Fourcheret à Fontaine-Chalais (Oise)²²² datée par l'architecture de la première moitié du XIII^e siècle, avec une sous-faîtière et des chevrons assemblés à l'entrait, et celle de l'abbaye de Maubuisson à Saint-Ouen-l'Aumône (Val-d'Oise) vers 1234-1264²²³. La rareté des analyses dendrochronologiques portées sur ce type de construction limite considérablement les comparaisons et cela est d'autant plus regrettable vu le nombre relativement important

de granges médiévales encore en élévation. Ce défaut de datation s'explique par l'habitude d'interpréter ces charpentes à fermes et pannes comme des structures de la fin du Moyen Âge. C'est en effet seulement depuis 1995, avec les datations dendrochronologiques de la charpente de la cathédrale d'Amiens (1284-1305)²²⁴, qu'il fut reconnu que le type de charpente à fermes et pannes datait du XIII^e siècle et non du XVI^e siècle. La présence des pannes dans les charpentes médiévales était jusqu'alors considérée comme un rajout tardif et certaines restaurations ont entraîné bien souvent leur suppression. Ainsi les halles du XIII^e siècle de Saint-Pierre-sur-Dives ont été entièrement reconstruites en 1950 sur le même modèle mais sans les pannes, l'architecte ne les ayant pas considérées comme d'origine.

221. CAZENAVE 1974.

222. BLARY 1989, p. 196.

223. DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 114.

224. HOFFSUMMER 1995, p. 176.

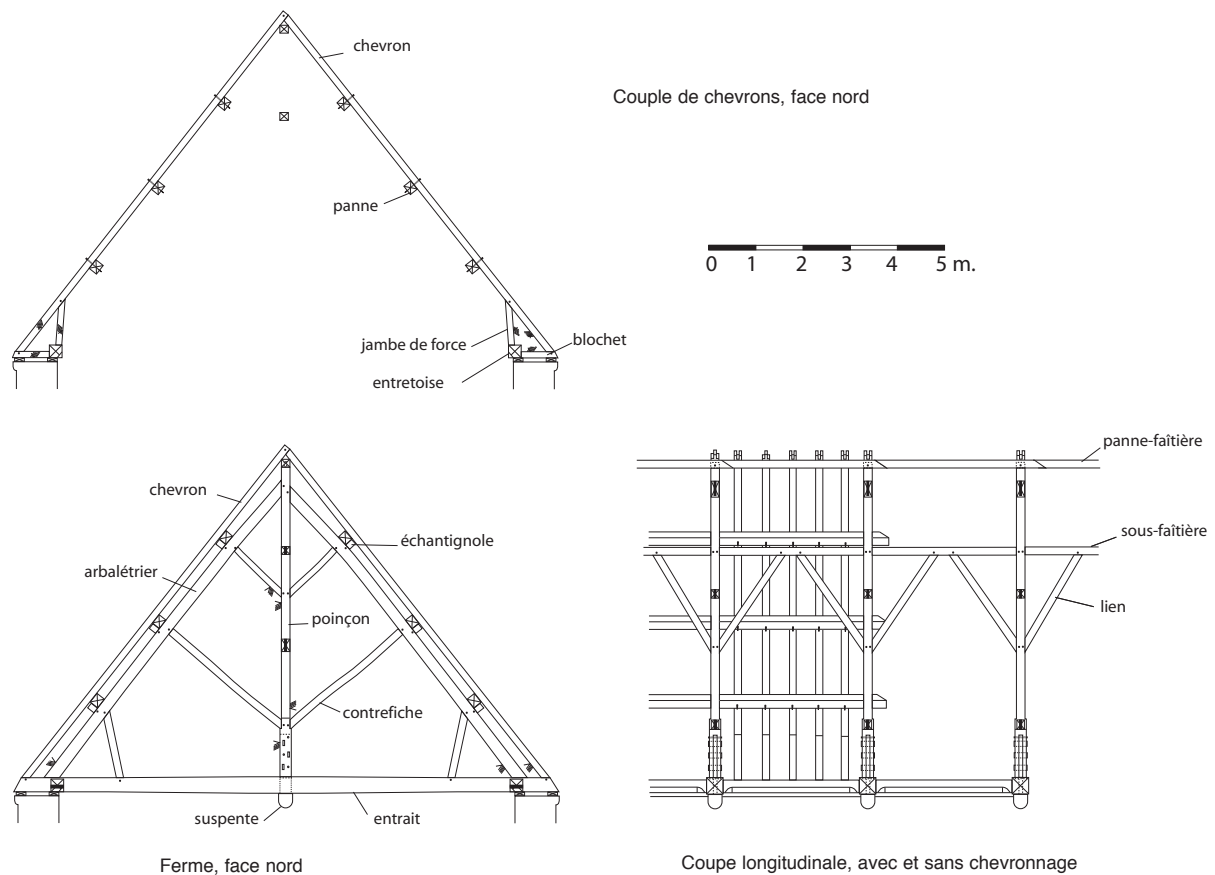


Fig. 185 bis : Charpente du réfectoire de l'abbaye de Bonport, 1240-1241d. Pont-de-l'Arche (Eure).

L'introduction des fermes et pannes dans l'architecture religieuse se manifeste en Normandie sur la nef de l'église **abbatiale de La Trinité de Fécamp**, datée de 1217-1223d²²⁵ (fig. 185a). Bien que contemporaine des précédentes, cette charpente est un système mixte mais très influencé par le type des fermes et pannes (Fécamp, fig. 6 à 10). Les fermes sont composées d'un entrait, d'un poinçon de fond, de deux arbalétriers portant chacun deux cours de pannes, deux chevrons et deux couples de contrefiches obliques qui soulagent les arbalétriers au droit des pannes et reportent ces charges sur le poinçon. Chevrons et arbalétriers sont assemblés par tenon-mortaise aux flancs du poinçon qui travaille en triangulation. Ce dernier compense donc la flexion de l'entrait grâce notamment à son tenon-mortaise en demi-queue d'aronde, et les charges transmises par les contrefiches pour convenir d'un parfait équilibre des forces au sein de la ferme. Les pannes sont bloquées entre l'arbalétrier et le chevron par une échantignole assemblée par tenon-mortaise à ces bois. Une lierne longitudinale axiale, destinée

à supporter les couples de chevrons, s'assemble en haut du poinçon ainsi qu'un lien oblique de soutien.

Le long des travées, les couples de chevrons sont raidis en hauteur par un entrait retroussé, lui-même soutenu par la lierne axiale, par deux cours de pannes et en pied par une jambe de force et un blochet assemblés tous deux dans une entretroise de forte section. Celle-ci participe avec la lierne axiale à réduire au minimum les poussées latérales sur les murs gouttereaux.

La répartition des fermes obéit à la trame des piliers de la nef mais la grande distance entre les piles, de 6,50 m en moyenne, et le poids excessif de la couverture en plomb ont obligé le maître charpentier à disposer deux travées de charpente pour une travée de maçonnerie avec une ferme en milieu de travée, à l'aplomb du sommet de l'extrados des arcs formerets, là où le mur est le plus à même de reprendre les charges. Cette contrainte a nécessité le rehaussement du mur gouttereau au sommet des voûtes pour le passage des entrails en milieu de travée, au-dessus des clés de voûtes.

225. BERNARD ET LE DIGOL 2001a.

Le principe des fermes et pannes est là encore parfaitement maîtrisé, sans défaut de répartition des charges, mais avec des couples de chevrons qui peuvent encore s'apparenter à des fermes secondaires. La présence d'entrants retroussés, de jambes de force et d'entretoises en pied de ces couples de chevrons peut néanmoins s'expliquer par le besoin de lutter plus efficacement contre les charges d'une couverture en plomb. L'évolution des fermes et pannes vers une simplification de la structure et un allègement de la charpente se voit donc sur des édifices plus modestes où le poids de la couverture ne réclame pas une sophistication du système.

Un autre témoin intéressant de l'emploi de cette technique dans l'architecture religieuse en Normandie se situe sur le **réfectoire de l'abbaye de Bonport**, dont les bois ont été abattus en automne-hiver 1240-1241d (fig. 185bis). Longue de 29,90 m dans œuvre, cette charpente est subdivisée en 9 travées longues chacune de 3,25 m seulement (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, fig. 15 à 21). Ses fermes comportent chacune un entrant triangulé par un poinçon de fond tendu par deux arbalétriers, eux-mêmes raidis par deux couples de contrefiches et deux jambes de force au droit des pannes qu'ils supportent. Une panne-fâtière est tenonnée en tête des poinçons tandis qu'une sous-fâtière, raidie par deux longs liens obliques par travée, assure le contreventement des fermes. Une suspente due à la grande portée de 9,70 m de l'entrant, assemblée en pied de poinçon, renforce la triangulation. Les chevrons, tous chevillés aux pannes, sont assemblés en pied à une forte entretoise par une jambe de force et un blochet, luttant contre leurs poussées latérales.

Les dix fermes sont positionnées de façon aléatoire en fonction des cinq voûtes sous-jacentes et des contreforts du réfectoire (Pont-de-l'Arche, Bonport, fig. 15). Cette répartition des charges peut étonner puisqu'au XIII^e siècle la plupart des charpentes ont une trame qui s'adapte à celle des murs porteurs. Ici, ce décalage des fermes par rapport aux contreforts des murs a pu être réalisé grâce à certains aménagements. Les murs gouttereaux ont été fortement rehaussés au-dessus de la retombée des voûtes et les baies, relativement étroites, sont surmontées d'un arc de décharge. D'autre part, le maître charpentier a réduit la longueur des travées à 3,25 m seulement, limitant ainsi considérablement les poussées latérales des cinq couples de chevrons de chaque travée et les charges récupérées par les fermes. Celles-ci peuvent dès lors être réparties indépendamment des points forts des murs porteurs, suffisamment résistants pour tolérer cette distribution des fermes, contrairement à certains édifices religieux où les baies sont plus larges, plus proches de la charpente et les travées de charpente plus longues.

Ce type de charpente à fermes et pannes reste rare en Normandie dans la première moitié du XIII^e siècle. Par ailleurs dans le Val-d'Oise, de nombreuses charpentes à fermes et pannes ont été recensées depuis peu grâce à un inventaire systématique des charpentes d'églises réalisé dans ce département en



Fig. 186 : Nef de l'église de Champagne-sur-Oise (Val-d'Oise).

2004-2006²²⁶. Ces charpentes sont situées sur les églises gothiques du XIII^e siècle de Champagne-sur-Oise datée de 1233/1234d (fig. 186-188), Montreuil-sur-Epte, Courcelles-sur-Viosnes, Fontenay-en-Parisis, Marly-la-Ville datée de 1254-1260d pour la nef et de 1262-1265d pour le chœur (fig. 189) et, à l'état de réemploi, à Villiers-le-Bel et Cormeilles-en-Vexin. L'observation archéologique des structures, des assemblages, des marques et des connexions aux maçonneries a permis de dater une mise en place de toutes ces charpentes entre 1220 et 1270, avec confirmation par la dendrochronologie pour deux d'entre elles. La précocité de ces structures explique le fait qu'elles aient à ce jour échappé aux regards des archéologues du bâti²²⁷. Elles sont presque toutes

226. ÉPAUD 2004, 2005 et 2007.

227. Pareillement, il a fallu attendre les analyses dendrochronologiques des charpentes de la cathédrale d'Amiens en 1994 pour s'apercevoir que le type des fermes et pannes apparaissait dès la fin du XIII^e siècle et non au XVI^e siècle (PRACHE 1994, p. 694-695).



Fig. 187 : Charpente de la nef de l'église de Champagne-sur-Oise (Val-d'Oise), 1233/1234d.

semblables. Situées à l'aplomb des piliers du vaisseau, les fermes sont constituées d'un entrait, d'un poinçon de fond, de deux chevrons et de deux arbalétriers raidis par des couples de contre-fiches et de faux-entraits au droit des pannes. Un cours de pannes-fâtières, soulagées par de longs liens obliques, ainsi que deux ou trois cours de pannes sur chaque versant soutiennent le chevronnage le long des travées. Pour trois d'entre elles, un cours de sous-fâtières, soutenues par des liens obliques, assure le contreventement des fermes. Les chevrons sont chevillés aux pannes et aucune sablière ne réceptionne le pied des chevrons et des fermes. Le nombre d'assemblages taillés est donc limité au minimum, ce qui fait d'elles des structures économiques en temps de mise en œuvre. Ces charpentes sont identiques à celle de la grange de Bonport (1228d) avec une parfaite maîtrise des techniques des pannes et du contreventement, mais simplifiée à l'extrême dans un souci de limiter le temps d'exécution, ce qui suppose là aussi de nombreux antécédents, inconnus encore à présent.

Ces charpentes sont parfaitement adaptées à l'architecture gothique des vaisseaux qui les portent, avec des charges réparties au droit des piliers, un soulagement maximal des travées grâce aux pannes et une très forte limitation des poussées latérales. De par sa faible consommation en bois d'œuvre, ce modèle de charpente

est bien plus léger que les chevrons-formant-fermes, notamment le long des travées, ce qui en fait une structure « idéale » pour les constructions gothiques aux murs minces, ouverts de larges baies. Dans l'état actuel du recensement, il serait hasardeux d'expliquer la forte concentration de ces structures dans le Val-d'Oise et cela nous incite à étendre ces inventaires systématiques aux autres départements.

La technique de la charpente à fermes et pannes est donc bien maîtrisée vers 1230 dans la Normandie orientale (Val-de-la-Haye, Fécamp, Heurteville, Bonport). En Île-de-France, dans le Val-d'Oise, elle est appliquée à la même époque toujours, selon nous, en raison de sa faible consommation en bois d'œuvre, de sa légèreté et surtout pour son mode de répartition des charges parfaitement adapté à l'architecture gothique qui, dès le XII^e siècle, a certainement encouragé les maîtres charpentiers à trouver très tôt une solution adaptée à ces nouvelles contraintes pour nombre d'églises. Dans le Val-d'Oise, limitrophe de la Normandie, les fermes et pannes se répandent très vite et s'appliquent de façon systématique dans l'architecture religieuse, civile et vernaculaire. Des voûtes en bois sont même adaptées aux fermes et pannes aux XIV^e et XV^e siècles dans les églises de Frouville et d'Arronville. Les seules charpentes à chevrons-

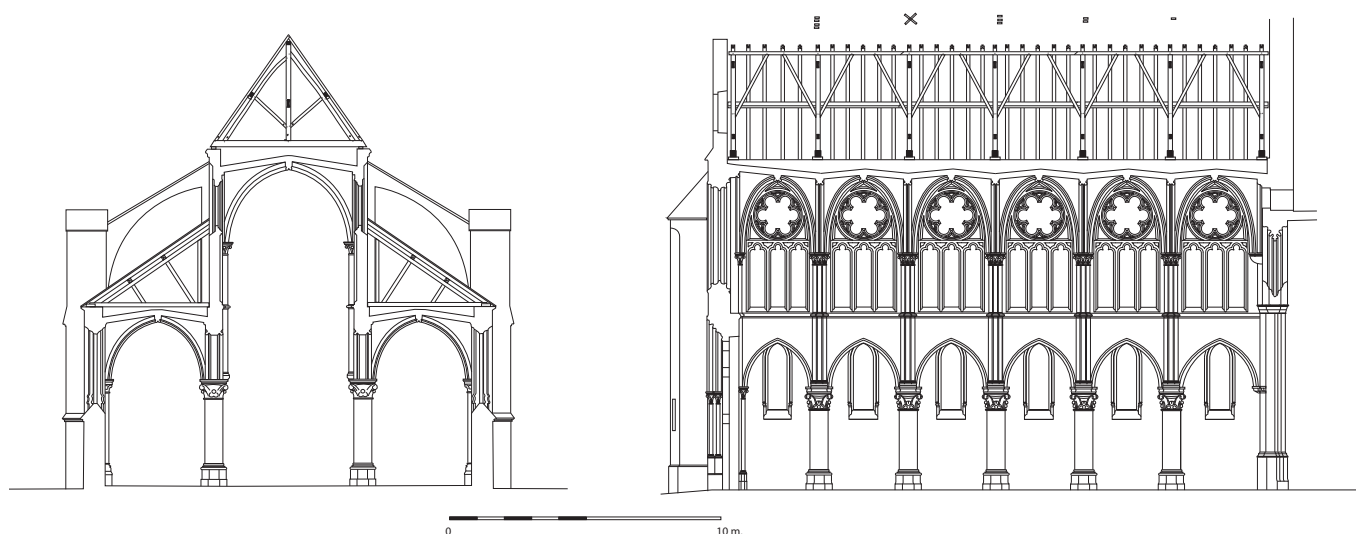


Fig. 188 : Église de Champagne-sur-Oise (Val-d'Oise), coupes transversale et longitudinale de la nef, 1233/1234d.

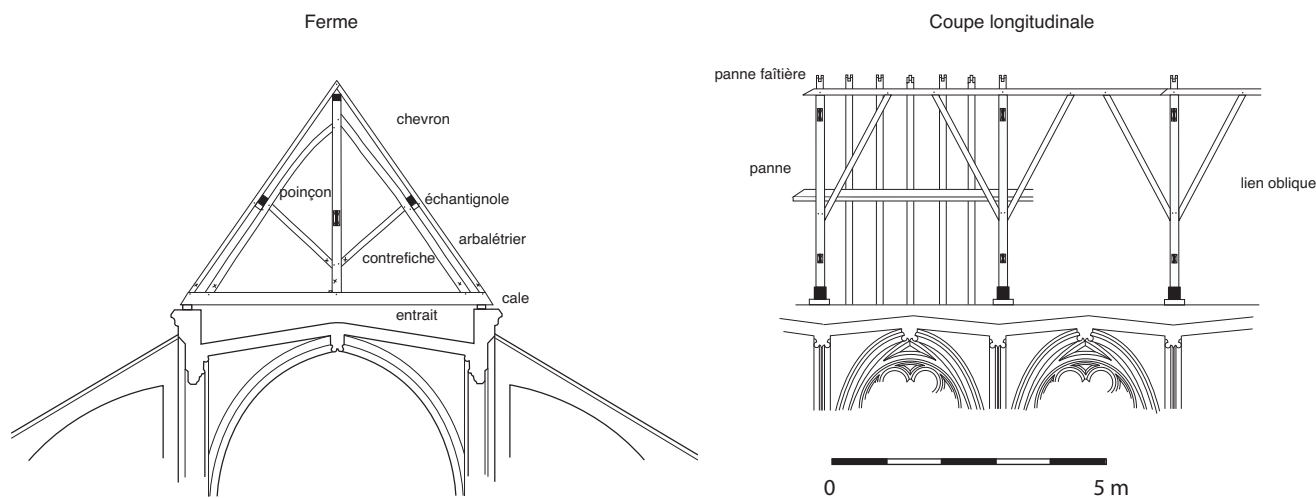


Fig. 188 bis : Église de Champagne-sur-Oise (Val-d'Oise), coupes transversale et longitudinale de la nef, 1233/1234d.

formant-fermes qui perdurent au-delà du XIII^e siècle sont utilisées pour des voûtes lambrissées.

En Normandie, le principe du chevron-formant-ferme continue d'être utilisé durant tout le XIII^e siècle. Il perdure au cours des siècles suivants sur les églises et quelques bâtiments officiels dans des combles fermés ou sur des voûtes maçonnées comme sur la chapelle de la Vierge de la cathédrale de Rouen en 1315d²²⁸, l'église Saint-Maclou vers 1525, l'église abbatiale Saint-Ouen de Rouen du XIV^e au XVI^e siècle ou l'église Saint-

Jacques de Lisieux vers 1500. Mais c'est essentiellement pour la réalisation de voûtes lambrissées que les chevrons-formant-fermes continuent d'être utilisés et c'est probablement grâce à cette forte tradition de la voûte en bois en Normandie que cette technique a pu se maintenir dans la charpenterie jusqu'au XVIII^e siècle.

Si les fermes et pannes assurent une plus grande rapidité de mise en œuvre que des chevrons-formant-fermes, avec une économie en taille d'assemblages et en consommation de bois, il est étonnant de constater cette permanence des chevrons-formant-fermes notamment dans les édifices religieux et seigneuriaux en Normandie. L'ancienneté, la complexité technique et les moyens

228. ORCEL et DORMOY 1993.



Fig. 189 : Église de Marly-la-Ville (Val-d'Oise), charpente de la nef, 1254-1260d.

importants réclamés par la mise en oeuvre – aussi bien en bois qu'en temps – de ce type de structure ont amené les maîtres d'ouvrage à accorder une plus haute estime, empreinte d'un certain respect, aux chevrons-formant-fermes qu'aux fermes et pannes, davantage utilitaires et moins portées à l'esthétisme des voûtements des monuments. Seuls les puissants pouvaient se permettre ces constructions, et il n'est pas étonnant de voir ces charpentes perdurer en Normandie dans les églises et les salles d'apparat seigneuriales, même cachées par des voûtes.

La notion de contreventement

Pour de nombreuses charpentes à chevrons-formant-fermes du XIII^e siècle, les liens obliques, placés longitudinalement sous les liernes latérales, qui servent à reprendre les charges des fermes secondaires, comme dans les cathédrales de Rouen, d'Auxerre, de Paris ou de Meaux, sont souvent qualifiés de liens de contreventement. Or ces

liens obliques ont été conçus pour reporter les charges des fermes secondaires sur les fermes principales et alléger ainsi les travées et non pour contreventer les fermes. Ce n'est que dans la seconde moitié du XIII^e siècle en Normandie que l'on voit apparaître clairement les premiers véritables dispositifs de contreventement dans les chevrons-formant-fermes – au manoir de Boos, au logis de Saint-Amand de Rouen (1248-1270d) ou à la chapelle des Chambellans à Saint-Martin-de-Boscherville (vers 1295) (fig. 181) – avec des liernes placées au-dessus des entrails retroussés avec des liens assemblés en tête aux poinçons et en pied dans ces liernes.

Certes, les liernes de répartition des charges participent au contreventement des fermes principales mais cette notion n'était pas encore perçue comme une priorité dans le sens où nombre de grandes charpentes comme celles des cathédrales de Lisieux et de Bayeux jusque vers le milieu du XIII^e siècle sont encore dépourvues de tout dispositif de contreventement.

Les charpentes à pannes des granges du Val-de-la-Haye (1216-1220d), de Crouttes (vers 1222d), de Saint-Pierre-sur-Dives, de

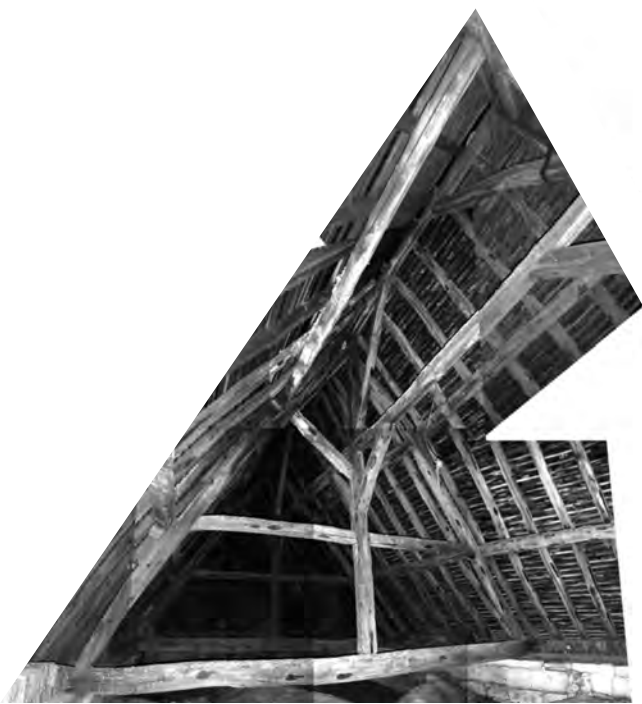


Fig. 190 : Église de Fontenay-en-Parisis (Val d'Oise), charpente du chœur, milieu du XIII^e siècle.

Heurteauville (1237-1243d) et de l'abbatiale de Fécamp (1217-1223d) participent du même esprit (fig. 176). Les pannes comme les liernes axiales de ces charpentes sont uniquement destinées au report des charges du chevronnage sur les fermes principales. Les liens obliques placés sous ces liernes servent à les soulager et à transmettre ces charges sur les poteaux ou les poinçons exactement comme les longrines de Heurteauville placées sous les pannes pour mieux répartir les charges sur les arbalétriers. Les contrefiches en trident de la grange de Maubuisson dans le Val-d'Oise et de la cathédrale d'Amiens contribuent à les soulager et n'ont pas été conçues pour contreventer les fermes.

En Normandie, quelques rares charpentes à fermes et pannes font clairement état de ces préoccupations comme celles de l'abbaye de Bonport sur la grange en 1228d et sur le réfectoire en 1241d avec des sous-faîtières indépendantes contrebutées par des liens obliques dont la seule fonction est d'empêcher le déversement des fermes. En Île-de-France, ces sous-faîtières contreventées s'observent dans les charpentes à fermes et pannes des églises de Marly-la-Ville, sur le chœur daté de 1262-1265d, de Montreuil-sur-Epte et de Fontenay-en-Parisis dans le Val-d'Oise²²⁹ (fig. 190), avec aussi leurs

pannes-faîtières raidies par de longs liens obliques de soutènement, destinés eux davantage au report des charges.

Cette maîtrise si précoce du contreventement dans les fermes et pannes n'est pas étonnante et semble liée aux contraintes de levage. Dans les chevrons-formant-fermes, ce sont les voliges fixées aux chevrons qui assurent le contreventement des fermes et celles-ci sont levées successivement les unes après les autres. Dans les fermes et pannes, les fermes sont nécessairement contreventées avant la pose des chevrons, qui n'intervient qu'après le levage des pannes, lesquelles ne sont d'ailleurs jamais fixées aux arbalétriers. Comme les fermes doivent être dressées mutuellement pour le levage des pannes, l'intervention d'une sous-faîtière et d'une panne-faîtière tenonnée en tête des poinçons devient dès lors indispensable. Le contreventement par le voligeage des chevrons apparaît ici secondaire et facultatif.

Pour les chevrons-formant-fermes, les dispositifs longitudinaux de report des charges, qui empêchaient indirectement le déversement des fermes, ont également contribué à ralentir la pénétration du contreventement dans ces charpentes : ses modalités de levage, avec un montage ferme après ferme, nécessitaient un contreventement par voligeage et cela était suffisamment efficace même pour de très grandes charpentes comme celles des cathédrales de Lisieux vers 1200, de Bayeux jusque vers 1250d et de Sens vers 1292-1293d.

Le cas de Boscherville et les charpentes à portique

La nef et le transept de l'abbatiale romane Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville en Seine-Maritime étaient originellement couverts d'une charpente à plafond apparent (1120-1130d). Lors du rajout des voûtes gothiques au XIII^e siècle, cette charpente a été démontée mais ses entrails ont été laissés en place pour les besoins du chantier et pour servir de support à la nouvelle charpente. Celle-ci a été conservée dans les deux bras du transept et datée par dendrochronologie de 1224-1229d, datant ainsi indirectement la pose des voûtes. Cette charpente (fig. 183e) est constituée d'un chevronnage soutenu par un portique posé sur les entrails, perpendiculaire à eux et qui comprend deux pans-de-bois reliés entre eux par des traverses hautes. Ces pans sont constitués d'une sablière haute et basse, de quatre poteaux verticaux contreventés par deux liens obliques. Les chevrons s'appuient sur les sablières hautes et sont soutenus en pieds par une rangée de jambes de force assemblées à une sablière filante sur les entrails. Un autre cours de sablières reprend plus bas le pied des chevrons qui sont indépendants des entrails.

Dépourvus de ferme, le portique et le chevronnage qu'il soutient sont donc venus se rajouter aux entrails romans

229. ÉPAUD 2004 et 2005.

préexistants. Ils ne témoignent pas d'une conception d'ensemble originelle. Le portique constituait alors, au moment du remaniement, une solution adéquate pour porter un nouveau chevronnage sur une série d'entrants assimilés alors à un niveau de plancher. Ce cas de figure où les entrants romans, faiblement espacés, sont gardés comme plate-forme de support pour une charpente plus récente se voit également à l'église de la Basse-Cœuvre de Beauvais avec des entrants du X^e siècle supportant une charpente du XIX^e siècle.

Seul exemple connu en Normandie, ce portique n'est donc pas comparable aux nombreuses charpentes à portiques présentes dans les régions de l'est de la France et qui correspondent à un type régional géographiquement bien délimité, qui s'est maintenu du XIII^e siècle jusqu'à l'époque moderne notamment dans le Haut et le Bas-Rhin comme celle de l'église Saint-Nicolas de Haguenau dans le Bas-Rhin, datée du XIII^e siècle²³⁰ (fig. 183f). Ces charpentes à portiques d'Alsace et de Lorraine du XIII^e au XVI^e siècle²³¹ s'expliquent structurellement par la présence d'entrants rapprochés à la base de chaque ferme et qui servent de plate-forme aux portiques longitudinaux. Ce déterminisme par la base, issu à l'est d'une tradition régionale, aboutit à Boscherville au même type de structure sans qu'il y ait pour autant de lien de parenté à établir entre elles. Le portique est en fait une solution technique adaptée à un mode de support, qu'il soit accidentel ou traditionnel.

Un parallèle entre cette conception et celle des bâtiments à poteaux plantés des XI^e-XII^e siècles révélés par l'archéologie peut être établi. Les édifices à nef unique, parfois pourvus de bas-côtés, identifiés par Jacques Le Maho à Notre-Dame-de-Gravenchon, Mirville et Saint-Martin-de-Boscherville en Seine-Maritime aux XI^e-XII^e siècles²³², présentent une ossature de couples de poteaux plantés, à intervalles réguliers, selon des alignements qui confirment la présence de sablières hautes sur lesquelles pouvait s'établir le chevronnage. La correspondance en vis-à-vis des poteaux comme dans les charpentes à portiques (Boscherville, Haguenau) ou dans les structures à poteaux latéraux (cathédrales de Rouen, Meaux, Paris, Mantes, Auxerre...) suppose la présence de fermes ou de couples de chevrons sur des portiques. Il est probable en effet que ces bâtiments à poteaux plantés présentent de fortes analogies avec les charpentes de combles des XII^e-XIII^e siècles utilisant des liernes longitudinales soit par des portiques à sablières basses, soit par des poteaux latéraux répartis suivant une trame régulière. Le parallèle peut également être fait

entre la structure de ces bâtiments à poteaux plantés et les granges céréalières de la même période dont le chevronnage repose aussi sur une trame similaire de poteaux de forte section.

Les toitures en appentis

L'emploi de la panne apparaît indispensable de nos jours dans les petites toitures en appentis ou de bas-côtés pour soulager le chevronnage. L'apparition tardive de cette technique et la rareté des vestiges de toitures de bas-côtés d'église laissent penser à une utilisation moins évidente aux XII^e-XIII^e siècles. En effet, les charpentes, placées en contrebas des grandes toitures, recueillent davantage d'eaux de pluie qui accélèrent leur dégradation et limitent ainsi leur durée de vie.

Les charpentes des bas-côtés des granges étudiées précédemment ainsi que celle du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux, particulièrement bien conservées, permettent néanmoins de connaître l'usage qui est fait des pannes dans ce type de toiture.

La charpente du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 26 à 34), datée de 1224-1225d, qui contourne le chevet sur l'abside et ses travées droites, présente un long chevronnage soulagé en deux points par un portique de deux pans-de-bois longitudinaux, reliés en tête par des fermettes, tous les 1,40 m à 1,90 m, constituées d'un entrant, d'un poinçon et de deux longues décharges obliques qui maintiennent ce poinçon. Les chevrons reposent sur le cours de pannes assemblées en tête des poinçons et sur le cours de sablières hautes du pan-de-bois externe. Les chevrons s'y assemblent grâce à un petit sabot rainuré en sous-face où coulisse une languette taillée dans la panne et la sablière. Les chevrons, espacés de 31 à 47 cm, reposent leur tête sur une panne placée au sommet de la toiture, sur un ressaut du mur, et leur pied sur un cours de sablières par une jambe de force et un blochet, aujourd'hui disparus.

Le principe des fermes et pannes est donc respecté même si la structure est ici plus complexe que dans une charpente à deux versants. Les chevrons sont bien indépendants des organes porteurs et ne sont pas assemblés à des raidisseurs en tant que demi-fermes. Ils reposent simplement sur les pannes et les sablières hautes du portique. Cette distinction avec le principe des chevrons-formant-fermes se manifeste aussi dans le mode de levage de la charpente puisque dans les structures à fermes et pannes, les chevrons sont posés après la mise en place des fermes alors que pour les chevrons-formant-fermes, les chevrons sont assemblés au fur et à mesure de la pose des fermes.

La forme de ce portique trouve peut-être une justification particulière du fait de son utilisation comme espace de circulation. En effet, les reins des voûtains du déambulatoire ont été comblés dès l'origine pour établir un niveau de sol et permettre ainsi la

230. CRMH 1982b, pl. D 4048.

231. Strasbourg, église Saint-Pierre-le-Jeune, maison de l'œuvre Notre-Dame; Kaysersberg, maison n° 7 rue de l'Ancien-Hôpital; Wissembourg, église Saint-Jean; Walbourg, église Sainte-Walburge (HOFFSUMMER 2002, p. 195-197).

232. LE MAHO 1997, vol. 1, p. 243-268.

déambulation dans le comble. La charpente, grâce à ses deux pans-de-bois longitudinaux espacés de 4,40 m et une hauteur sous entrain de 2,60 m environ, autorise une libre circulation dans cette charpente. La présence d'un sol et d'une salle de travail a été reconnue aussi dans les combles de la salle du Trésor et de la chapelle Saint-Pierre qui communiquent avec le déambulateur et dont la charpente permettait également une circulation sous la toiture. Le sol du comble de la salle du Trésor conserve en effet un sol d'origine recouvert de tracés d'épures qui attestent l'existence d'une salle de trait au XIII^e siècle, tandis que le comble de la chapelle de la Conception, attenant aussi au déambulateur, a ses murs recouverts de peintures historiées médiévales avec des traces d'étagères ainsi qu'un sol de mortier. Les combles du déambulateur et de ses chapelles servaient à abriter des ateliers de travail liés vraisemblablement au chantier de construction et à l'entretien de la cathédrale au XIII^e siècle.

La forme de ces charpentes a donc été dictée par la nécessité de libérer un espace de circulation au sein du comble. Le volume obtenu dans la toiture du déambulateur autorise la mise en place d'ateliers mais peut servir également de lieu d'entrepôt et de stockage de matériaux divers. Les travaux de restaurations réalisés sur cette charpente en 2000-2002 par les Monuments historiques ont d'ailleurs exploité cet espace pour y loger l'atelier de charpenterie destiné à la restauration des bois et la taille de nouvelles pièces. Les ouvriers y ont entreposé les bois anciens et pouvaient circuler librement de la charpente à leur atelier sans encombre, au sec et en limitant ainsi le transport des matériaux. Cet aspect des choses n'était certainement pas dénué de sens au XIII^e siècle pour un chantier aussi grand que celui d'une cathédrale, faisant intervenir de nombreux corps de métiers pendant des dizaines d'années à différents niveaux de l'édifice. La forme de ce portique peut logiquement résulter de ce choix.

La reprise du chevronnage par un cours de pannes assemblées en tête d'un poinçon-poteau d'une ferme s'observe presque à l'identique dans les bas-côtés de **la grange de Warnavilliers en Picardie** datée de 1189-1190d (fig. 160). Son chevronnage est en effet repris par des demi-fermes composées chacune d'un demi-entrain, posé à une extrémité sur les sablières du mur gouttereau et encastré à l'autre dans les piliers de maçonneries, d'un poteau étayé des deux côtés par deux liens obliques, une contrefiche et un tirant, avec en tête du poteau les pannes qui viennent s'y asseoir. Ce système est similaire en tout point à celui de Bayeux à l'exception du portique qui est ici remplacé par les maçonneries.

Tout autre est la configuration des charpentes de bas-côtés des **granges du Val-de-la-Haye** (1216-1220d), de **Saint-Pierre-sur-Dives** (1220-1230) et de **Heurteville** (1237-43d) qui utilisent le sous-chevron ou l'arbalétrier pour le support des cours de pannes selon les dispositions de la charpente du vaisseau principal (fig. 176). Au Val-de-la-Haye, le chevronnage est porté par un

cours de pannes, posées face aplomb par l'intermédiaire d'une entretoise soit sur un arbalétrier, soit sur un sous-chevron assemblé en tête dans une contrefiche.

Dans la première moitié du XIII^e siècle, le sous-chevron est abandonné au profit de l'arbalétrier raidi au droit de la panne par une contrefiche comme à Saint-Pierre-sur-Dives et à Heurteville. La panne se place désormais à dévers et non plus face aplomb. Le demi-entrain assure dans tous les cas le maintien de l'écartement entre les deux supports, qu'ils soient maçonnés ou en bois. Quelques nuances s'observent dans le mode de soutien des pannes qui sont soit soutenues par le prolongement de la contrefiche au-delà de l'arbalétrier jusqu'au chevron, soit par l'assemblage d'échantignoles sur l'arbalétrier, solution qui sera adoptée dans la plupart des charpentes postérieures. De même, le principe de l'arbalétrier supportant les pannes et raidi par une contrefiche sera par la suite toujours appliqué dans les charpentes de bas-côtés des granges.

Enfin, notons la structure en appentis qui ferme à l'ouest le comble de l'actuelle salle du Trésor de la cathédrale de Bayeux, ancienne salle au Trait située au nord du chœur (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 46). Mis en place vers 1250d, à l'issue d'une modification de cette charpente 25 ans environ après sa construction, cet appentis se présente avec un simple chevronnage soulagé en milieu de portée par un cours de pannes de forte section. Ce cours de pannes, aboutées par une enture, est porté en trois points : au milieu de sa longueur par les maçonneries du mur de clôture du déambulateur et par l'intermédiaire d'une longrine sculptée aux abouts, à l'extrémité sud par son encastrement dans le mur du chœur et au nord par un poteau grossièrement équarri appuyé sur le sol de la salle au Trait. Les chevrons reposent simplement sur l'arête supérieure de la panne, entaillée légèrement sous chaque chevron. Leurs pieds ont malheureusement été refaits.

Les croupes

Les seules croupes connues au XIII^e siècle en Normandie sont celles des charpentes du chœur de la cathédrale de Bayeux, de la chapelle axiale de cette cathédrale et des deux chapelles du déambulateur de la cathédrale de Lisieux. Il s'agit dans tous ces exemples de croupes de charpentes à chevrons-formant-fermes de la première moitié du XIII^e siècle.

La **croupe semi-circulaire du chœur de la cathédrale de Bayeux**, datée de 1227/1228d environ, a été modifiée suite aux récents travaux de restauration de 1996²³³ (Bayeux, cathédrale

233. Travaux dirigés par M. Decaris, architecte en chef des Monuments historiques.

Notre-Dame, fig. 52-53). D'après sa restitution, elle était composée d'une ferme principale ou «de croupe» et de 22 demi-fermes indépendantes raidies chacune par un seul demi-entrait retroussé et une très longue jambe de force. Quatre demi-fermes présentent un demi-entrait à leur base, assemblé à l'entrait de la ferme de croupe en quatre points régulièrement répartis. La restauration et l'absence de photos ou de relevés précis avant 1996 ne permettent pas de savoir si des empanons (simples chevrons) s'appuyaient sur les chevrons des demi-fermes ou de la ferme de croupe. La structure de ces demi-fermes ne reprend pas le tracé des fermes des travées droites, seul le niveau de l'entrait retroussé est respecté.

Le principe de cette structure reprend donc celui des charpentes à chevrons-formant-fermes avec un chevronnage assemblé à des raidisseurs et participant à la répartition des charges de la couverture. Les demi-entrants contribuent à maintenir l'écartement de la base de la croupe. Le pied des demi-fermes est constitué d'un blochet assemblé à une entretoise courbe, comme pour les fermes des travées droites pour mieux lutter contre leur poussée. Les pièces de contrebutement longitudinal présentes dans la travée précédente ont été rajoutées à une date indéterminée²³⁴ et il semble qu'aucun dispositif de contreventement de la croupe n'ait été conçu à l'origine. Il n'était visiblement pas nécessaire de faire pénétrer une poutre oblique dans la croupe pour la contrebuter, son poids et sa pente de 66,6° (contre 58,9° pour les fermes du vaisseau) garantissant la stabilité des demi-fermes.

Les chevrons réemployés de la **croupe des deux chapelles rayonnantes du déambulatoire de la cathédrale de Lisieux**, datés entre 1196 et 1206d, appartenaient à l'origine à deux structures identiques de croupe semi-circulaire (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 36-37). Ces croupes étaient composées de demi-fermes constituées chacune d'un chevron raidi par un demi-entrait retroussé et une jambe de force. Certaines devaient posséder un demi-entrait à leur base mais aucune trace d'assemblage ne permet de l'affirmer. Ces demi-entrants retroussés s'assemblaient au faux-entrait de la ferme de croupe, aujourd'hui disparue, comme dans la croupe suivante.

La **petite croupe polygonale de la chapelle axiale de la cathédrale de Bayeux**, datée de 1224-1225d, comprend 9 demi-fermes et deux empanons (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 41-45). Ces demi-fermes reproduisent structurellement la moitié d'une ferme de la charpente avec un chevron raidi par un demi-entrait retroussé, assemblé à la ferme de croupe, et une jambe de force selon un dispositif similaire à celui des fermes secondaires de la charpente. Les deux demi-fermes d'arêtières comportent à leur base un demi-entrait assemblé à l'entrait de la ferme de croupe qui permet

d'empêcher l'écartement de la base de la croupe. Comme précédemment, il n'y a pas de pièce destinée à contrebuter la croupe dont la pente de 67,3° (contre 55,6° pour les fermes), le poids de la charpente, celui de la couverture en dalles de schiste et le voligeage devaient suffire à la maintenir en position stable.

Le nombre de croupes conservées est donc très limité. Leur rareté témoigne de la prédominance des toitures à pignons droits dans l'architecture normande aux XII^e-XIII^e siècles. Elles se rencontrent uniquement sur les absides semi-circulaires ou polygonales des églises et peut-être aussi dans l'architecture vernaculaire en bois mais aucun témoin de cette époque ne nous est parvenu. Il faut attendre la fin du Moyen Âge pour que les maisons, les manoirs ainsi que les granges adoptent les toitures à pans coupés ou à croupe, comme sur les manoirs du pays d'Auge vers la fin du XVI^e siècle²³⁵.

Toutes ces croupes, grandes ou petites, obéissent au principe du chevron-formant-ferme avec des demi-fermes rayonnantes faites de chevrons raidis par des demi-entrants retroussés. La présence de demi-entrants à la base de quelques-unes d'entre elles assure la stabilité de la croupe en luttant contre la poussée des demi-fermes. De même, ils répondent à la structure tramée de la charpente du vaisseau comme le font les entrants de toutes les demi-fermes de la croupe romane de Neuf-Marché en accord avec la structure non tramée de sa charpente. La croupe reproduit le principe structurel appliqué aux travées droites de la charpente. La structure des demi-fermes est également assez souvent calquée sur celle des fermes des travées droites avec une plus forte pente : on peut le constater dans les charpentes du chœur de l'église de Vétheuil (Val-d'Oise) en 1210-1212d²³⁶, des cathédrales de Paris vers 1220²³⁷, de Meaux datée de 1224²³⁸, de Sens au XIII^e siècle, des églises de Moret-sur-Loing (Seine-et-Marne) vers 1215d²³⁹ ou de Gonesse (Val-d'Oise) au début du XIII^e siècle²⁴⁰.

Cette forte pente permet en effet de réduire les poussées de la croupe sur les fermes des travées précédentes (62° à la cathédrale de Sens, 67° à Bayeux), d'autant plus que ces dernières ne sont généralement pas contreventées dans la première moitié du XIII^e siècle et qu'aucun dispositif de contrebutement n'existe dans ces charpentes, mêmes pour les plus grandes (cathédrales de Lisieux, Bayeux...). Le premier **dispositif de contrebutement** apparaît sur la croupe du chevet de la cathédrale de Paris vers 1220 sous la forme d'une longrine longitudinale axiale, se prolongeant

234. Ces bois, ainsi que de nombreux autres, ont été jetés au cours de cette restauration, sans analyse archéologique préalable.

235. LESCROART 1995b, p. 69.

236. ÉPAUD 2007.

237. CHEVRIER 1995.

238. ASSELINEAU 1995, p. 93.

239. CRMH 1982b, D 1837-1848.

240. BONTEMPS 1984.

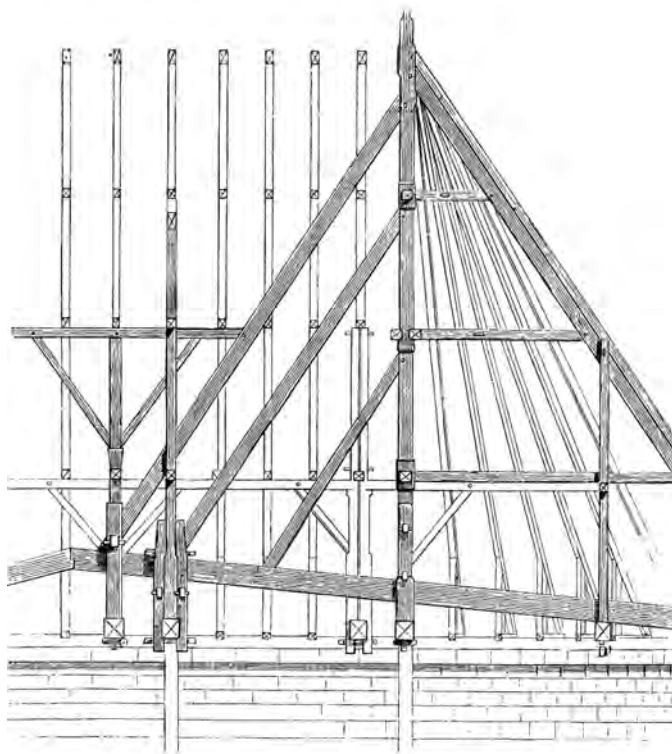


Fig. 191 : Cathédrale Notre-Dame de Paris, vers 1220,
contrebutement de la croupe
(VIOUET-LE-DUC 1998, p. 264).

dans la travée précédente, sur laquelle viennent s'appuyer plusieurs contrefiches obliques soutenant le poinçon de la ferme de croupe²⁴¹ (fig. 191). Il se justifie peut-être ici en raison de la pente à 57° de la croupe relativement faible par rapport à celles sus-citées. Un dispositif identique de contrebutement existe dans les charpentes du chœur de la cathédrale de Beauvais en 1258d²⁴² et de l'église de Bessancourt du milieu du XIII^e siècle²⁴³. Mais ces exemples restent isolés et les liernes longitudinales qui vont se développer dans le courant du XIII^e siècle suffiront dans bien des cas à assurer indirectement le contrebutement des croupes même si elles apparaissent le plus souvent inefficaces comme sur le chœur de la cathédrale de Meaux du début du XIII^e siècle où les dispositifs longitudinaux de report des charges en partie basse des fermes n'ont pas empêché le déversement de

toutes les fermes du chœur suite à la poussée de la croupe, affaissée sur elles.

Dans les croupes étudiées en Normandie, la taille des éléments des demi-fermes comme la longueur des chevrons, des empanons ou des demi-entraits retroussés étaient très vraisemblablement déterminées à la perche et non par une épure. En effet, aucune demi-ferme n'est identique à une autre et les bois s'adaptent les uns aux autres selon des inclinaisons toutes différentes. Seule la pente du chevron et l'angle de celui-ci avec son entrait retroussé pouvaient être définis au sol sur l'aire d'épures mais les mesures de longueur de ces pièces et de l'inclinaison des assemblages étaient prises sur place à la perche au cas par cas, sur les fermes déjà levées, et reportées au sol sur les bois à tailler.

Pour les grandes charpentes à chevrons-formant-fermes qui possèdent un dispositif de report de charges avec des cours de liernes latérales soutenant les fermes secondaires (cathédrales de Rouen, de Meaux et de Paris), on constate comme sur le chœur de la cathédrale de Meaux datée de 1224d²⁴⁴ que ce dispositif se prolonge dans la croupe et tourne avec elle pour soutenir les demi-fermes rayonnantes qui reproduisent exactement le schéma structural des fermes des travées droites. Chaque chevron est raidi par trois demi-entraits retroussés, assemblés à ceux de la ferme de croupe, et dont le plus bas est soulagé par un cours de liernes courbes, elles-mêmes soutenues par des poteaux assis sur des demi-entraits. Ce principe devait être identique à celui, disparu, de la cathédrale de Rouen dont la charpente présente de nombreuses affinités avec celle de Meaux. Il était consacré uniquement au soulagement des fermes secondaires et ne participait pas au contrebutement de la croupe, comme le prouve le dévers de la croupe à Meaux.

Les petites croupes peuvent parfois être dépourvues d'enrayure avec des demi-fermes réduites à de simples chevrons raidis en pied par une jambe de force comme dans la région Centre où les croupes rondes des petites charpentes de Cour-Cheverny (1159d) et de Monthou-sur-Cher (1172d) dans le Cher ne présentent pas encore d'enrayure ni d'empanons²⁴⁵. Ils apparaissent dans le Centre sur l'église Saint-Symphorien de Tours en Indre-et-Loire vers 1180d. L'une de leurs particularités régionales est de présenter des renflements en tête du poinçon afin de recevoir tous les chevrons-formant-fermes de l'abside. Ces bossages s'observent aussi sur l'abside d'une chapelle de l'église Saint-Pierre à Chartres (1189d) et à Mennetou-sur-Cher dans le Loir-et-Cher (1216d)²⁴⁶. En Normandie, de tels bossages sont inconnus et l'emploi des enrayures est attesté dès 1224/1225d à Bayeux, sur la chapelle axiale de la cathédrale.

241. VIOUET-LE-DUC 1854-1868, p. 264.

242. HOFFSUMMER 2002, p. 111.

243. ÉPAUD 2004, p. 58.

244. ASSELINEAU 1995, p. 93.

245. CRMH 2002, p. 192.

246. *Ibid.*, p. 128 et 85.

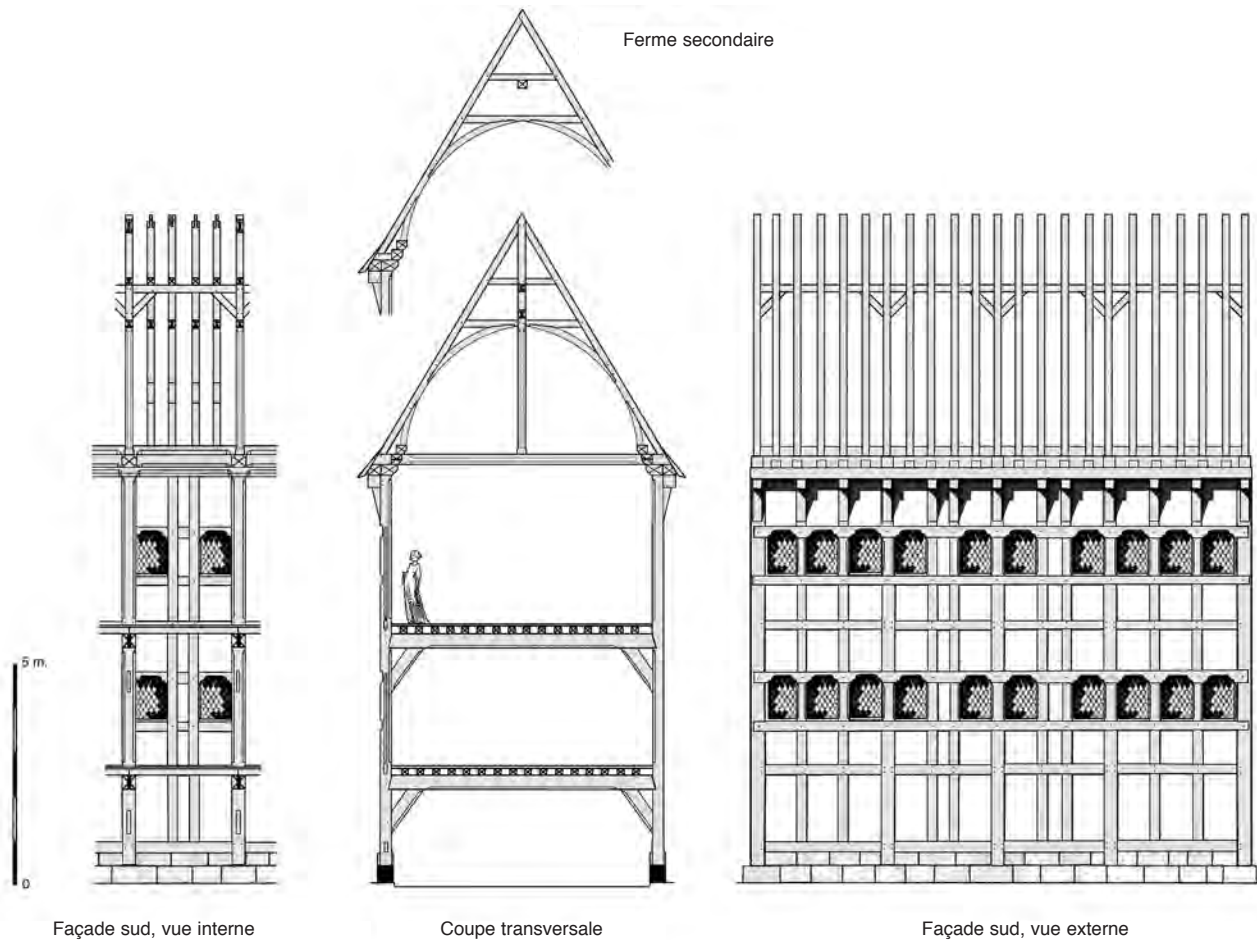


Fig. 192 : Logis abbatial Saint-Amand de Rouen, 1248-1270d.

Le pan-de-bois

Datée par dendrochronologie entre 1248 et 1270d, la façade sud de la **maison sise au n° 6 impasse Saint-Amand à Rouen**, ancien logis de l'abbaye de Saint-Amand, est le plus ancien pan-de-bois en élévation recensé pour la période médiévale en France²⁴⁷. Ce pan-de-bois de 11 m de long sur 9 m de haut correspond à la façade longitudinale sud d'un édifice subdivisé en trois niveaux : un rez-de-chaussée et deux étages dont le dernier est couvert d'une charpente voûtée lambrissée d'origine (fig. 192). Les deux murs pignons droits sont maçonnés tandis que le pan-de-bois

nord reste à ce jour dissimulé par des adjonctions d'époque moderne.

Ce pan-de-bois appartient à cette famille de structures « à bois longs » caractérisées par des poteaux montant de fond sur toute la hauteur de la façade. En effet, trois poteaux d'ossature de fort équarrissage se dressent d'un seul tenant, sans ressaut, de leur assise en pied dans un solin de maçonnerie à leur assemblage de tête dans la sablière de toit. Cette dernière, doublée en largeur pour supporter les blochets des fermes de la toiture, est portée en surplomb de la façade par des pigeards ou pigeâtres, sorte de consoles assemblées en tête des poteaux.

La présence de longs poteaux érigés dans un même plan vertical explique donc l'absence de sablière de plancher. Seuls des cours d'entretoises, assemblés sur les flancs des poteaux, assurent le maintien de leur écartement et définissent ainsi la composition horizontale en panneaux de la façade. Le colombage de chacun de ces panneaux se limite à deux colombes verticales

247. Un pan-de-bois à deux niveaux et à encorbellement d'une maison de Cahors dans le Lot pourrait appartenir au XIII^e siècle mais faute de datation dendrochronologique, nous préférons rester prudent (SCÉLLES 1998, p. 156-159).

symétriquement espacées pour l'ouverture de baies. Le linteau et l'appui de ces dernières sont constitués chacun par une longue pièce horizontale assemblée par mi-bois en applique sur les colombes et les poteaux d'ossature. Enfin, les sommiers sont fixés aux longs poteaux par tenon-mortaise et embrèvement, soutenu par un aisselier, et supportent un solivage parallèle à la façade.

Dans la composition de cette façade, on est frappé par l'orthogonalité des lignes directrices, limitées aux verticales et aux horizontales, et par la symétrie de l'ensemble qui traduit un tracé d'épure par carroyage en forme de damier (fig. 59). Aucune pièce oblique, écharpe, contrefiche ou croix de Saint-André ne vient agrémenter les panneaux de colombage, donnant à cette façade une rigueur esthétique justifiée peut-être par le statut de ce logis destiné à l'abbesse de Saint-Amand. L'absence d'encorbellement et de sculpture est surprenante au regard des pans-de-bois normands des XV^e-XVI^e siècles dont les encorbellements systématiques ont permis le développement d'une sculpture florissante sur les façades des maisons. On ignore toutefois si ce pan-de-bois était apparent ou bien protégé par un enduit ou recouvert de bardeaux.

Les constructions «à bois longs» ont souvent été considérées comme des structures primitives qui auraient été remplacées à partir du XIII^e siècle par des façades «à bois courts», limités à la hauteur d'un niveau, avec des étages en surplomb donnant naissance ainsi à l'encorbellement²⁴⁸. Aux XV^e-XVI^e siècles, les façades en surplomb faites de bois courts, limités à la hauteur de l'étage, sont en effet très répandus en milieu urbain et rural en Normandie et semblent liés à la protection des étages du ruissellement pluvial. C'est à partir de 1520 que l'encorbellement va commencer à disparaître suite à l'interdiction promulguée par une ordonnance du bailli de Rouen (comme à Orléans en 1498 par un édit royal), pour des raisons sanitaires et de salubrité publique. Dès lors, les pans-de-bois laissent place à des «façades-panneaux» sans surplomb des étages mais utilisant toujours des bois courts. Ce modèle évolutif très schématique mérite quelques nuances quant à l'emploi des bois longs. En effet, si les façades sur rue des maisons des XV^e-XVI^e siècles utilisent davantage les bois courts pour les encorbellements, les longs poteaux se rencontrent très fréquemment dans les pans latéraux et arrières de ces mêmes maisons, dissimulés parfois par une galerie de circulation²⁴⁹. L'emploi des bois courts s'est donc essentiellement concentré sur les façades à encorbellement mais très fréquemment en association avec des bois longs sur les autres pans de l'édifice. L'architecture seigneuriale en pan-de-bois du pays d'Auge dans le Calvados a continué d'utiliser les longs bois en façade jusqu'au XVI^e siècle en simulant parfois l'encorbellement par de simples ressauts pratiqués dans l'épaisseur des poteaux comme dans les manoirs de la Pipardière, de Fribois ou de Grandchamp²⁵⁰.

Dans les villes, la rareté des longs poteaux dans les façades sur rue s'explique essentiellement par la nécessité d'établir des surplombs d'étage en étage pour protéger le bois du ruissellement pluvial et aussi par des contraintes de levage liées à l'exiguïté des rues. Avec la concentration du bâti dans les villes, seuls les cimetières et les quelques rares places publiques offraient suffisamment d'espace pour le tracé des épures et le pré-assemblage des bois des grandes façades. L'usage des bois courts permettait ainsi l'exécution au sol des panneaux étage par étage, sur des places plus réduites, répondant ainsi aux contraintes urbaines d'une pression foncière croissante, sans que ce choix puisse être dicté par une mode ou une hypothétique pénurie en bois longs. Il n'est donc pas exclu que les façades à «bois courts» aient également existé aux XII^e-XIII^e siècles en contexte urbain. De même, il n'est pas interdit de penser, faute de témoin, que l'encorbellement puisse dater de cette période.

La façade Saint-Amand demeure aujourd'hui le seul pan-de-bois daté du XIII^e siècle par dendrochronologie en Normandie. Les autres constructions en pan-de-bois de Rouen datées par dendrochronologie sont plus tardives comme la maison du n° 107 rue Malpalu construite vers 1443d et celle du n° 47 rue Saint-Nicaise édifée entre 1485 et 1509d²⁵¹, qui appartiennent à cette grande famille de maisons à encorbellement à gouttereaux sur rue, postérieures aux maisons à pignons sur rue.

Les beffrois

Le beffroi situé dans la tour nord de la cathédrale de Bayeux, daté par dendrochronologie de 1194²⁵², constitue avec celui du clocher de l'église Saint-Pierre de Chartres²⁵³, daté de 1195d, les deux seuls représentants de ce type de structure pour cette période en France.

Nous renvoyons à la monographie consacrée aux charpentes de la cathédrale de Bayeux pour la description de ce beffroi qui se présente de manière schématique sous la forme de trois pans-de-bois parallèles, de 6,15 m de long sur 4,60 m de haut, et d'un quatrième, perpendiculaire aux précédents, de 5,25 m de long sur 3,80 m de haut, destiné à leur contreventement (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 9 à 21).

Celui de Saint-Pierre de Chartres se présente sous la forme d'une tour légèrement pyramidale, de plan carré et assise sur la plate-forme supérieure des murs du clocher (fig. 193). Constitué de quatre pans-de-bois latéraux et deux autres de refend, il

248. QUENEDEY 1926, p. 152-182.

249. LESCROART 1995, p. 195-199.

250. *Ibid.*, p. 197, 209 et 255.

251. LE DIGOL 2002a et 2002b.

252. DORMOY, ORCEL et VAN DER PLAETSEN 1998.

253. CRMH s.d., Beffrois de charpente, études de structures, vol. 1.



Fig. 193 : Maquette du beffroi de l'église Saint-Pierre de Chartres (Eure-et-Loir), 1195d (MAYER 2002, p. 283).

s'élève à 7 m de hauteur pour une base de 6,66 m de côté. Il est coiffé d'une charpente de comble à quatre versants, haute de 3,75 m.

Le parallèle à établir entre ces deux beffrois contemporains peut se faire au niveau de la composition des pans aussi bien qu'au niveau des assemblages. À Chartres, chaque pan latéral est composé d'une ossature de trois poteaux, deux corniers et un médian, assemblés en pied comme en tête dans une sablière et étrésoillés entre eux par deux cours d'entretoises subdivisant le pan en panneaux symétriques de 2,50 m de côté en moyenne. Les deux premiers niveaux de panneaux sont raidis comme à Bayeux par un réseau d'écharpes entrecroisées, inclinées à 45° et assemblées à l'ossature par des mi-bois avec ergot. Le dernier niveau en haut du beffroi laisse place à une série d'arcatures en plein cintre formées de potelets rapprochés et de linteaux cintrés en deux morceaux. Ce niveau de baies est apparent de l'extérieur, les pans latéraux étant protégés par un couvrement en appentis.

La composition des pans de ces deux beffrois, constitués d'éléments d'ossature orthogonaux et d'un réseau d'écharpes en damier relève de techniques d'épures romanes communes qui consistent en l'entrecroisement régulier des lignes directrices selon un carroyage en forme de grille losangée (fig. 55 et 56).

Les refends du beffroi de Chartres, perpendiculaires entre eux, comportent un dédoublement de leurs écharpes qui sont assemblées sur les deux faces de l'ossature afin de mieux résister au branle des cloches fixées sur ces pans, comme le pan de refend du beffroi de Bayeux. Ce doublement du réseau s'accompagne d'une prolongation de certaines écharpes pour conforter leur raidissement. De même, à Chartres comme à Bayeux, on observe,

dans les refends et les pans latéraux orientés dans le sens du branle des cloches, des écharpes supplémentaires pour mieux résister au balancement.

Ce renforcement des pans-de-bois par des compléments d'écharpes s'explique par la nature des assemblages à mi-bois qui ne permettent pas d'envisager d'autre moyen de consolidation sinon par le rajout au réseau d'éléments en applique. Soulignons l'inclinaison des écharpes comprise entre 42° et 48° avec une moyenne de 45° identique à celle relevée sur le beffroi de Bayeux.

Il faut surtout remarquer qu'à Chartres les pans-de-bois sont solidaires par des poteaux corniers dans lesquels s'assemblent deux, trois voire quatre (poteau central) pans perpendiculaires tandis qu'à Bayeux les pans sont individualisés et liés entre eux uniquement par le prolongement des écharpes, une petite entretoise ou un simple chevillage. Cette différence technique ne semble pas liée pour Bayeux à un défaut de compétence car à Chartres le beffroi est exposé aux vents au-dessus des maçonneries, supportant même une charpente de comble, alors qu'à Bayeux le beffroi est logé à l'intérieur de la tour, protégé des vents et dépourvu de tout couvrement. Sa structure a été conçue uniquement pour répondre aux contraintes du branle des cloches. L'individualisation des pans-de-bois permettait peut-être aussi de limiter la circulation des vibrations du branle aux autres pans du beffroi. À Chartres, la cohésion de ses pans, leur symétrie et l'uniformité de la structure étaient donc nécessaires pour s'exposer aux assauts du vent et porter une couverture. Par ailleurs, le montage des pans-de-bois à l'intérieur de la tour à Bayeux a certainement contraint aussi les charpentiers à individualiser les pans pour les monter séparément.

S'il est avéré qu'à Bayeux, la pratique du trait appliqué à une structure tridimensionnelle n'était pas encore bien maîtrisée, le maître d'œuvre savait toutefois faire coïncider deux plans perpendiculaires pour assembler les écharpes du refend et du pan sud dans le pan latéral est, comme à Chartres où le tracé devait faire correspondre sur un même poteau les assemblages de deux pans perpendiculaires, verticaux et légèrement inclinés. Ce point est en effet à préciser puisque toutes les charpentes romanes ou presque sont conçues selon une configuration bidimensionnelle. Le troisième plan vertical et longitudinal à la charpente n'apparaîtra qu'avec la diffusion des techniques de report des charges liées aux liernes longitudinales dans la première moitié du XIII^e siècle.

Les assemblages

Les assemblages à **mi-bois en demi-queue d'aronde** utilisés de façon presque exclusive au XI^e siècle ne se rencontrent plus qu'en certains points dans la charpente au XII^e siècle laissant apparaître et se répandre d'autres types d'assemblages comme le tenon-mortaise ou le mi-bois avec ergot pour mieux répondre aux efforts

de compression et de traction. Le mi-bois de tête des chevrons se voit remplacé dès le début du XII^e siècle par un **enfourchement**, sorte de mortaise ouverte dans laquelle vient se loger le tenon. De même, le mi-bois en demi-queue d'aronde, inadapté aux efforts de compression, est également remplacé au pied des pièces par le tenon-mortaise dès le début du XII^e siècle comme à Boscherville. Parallèlement, dans la première moitié du XII^e siècle, le mi-bois en demi-queue d'aronde tend à disparaître des abouts des entrails retroussés, même s'il persiste parfois jusqu'au début du XIII^e siècle, pour laisser place au **tenon-mortaise**, beaucoup plus stable. Pour les éléments secondaires de raidissement des chevrons comme les écharpes, les contrefiches et les aisseliers, le mi-bois en demi-queue d'aronde ou avec ergot pour deux bois fortement inclinés va perdurer jusque vers le milieu du XIII^e siècle. Cette répartition au sein des fermes semble liée aux opérations de levage des bois : le tenon-mortaise serait utilisé pour les principaux éléments raidisseurs des chevrons (entrails retroussés, poinçon) levés en priorité, tandis que le mi-bois servirait à mettre en place les éléments secondaires dans un deuxième temps. L'emploi du tenon-mortaise suppose aussi l'assemblage simultané de plusieurs pièces alors que le mi-bois autorise une mise en place successive des bois.

Le mi-bois disparaît des fermes avec l'abandon des écharpes vers le milieu du XIII^e siècle en Normandie. On le voit pour la dernière fois aux abouts des écharpes sur le bras nord de la cathédrale de Bayeux vers 1250d puis dans la charpente de la maîtrise Saint-Évode de l'archevêché de Rouen en 1272d dans les dispositifs de contreventements longitudinaux. Dès lors, tous les assemblages des fermes sont à tenon-mortaise à l'exception parfois, dans les charpentes voûtées, des jambes de force et des aisseliers courbes qui utilisent l'**embrèvement simple** inauguré pour la première fois à Gravigny et à Saint-Sulpice-sur-Risle dans la seconde moitié du XII^e siècle (fig. 194a). L'embrèvement simple s'observe en 1226d avec le tenon-mortaise embrévé dans la charpente voûtée de la maison impasse Prud'homme à Bayeux, à Rouen sur celle du n° 18 rue Saint-Romain vers 1201-1216d, sur le dortoir de l'abbaye de Bonport en 1221d et dans la croupe de la chapelle axiale de la cathédrale de Bayeux en 1224/1225d. L'embrèvement simple facilite l'encastrement des aisseliers et des jambes de force sur des bois déjà en place et permet de les mettre en tension. Le tenon-mortaise embrévé favorise seulement une meilleure butée de l'assemblage grâce au talon d'about.

Dans le premier tiers du XIII^e siècle apparaissent de nouveaux assemblages qui sont propres à chaque charpente et qui appartiennent essentiellement au domaine de l'expérimentation. Ils sont dans l'ensemble parfaitement exécutés, s'adaptent convenablement aux efforts auxquels ils doivent répondre mais pour la plupart ils ne perdureront pas et demeureront au stade expérimental. Ils témoignent dans tous les cas de cette étonnante créativité technique qui anime les chantiers de charpenterie à cette époque. Ces assemblages s'observent

dans la charpente de la grange du Val-de-la-Haye vers 1216-1220d (fig. 194c) notamment pour la reprise des chevrons aux abouts des blochets et des entrails par des crans aux embrèvements et aux tenons-mortaises. L'enfourchement c'est-à-dire le recouvrement latéral du chevron par un prolongement de l'assemblage est également pratiqué en tête de certaines contrefiches. On en rencontre un certain nombre dans la grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais en 1220d aussi en pied de ferme, au niveau du raccord de la grande toiture et des collatéraux (fig. 195 à 197).

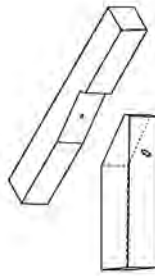
À Rouen, dans la charpente de la nef de la cathédrale (1227-1232d), l'entrait de certaines fermes principales s'assemble au pied du chevron par un tenon-mortaise incliné recouvert par un enfourchement (fig. 194d). Ce tenon-mortaise est perpendiculaire à l'axe longitudinal du chevron de façon à mieux le recevoir en butée et à travailler plus efficacement contre sa poussée. La tête de triangulation des fermes principales utilise le tenon-mortaise pour assembler les chevrons sur les flancs du poinçon mais aussi un simple recouvrement du tenon-mortaise des chevrons, limitant ainsi la suspension du poinçon (fig. 194e).

La plupart de ces assemblages demeurent exceptionnels et ont rarement été reproduits dans d'autres charpentes. Ils restent attachés aux particularismes des charpentes du début de la période gothique qui ont expérimenté des nouveaux dispositifs jusque vers le milieu du XIII^e siècle où elles ont atteint une maturité structurelle plus stable avec l'emploi presque exclusif du simple tenon-mortaise. Quelques assemblages atypiques s'observent aussi lorsque les bois sont tors comme à Bayeux, sur le bras nord du transept de la cathédrale (1250d), dans la maison impasse Prud'homme (1226d) et à Lisieux, sur la nef de la cathédrale (1183d) que des faux-tenons permettent de rattraper (fig. 194f).

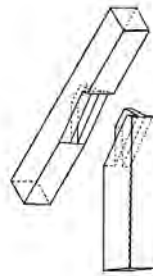
L'un des assemblages élaborés au début du XIII^e siècle a cependant connu une large diffusion car il améliorerait la suspension de l'entrait en pied de triangulation. Le tenon du pied du poinçon est taillé en forme de queue d'aronde, logé dans une large mortaise de même forme dans l'entrait et bloqué par une cale ou « rossignol » (fig. 198). Favorisant le travail en traction, il va vite se répandre au XIII^e siècle mais il tend à disparaître par la suite. Cet effort de traction est parfois assisté par une suspente, c'est-à-dire une sorte de clé d'assemblage qui assure le maintien de l'entrait au poinçon comme à Saint-Lazare de Beauvais ou au réfectoire de l'abbaye de Bonport (Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport, fig. 20). Ces suspentes se rencontrent dans les charpentes de grandes portées encore aux XV^e et XVI^e siècle (abbatiale Saint-Ouen de Rouen, cathédrale de Coutances).

Concernant l'assemblage des blochets et des entrails aux sablières, l'**entaille à mi-bois** en forme de demi-queue d'aronde ou de queue d'aronde est utilisée presque exclusivement à partir de la seconde moitié du XII^e siècle (fig. 194g). L'emploi des entailles droites n'a pas été observé au XIII^e siècle et l'usage de la

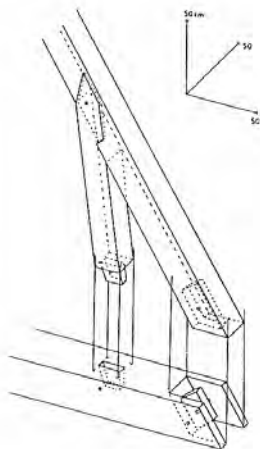
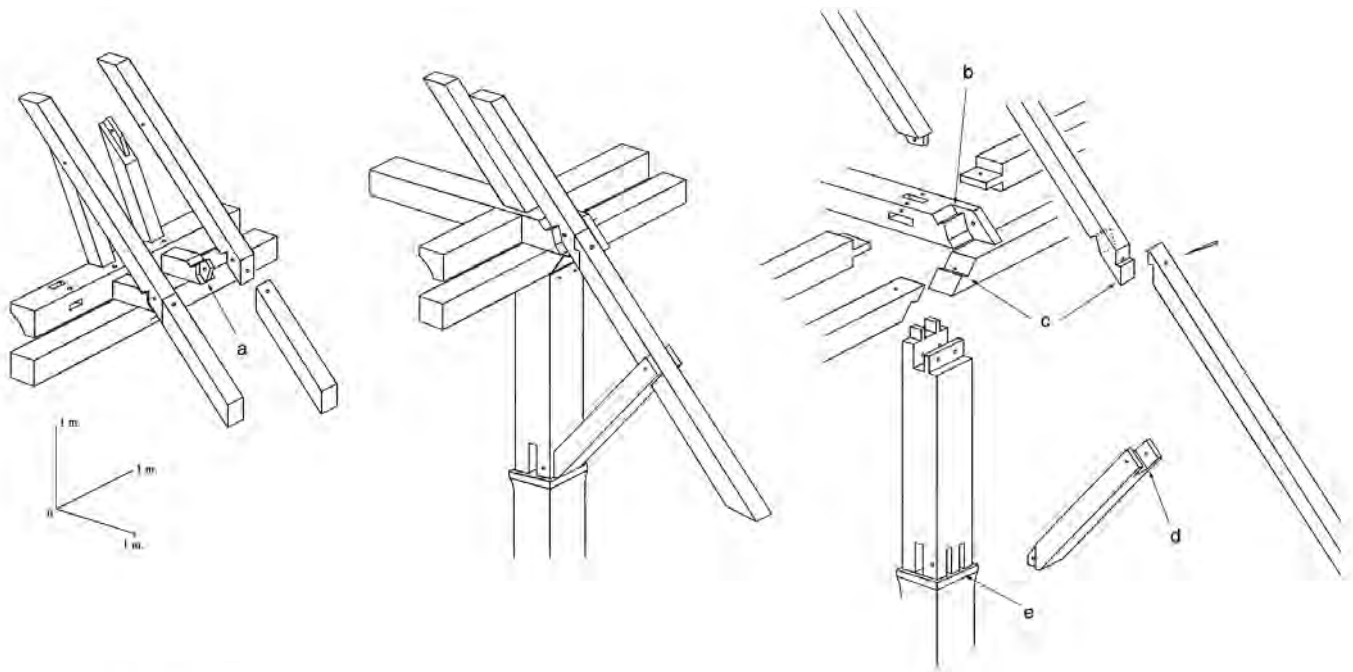
a. Embrèvement simple



b. Tenon-mortaise embrévé



c. Tenon-mortaise à cran (a), embrèvement à cran et à recouvrement latéral (b), enture crantée (c), enfourchement (d), double tenon-mortaise (e), grange du Val de la Haye (Seine-Maritime), 1216-1220d



d. Tenon-mortaise et enfourchement, cathédrale de Rouen, 1227-1232d

e. Tête de triangulation, cathédrale de Rouen, 1227-1232d

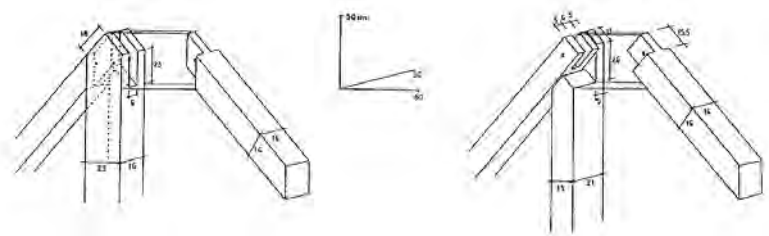


Fig. 194 : Assemblages de la première moitié du XIII^e siècle.

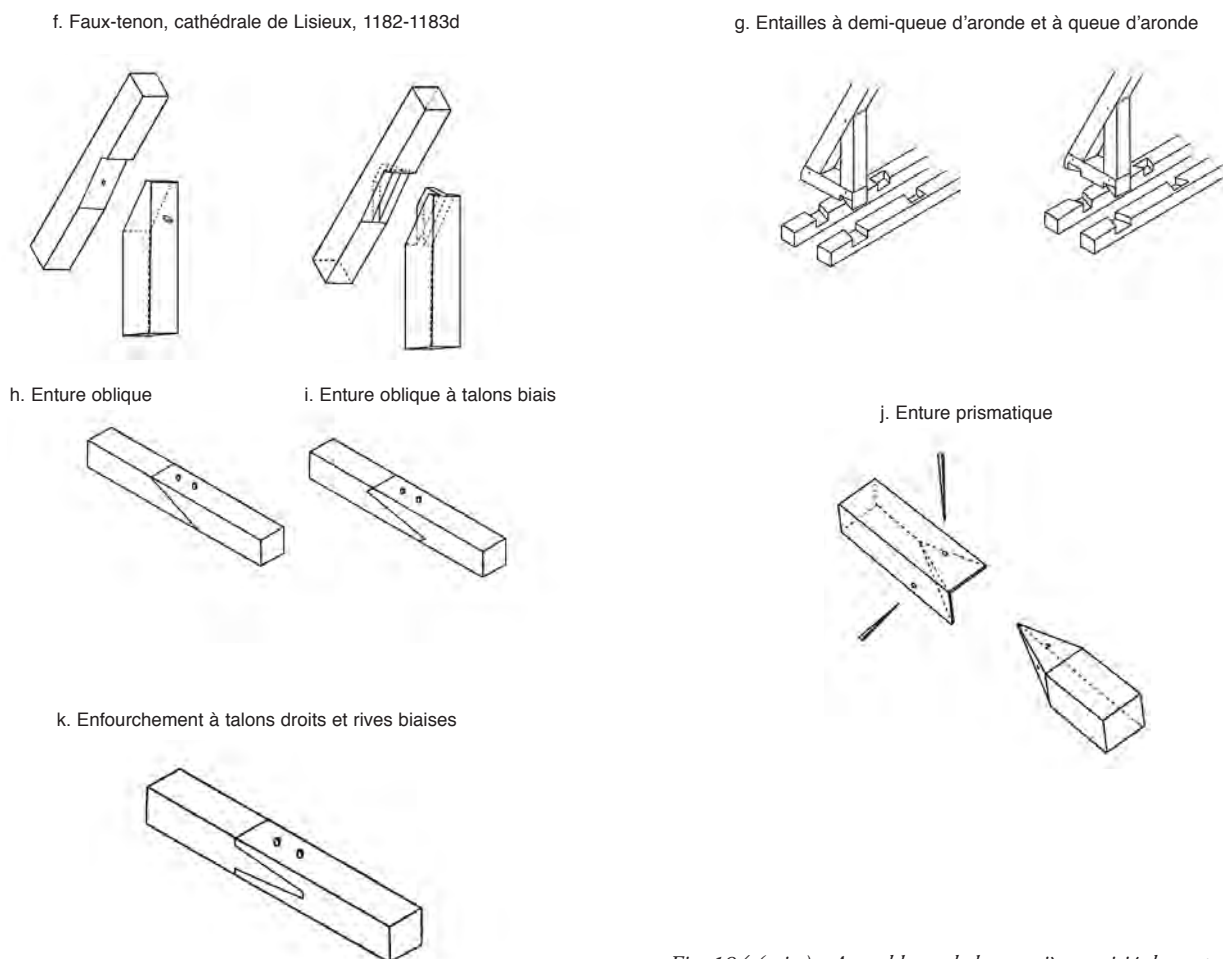


Fig. 194 (suite) : Assemblages de la première moitié du XIII^e siècle.

languette qui s'insère dans une rainure se remarque pour la dernière fois dans le déambulatoire de la cathédrale de Bayeux, en 1224-1225d.

Enfin, on constate aussi l'usage du clou ou de la cheville comme simple mode d'assemblage à partir de 1225d comme dans la cathédrale de Bayeux dans la croupe de la chapelle axiale pour fixer les empanons sur le flanc des chevrons ou leurs entrants retroussés dans les enrayures.

Les assemblages destinés à joindre deux pièces de bois bout à bout se multiplient vers la fin du XII^e siècle et surtout dans la première moitié du XIII^e siècle avec le développement des pannes et des dispositifs longitudinaux de report des charges. Ces **entures** s'observent également au niveau des sablières dont le cours est parfois ininterrompu d'un bout à l'autre de la charpente et aussi sur les chevrons de grande longueur notamment dans les granges.

Dans la charpente de la grange du Val-de-la-Haye (1216-1220d), les pannes, les sablières ainsi que les chevrons sont prolongés grâce à des **entures crantées** maintenues par des chevilles (fig. 194c). Elles sont présentes à un point de soulagement de charges, au droit d'un poteau pour les sablières ou d'une ferme pour les pannes. Ces entures placées horizontalement ne se suffisent évidemment pas à elles seules et réclament nécessairement un point d'appui pour assurer la rigidité de l'assemblage.

La plupart du temps, les sablières sont aboutées par une simple **enture oblique** ou « en sifflet » (fig. 194h) comme on peut l'observer sur les charpentes de l'église de Quatremare, du portique du transept de l'église Saint-Georges de Boscherville (1224-1229d) ou sur les sablières basses et les pannes faîtières du déambulatoire de la cathédrale de Bayeux (1224-1225d). Elles se remarquent aussi dans les sablières et le cours des pannes, au droit des arbalétriers, de la charpente de l'église de La Trinité de

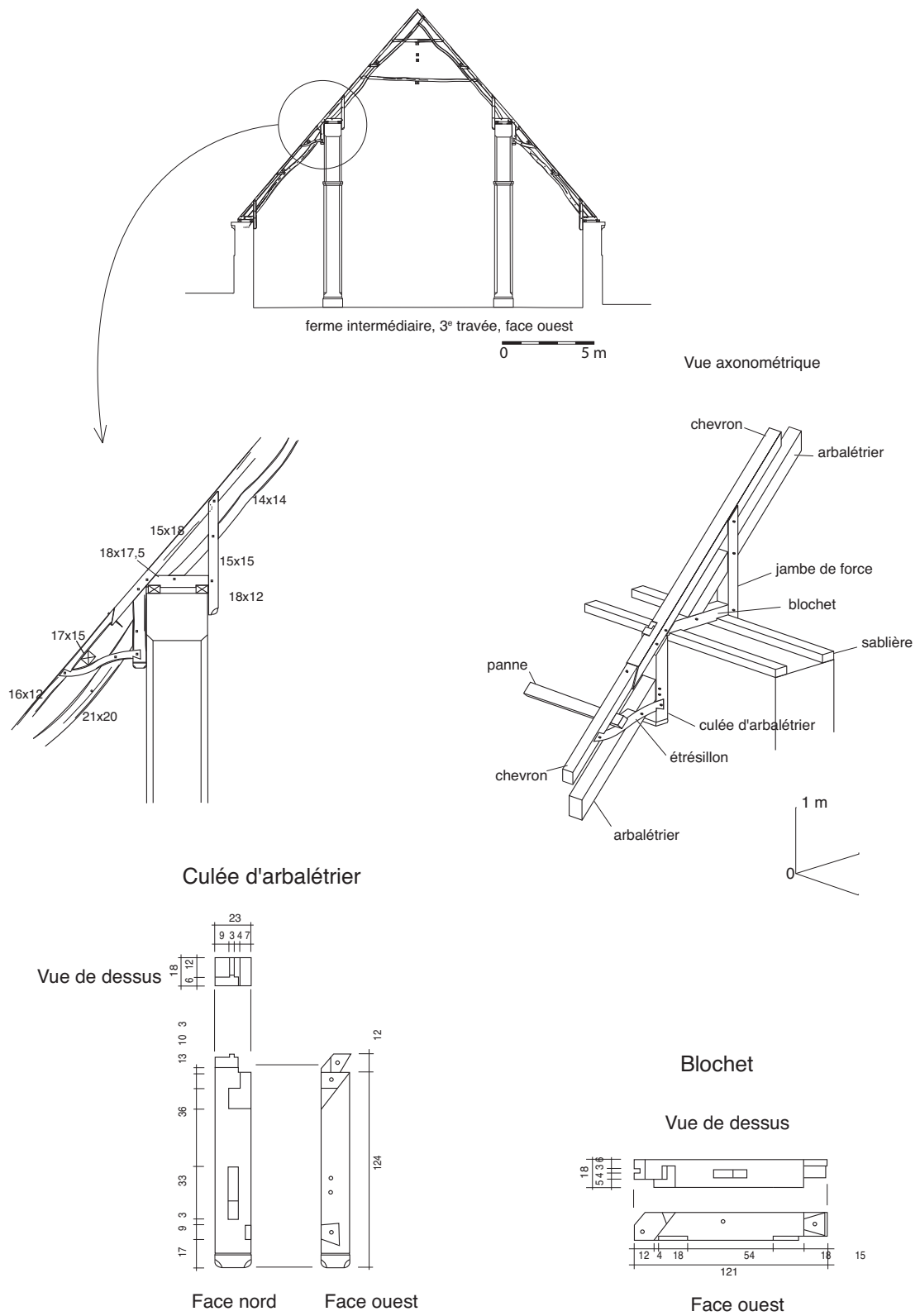


Fig. 195 : Assemblages de pied de ferme intermédiaire, 1219/1220d. Grange Saint-Lazare de Beauvais (Oise).

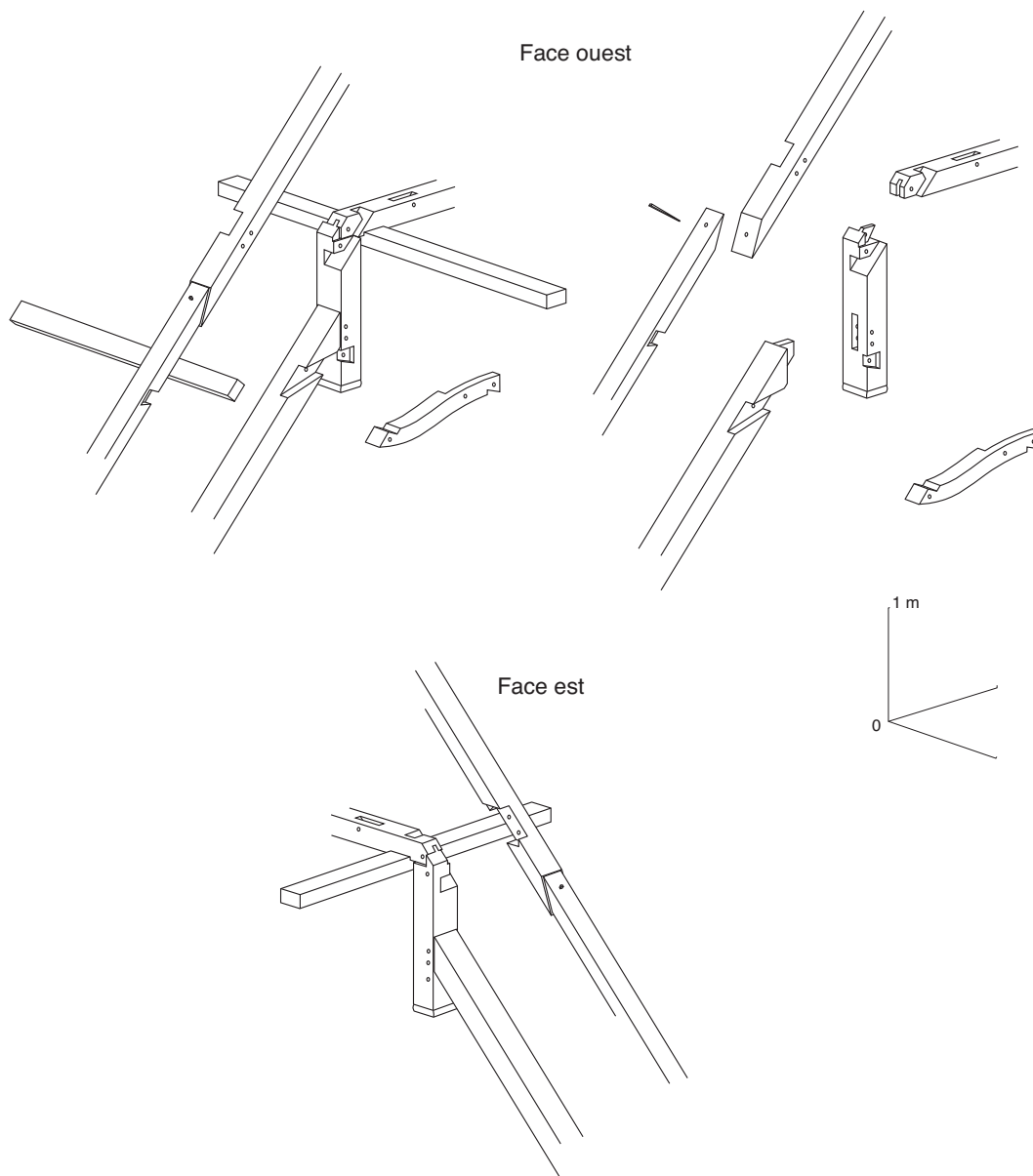


Fig. 195 (suite) : Assemblages de pied de ferme intermédiaire, 1219/1220d. Grange Saint-Lazare de Beauvais (Oise).

Fécamp (1217-1223d). Le raccord des chevrons entre nef et bas-côté des granges fait souvent appel à ces entures obliques (fig. 195 et 197).

Dans cette dernière charpente, sur l'un des cours de pannes où l'assemblage d'aboutement n'est pas porté par un arbalétrier, c'est-à-dire en porte-à-faux entre deux fermes principales, le raccord s'opère par une **enture prismatique** très originale (fig. 194j). L'extrémité d'une des deux pannes est taillée en forme de prisme pyramidal sur 41 cm de long, axé sur l'arête supérieure, pour s'engager dans la panne suivante, au sein d'une entaille

prismatique qui reproduit le profil inverse de l'extrémité de l'autre panne. L'enture est fixée par deux chevilles enfoncées dans deux faces distinctes, perpendiculairement l'une à l'autre. Le désaxement de l'enture prismatique permet à l'une des pannes de s'appuyer convenablement sur l'autre sans risque de déchaussement et ce malgré son porte-à-faux et son éloignement des arbalétriers. Nous ne connaissons pour l'instant aucun autre exemple de ce type d'assemblage.

Toujours dans le premier tiers du XIII^e siècle, dans le déambulatoire (1224-1225d) de la cathédrale de Bayeux, les sablières

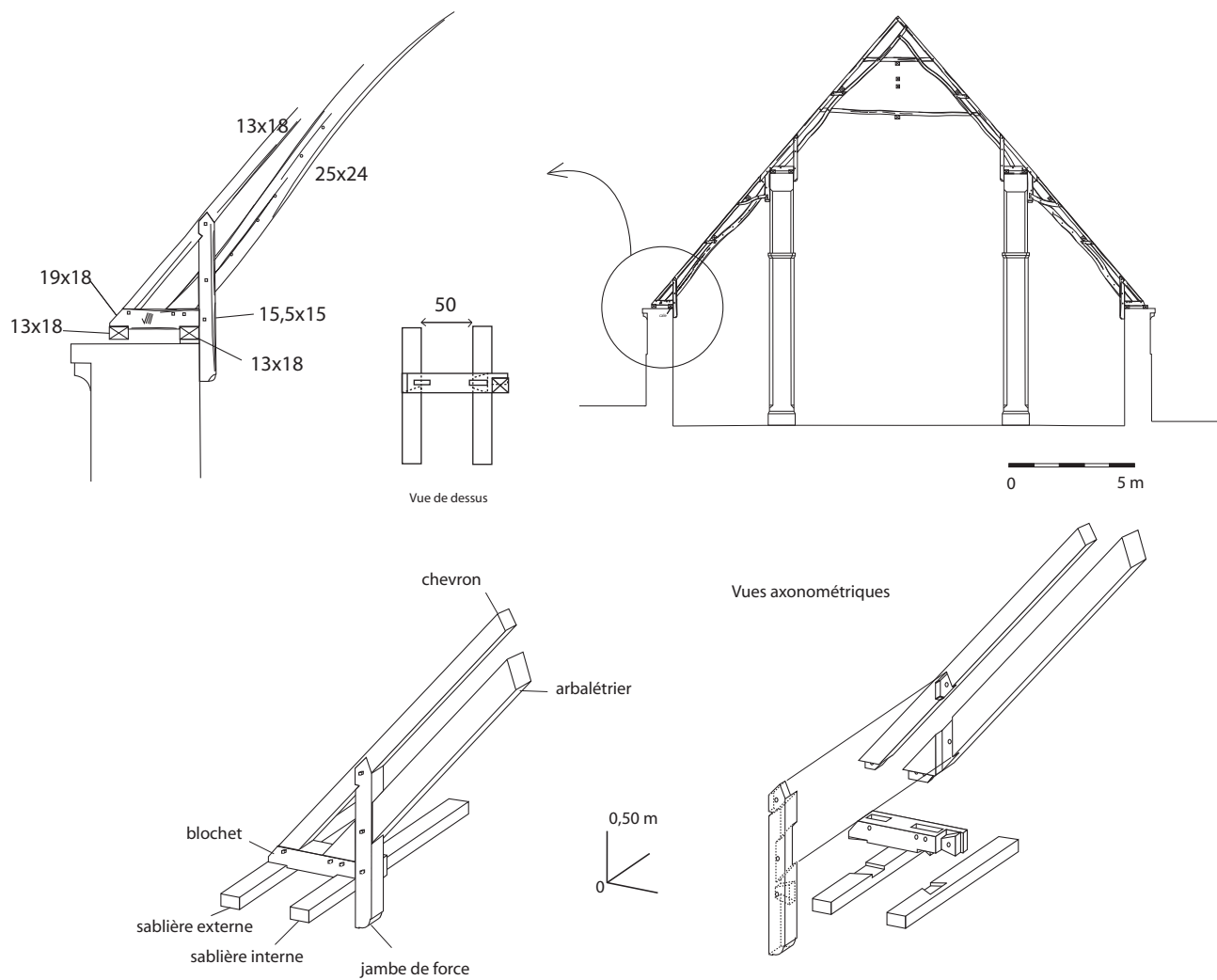


Fig. 196 : Assemblages de pied de demi-ferme, 1219/1220d. Grange Saint-Lazare de Beauvais (Oise).

hautes du portique s'aboutent longitudinalement entre elles non pas par une enture mais par un **enfouchement** de 35 cm de long à talons droits et rives biaises (fig. 194k). Le même assemblage se retrouve dans la chapelle axiale de ce déambulatoire dans le poinçon de la ferme occidentale afin de le prolonger ou pour permettre une mise en place du poinçon en deux temps.

Enfin, l'enture oblique à talons biaux, fixée par des chevilles (fig. 194i), s'observe vers 1250d sur la chapelle Saint-Pierre dans la cathédrale de Bayeux pour le prolongement d'une panne de soutien de chevrons.

Dans de nombreux cas, les charpentes des XII^e-XIII^e siècles ne présentent aucune enture du fait, soit de l'absence d'éléments

longitudinaux et de cours de sablières – celles-ci étant remplacées par des entretoises de rive posées à même les maçonneries comme au manoir de Boos –, soit de l'assemblage de ces pièces longitudinales dans les fermes principales à chaque travée comme dans la charpente du n° 6 impasse Saint-Amand à Rouen. Nous n'avons pas rencontré d'enture avec des clefs de serrage, c'est-à-dire avec des petites cales de bois introduites dans un cran médian de l'assemblage et qui permettent de le serrer solidement lors de sa mise en place ou de le réajuster ultérieurement (trait de Jupiter). Cette invention semble donc plus tardive et peut probablement être attribuée aux aboutements d'entrants des XIV^e-XV^e siècles destinés à économiser les longs bois de forte

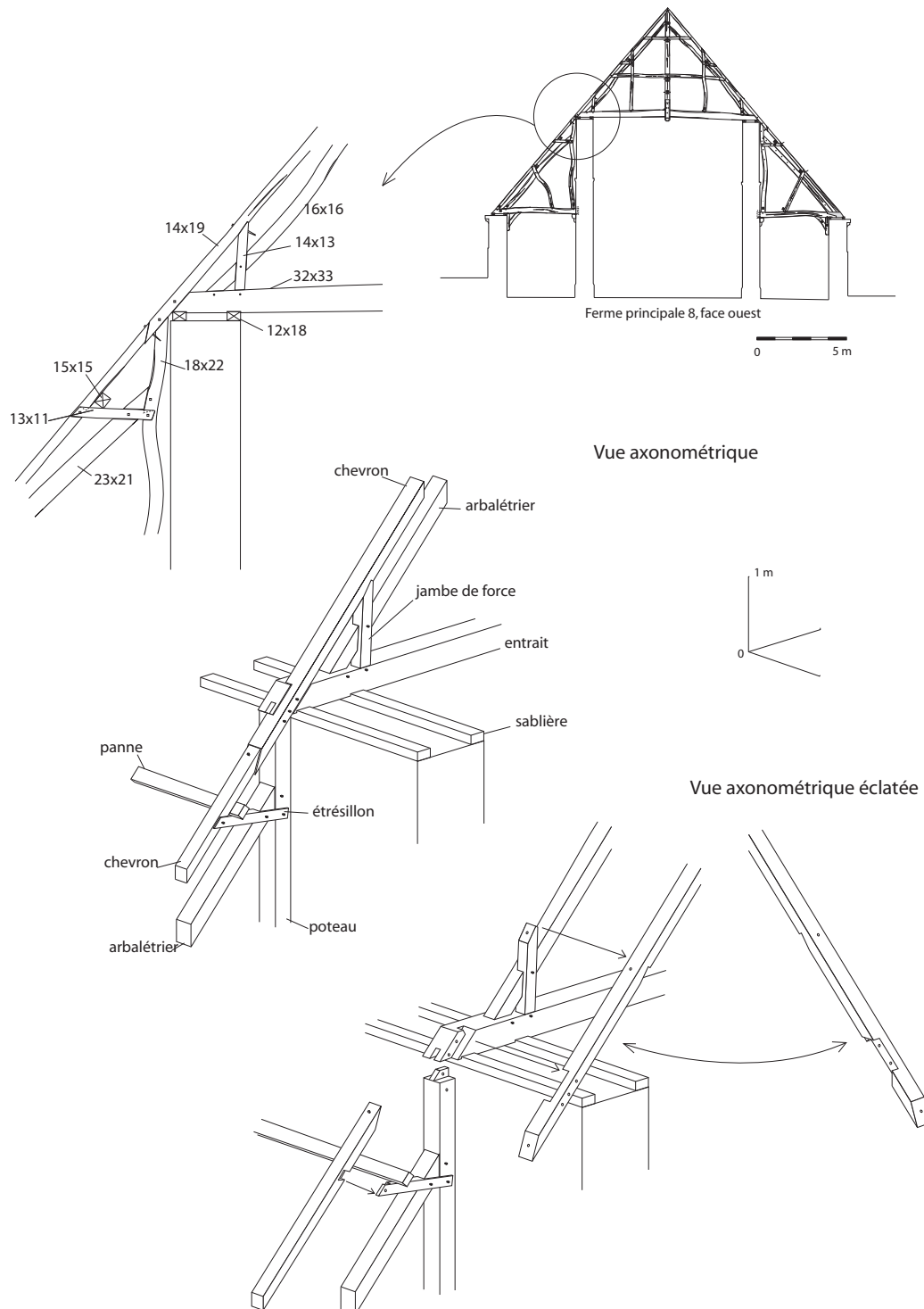


Fig. 197 : Assemblages de pied de ferme principale, 1219/1220d. Grange Saint-Lazare de Beauvais (Oise).

section. De même, nous n'avons pas observé de clavette pour remplacer le simple chevillage des entures. Ces clavettes, comme les clefs de serrage semblent apparaître plus tardivement, avec les entures de pièces de grande section comme les entrants.

Le recensement de ces entures pour la Normandie aux XII^e-XIII^e siècles ne fait pas transparaître de véritable évolution dans leur forme. Au Val-de-la-Haye (1216-1220d), les entures présentent un cran médian et à Bayeux quelques décennies après, elles sont dotées de talons d'about droits et inclinés. Il semble donc que la forme de l'ensemble de ces entures fut élaborée et expérimentée au début du XIII^e siècle. Aucune forme particulière d'enture n'a été préférentiellement utilisée dans l'ensemble de ces charpentes, chaque atelier utilisant une forme privilégiée d'enture pour leurs ouvrages propres. Seule l'enture simple en sifflet apparaît comme la solution la plus répandue pour les sablières de faible section, que ce soit au XII^e ou au XIII^e siècle.

Enfin, notons que le métal n'est pas encore utilisé dans le renfort des assemblages, sauf en tant que chevilles pour les tenons-mortaises de pied de triangulation à l'abbaye de Bonport (1221d) et dans la cathédrale de Rouen (1227-1232d). Le métal apparaît dans les comptes dès la fin du XIV^e siècle, pour assister les assemblages en bois dans leurs efforts par des étriers de soutien, des cerclages, des crochets ou des fiches (longs clous de forte section)²⁵⁴.

La permanence des formes au sein d'un grand édifice

La forme d'une charpente ne reflète pas systématiquement le niveau de compétence du maître charpentier mais un ensemble de contraintes auxquelles il a dû faire face comme le poids des matériaux de couverture, la structure des murs porteurs, les moyens financiers disponibles, la qualité et l'approvisionnement en bois d'œuvre... Ces éléments peuvent entraver la libre expression du maître d'œuvre dans ses propres choix. Il serait illusoire de croire que toutes les charpentes s'intègrent dans un schéma évolutif linéaire et cohérent et que chacune d'entre elles illustre une étape décisive de cette évolution en occupant une place chronologique bien déterminée par sa technologie.

L'une de ces contraintes apparaît dans les cathédrales gothiques de Bayeux et de Lisieux qui ont conservé presque l'ensemble de leurs charpentes d'origine, toutes datées par dendrochronologie. Elles permettent de dresser des comparaisons entre les charpentes levées au début du chantier et celles posées plusieurs décennies après, sur les dernières parties construites de l'édifice. Dans les deux cas, on constate une permanence presque immobile des formes de ces charpentes entre le début et la fin des chantiers, espacés de plus de 40 ans. Cette pérennité des formes se retrouve

sur les différents vaisseaux des cathédrales d'Amiens, de Paris, de Meaux, de Rouen ou encore de l'abbatiale de Saint-Ouen entre le XIV^e et le XVI^e siècle!

D'après les datations dendrochronologiques, le chantier de la **cathédrale gothique de Lisieux** a débuté par la nef avec une charpente posée en 1183d et s'est terminé par le chevet avant 1206d. Bien que l'architecture maçonnée des différentes parties de l'édifice montre un changement d'architecte entre la nef, le transept de style gothique d'Île-de-France et le chœur profondément marqué par le style gothique normand, les charpentes de ces vaisseaux sont semblables, aussi bien sur le plan de leur structure générale, de la composition des fermes que sur le choix des assemblages (Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, fig. 29). Du début jusqu'à la fin du chantier de reconstruction de cette cathédrale, pendant près de 20 ans, une seule et unique forme de charpente a été utilisée et respectée. Les différences de largeur entre le vaisseau de la nef et celui des autres parties de l'édifice pour une même hauteur de comble ont toutefois entraîné une modification de l'épure de ces charpentes. La nef achevée en 1183d est en effet moins large que le chœur et les deux bras du transept, construits au cours d'un même chantier entre 1192 et 1208d. Cependant, le procédé du tracé régulateur de ces épures est resté exactement le même en utilisant la technique de carroyage²⁵⁵. Les fermes obtenues par ces tracés demeurent donc identiques, seules leurs proportions sont modifiées pour être adaptées à la largeur du vaisseau (fig. 58). La superposition des épures des fermes du transept et du chœur montre qu'elles ont été exécutées à partir du même tracé, et d'après leur datation, au cours d'un même chantier entre 1192 et 1208d.

Ainsi, du début jusqu'à la fin du chantier de cette cathédrale, un seul et unique projet de charpente a été utilisé, même s'il a fallu en modifier les proportions. Entre 1183d et 1208d, certaines innovations techniques ont pourtant vu le jour mais aucune d'entre elles ne vint modifier le projet initial. Seules les techniques de marquage des assemblages, propres à chaque chef d'équipe, distinguent ces quatre charpentes.

Ces observations s'appliquent également aux charpentes des deux bras du **transept et du chœur de la cathédrale de Bayeux**, mises en place entre 1223d et 1250d d'après leurs datations dendrochronologiques. En effet, la charpente du bras sud (1223-1226d) est identique à celle du chœur (1227/1228d) et à celle du bras nord (1250d) (Bayeux, cathédrale Notre-Dame, fig. 54, 65 et 76). La conception générale de ces charpentes, la forme des fermes et les assemblages sont similaires. Seules les proportions sont modifiées en raison de la différence de largeur entre ces vaisseaux. Contrairement à

254. AD Seine-Maritime, G 2483.

255. Voir le chapitre consacré aux épures.

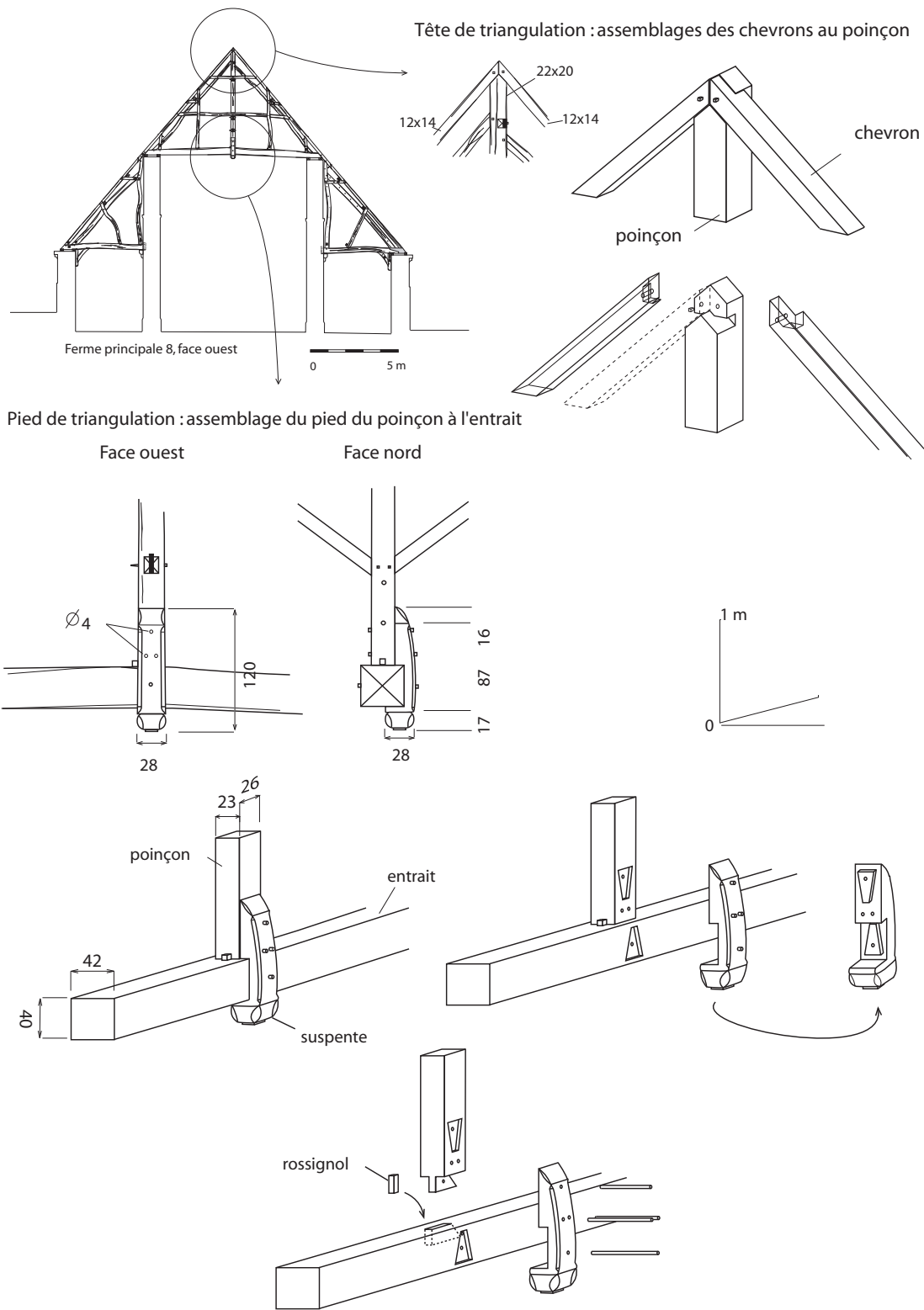


Fig. 198 : Assemblages de tête et de pied de poinçon d'une ferme principale, 1219/1220d. Grange Saint-Lazare de Beauvais (Oise).

Lisieux, seul le tracé régulateur de la charpente du chœur a pu être retrouvé et nous ignorons encore si les deux autres charpentes obéissent à la même technique de tracé d'épure. Outre leurs proportions, ces trois charpentes reprennent précisément le même projet initial à quelques petites nuances près, comme l'assemblage du pied des écharpes qui est à tenon-mortaise dans le bras nord et à mi-bois dans les autres charpentes. Ces nuances sont négligeables quand on considère par exemple que ces mêmes écharpes dans le bras nord ne sont presque plus utilisées en Normandie vers 1250. La fausse triangulation du bras sud, avec un poinçon assemblé par mi-bois au dernier faux-entrait, peut être considérée comme conventionnelle dans le chœur en 1228d. Dans le bras nord vers 1250d, cette fausse triangulation devient un archaïsme en raison des nombreuses charpentes qui ont adopté la véritable triangulation depuis longtemps (cathédrale de Rouen, La Trinité de Fécamp, grange de Heurteauville...). Il en est de même de l'absence de répartition des charges des fermes secondaires sur les fermes principales, technique expérimentée en Normandie depuis la seconde moitié du XII^e siècle et parfaitement maîtrisée vers 1250. Ici, comme à Lisieux, les maîtres charpentiers paraissent s'être résignés à respecter un modèle adopté dès le début du chantier, en limitant au strict minimum l'introduction des innovations techniques de leur époque.

Sur la cathédrale **Notre-Dame d'Amiens**, les charpentes du chœur, des deux bras du transept et de la nef sont strictement identiques mais leurs poses se sont suivies de très près : le chœur en 1284-1285d, le transept en 1293-1298d et la nef en 1300-1305d²⁵⁶. De même pour celle du chœur de la **cathédrale de Paris**, levée vers 1220, et celle de la nef, vers 1220-1230²⁵⁷ qui se distinguent uniquement par le rajout d'une lierne axiale dans la nef. Plus intéressant est le cas de la **cathédrale de Meaux** où la charpente de la nef, datée de 1498d, s'apparente en tout point à celle du chœur du début du XIII^e siècle : seul un rajout de liernes axiales dans la nef permet de les distinguer. La charpente de la fin du XV^e siècle reproduit à l'identique la structure à chevrons-formant-fermes du XIII^e siècle, avec les mêmes fermes et un système de report des charges constitué de liernes latérales, dispositif « périmé » depuis presque trois siècles !

Dans les combles de l'**abbatiale Saint-Ouen de Rouen** (fig. 181 h), les charpentes du chœur vers 1330-1340, du bras nord du transept vers 1400, du bras sud vers 1430-1440, de la moitié orientale de la nef vers 1500 et de l'autre moitié vers le milieu du XVI^e siècle sont toutes strictement identiques, à l'assemblage près.

L'étude des comptes de la fabrique de la **cathédrale de Rouen** permet d'apporter un élément de réponse pour comprendre ce conservatisme des épures au sein d'un grand monument. Le contrat passé en 1529 entre le chapitre et les maîtres charpentiers Laurens et Robert Becquet pour la reconstruction de la charpente du chœur, détruite suite à l'incendie de la flèche en 1514, mentionne une structure presque identique à la charpente de la nef, c'est-à-dire la plus ancienne de la cathédrale, des années 1230. Ce texte évoque

ung pignon et comble prest et levé en place et agree en toute chose de leur mestier de charpenterie [...] de grandeur competente ainsi qu'il appartient tout tel et semblablement et de la facon comme est celui de present estant sur la nef d'icelle eglise reservé que davantage pour ce que les pieces de boys qui sont au comble de la nef ne sont que entailles et chevilles [assemblages à mi-bois] et celles dudit cueur seront a tenon et mortaise²⁵⁸.

En 1529, la nouvelle charpente du chœur, aujourd'hui disparue, devait donc être, selon les volontés du maître d'ouvrage, identique à celle du XIII^e siècle avec toutefois de meilleurs assemblages.

Sur cette même cathédrale en 1683, suite à la destruction des deux premières travées occidentales de la charpente du XIII^e siècle de la nef, celles-ci furent reconstruites une fois de plus à l'identique (fig. 199). Le devis daté du 7 septembre 1683 mentionne la reconstruction d'une charpente à chevrons-formant-fermes de 13 fermes « *comme celles qui y sont de present* », c'est-à-dire selon la disposition des pièces et des assemblages du XIII^e siècle²⁵⁹. Effectivement, la charpente est identique à celle alors mise en place complétée, dans les fermes principales, par la présence de sous-chevrons destinés à raidir la partie inférieure des chevrons, par des moises pendantes clavetées, un étré sillonnement longitudinal en partie haute et quelques ferrures tels des boulons clavetés sur certains assemblages.

Ce « fac-similé » au XVII^e siècle d'une charpente gothique peut surprendre puisqu'il reproduit les défauts d'une structure imparfaite avec les mêmes handicaps et les mêmes archaïsmes. Le système de répartition des charges des fermes secondaires sur les fermes principales est reconstitué à l'identique alors que ce dispositif fut expérimenté au cours de quelques décennies seulement, pendant la première moitié du XIII^e siècle. De même, les assemblages à mi-bois furent copiés alors qu'ils n'étaient plus en usage dans les fermes depuis presque quatre siècles. Toutefois, pour pallier ces défauts, les charpentiers modernes ont su rajouter les bois nécessaires à la stabilité de la charpente tels les sous-chevrons et les moises.

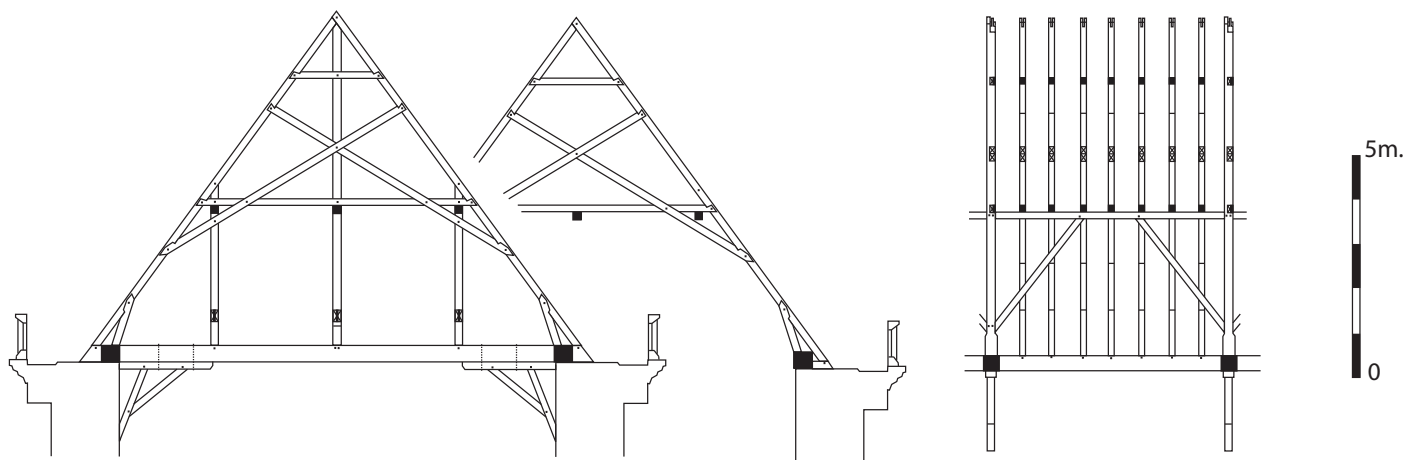
256. HOFFSUMMER et LAMBERT 2002, p. 130.

257. CHEVRIER 1995.

258. AD Seine-Maritime, G 2816.

259. AD Seine-Maritime, G 2818.

a. Cathédrale de Rouen, travées orientales de la nef, 1227-1232d



b. Cathédrale de Rouen, travées occidentales de la nef, 1683

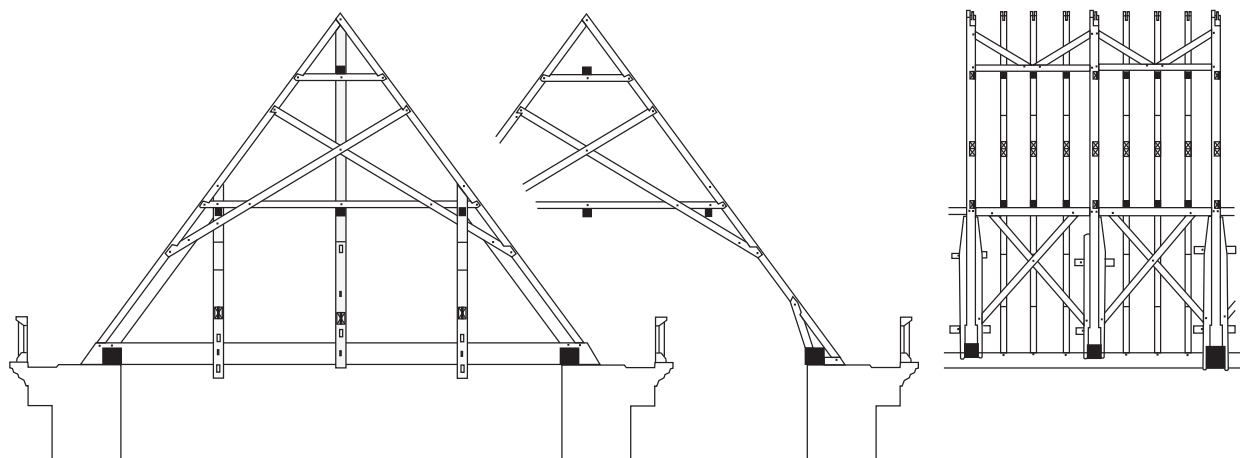


Fig. 199 : Reproduction de la charpente du XIII^e siècle au XVII^e siècle de la cathédrale de Rouen.

La charpente de 1529 du chœur de cette cathédrale, refaite elle-aussi sur le modèle de la charpente gothique de la nef, devait présenter également ce genre d'anachronismes. Au XVI^e siècle comme à la fin du XVII^e siècle, les charpentiers savaient parfaitement réaliser des charpentes plus économiques en bois d'œuvre avec des dispositifs et des assemblages plus stables que ceux du XIII^e siècle. La volonté de reproduire à l'identique un modèle ancien émane ici du maître d'ouvrage. De même, la charpente des travées occidentales de la nef de la cathédrale de Lisieux fut refaite en 1556-1559 sur le modèle de la charpente de 1182/1183d.

Les fermes sont en effet strictement identiques, seules les marques d'assemblages permettent de distinguer cette phase de reconstruction de la charpente d'origine (fig. 150). La préservation de l'uniformité structurelle de la charpente apparaissait peut-être comme un gage de stabilité. Il est possible aussi qu'il s'agisse, à la Renaissance, de la manifestation d'un certain respect vis-à-vis de structures anciennes jugées vénérables, sortes de reliques architecturales : le remploi de maçonneries, de sculptures ou de colonnes de marbres antiques se pratiquait pour cette raison dans les constructions des XI-XII^e siècles. Cette notion rejoint l'idée que

les charpentes spécifiquement à chevrons-formant-fermes auraient suscité auprès des maîtres d'ouvrage, déjà aux XIV^e-XV^e siècles, une certaine forme de déférence et de considération en raison de leur présence sur les plus anciennes églises. Le fait qu'elles soient encore mises en œuvre uniquement sur des églises et des salles seigneuriales après le XIII^e siècle montre bien cet égard particulier qui leur est témoigné.

Le cas du conservatisme des épures de Lisieux et de Bayeux aux XII^e-XIII^e siècles est un peu différent dans le sens où il s'agit de constructions *ex nihilo*. Le respect du projet initial ne semble pas tenir des mêmes raisons idéologiques qu'aux XVI^e-XVII^e siècles puisque le temps écoulé entre la première charpente et la dernière du chantier ne dépasse guère quelques décennies. Il est possible d'avancer l'idée d'un contrat passé entre le chapitre et un maître charpentier pour définir un projet global de charpente pour l'ensemble de la cathédrale comme cela fut vraisemblablement le cas avec l'architecte pour le plan et les élévations de la construction afin de convenir d'une unité architecturale d'ensemble.

La notion d'économie dans le choix des formes

Avant d'aborder ce sujet, il convient de reprendre les calculs déjà évoqués dans le premier chapitre (voir le chapitre « Morphologie des bois utilisés ») et de comparer les consommations en bois à la même échelle, en rapportant les proportions des charpentes à une longueur semblable de 100 m :

| Édifice | Charpente | Longueur | Nbre total de grumes | Nbre de grumes rapporté à 100 m de long |
|--|----------------------------------|----------|----------------------|---|
| Paris, église Saint-Pierre de Montmartre, 1164-1174d | Chevrons-formant-fermes (romane) | 28 m | 218 | 778 |
| Neuf-Marché, église Saint-Pierre, 1127-1133d | Chevrons-formant-fermes (romane) | 5,3 m | 44 | 830 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : dortoir et chauffoir, 1221d | Chevrons-formant-fermes | 70 m | 530 | 757 |
| Rouen, cathédrale Notre-Dame, 1227-1232d | Chevrons-formant-fermes | 130 m | 1200 | 923 |
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre, 1183-1208d | Chevrons-formant-fermes | 100 m | 937 | 937 |
| Bayeux, cathédrale Notre-Dame, 1223-1250d | Chevrons-formant-fermes | 98 m | 1019 | 1040 |
| Fécamp, église abbatiale de La Trinité, 1217-1223d | Mixte | 110 m | 776 | 705 |
| Heurteville : grange, 1237-1243d | Fermes et pannes | 46 m | 260 | 565 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : grange, 1228d | Fermes et pannes | 38 m | 244 | 642 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : réfectoire, 1241d | Fermes et pannes | 30 m | 280 | 933 |

Tableau de consommation en quantité de grumes.

À travers ces quelques exemples représentatifs de chaque stade de l'évolution des charpentes romanes et gothiques du XII^e au XIII^e siècle, à échelle comparable, on constate que le passage de la charpente romane à la charpente gothique à chevrons-formant-fermes n'a pas entraîné de diminution de la consommation en bois d'œuvre mais bien au contraire une augmentation en nombre de grumes, ce qui tend à démontrer qu'aucune notion d'économie ne justifie cette transition mais plutôt une simple adaptation à l'évolution des supports maçonnés. Les structures romanes emploient essentiellement des bois de faible diamètre (16-17 cm), entre 80 et 85 %, d'une longueur relativement réduite (6 m maximum) du fait des faibles pentes. Avec l'avènement des charpentes gothiques dans la seconde moitié du XII^e siècle et le redressement des pentes, les charpentes consomment davantage (plus de 90 %) de bois longs, entre 8 et 9,50 m, et de 22-25 cm de diamètre en moyenne. De même, avec l'abandon des structures romanes et donc des entrants à la base de chaque ferme, la consommation en bois de très forte section et de grande longueur se réduit considérablement : ces bois, qui représentaient 15 % de l'ensemble des bois utilisés dans une charpente romane, ne sont plus utilisés qu'à hauteur de 4 % dans une charpente gothique²⁶⁰.

La principale originalité des charpentes gothiques à chevrons-formant-fermes aux XII^e-XIII^e siècles, c'est leur forte consommation à plus de 90 % de bois longs de faible diamètre, entre 22 et 25 cm. Le potentiel forestier des hautes-futaies normandes devait donc permettre un tel approvisionnement. Les résultats obtenus pour la réalisation des grandes charpentes des cathédrales sont éloquentes.

Pour la cathédrale de Lisieux, entre 1182 et 1206d, il a fallu abattre 937 arbres dont 97 % de bois de 22 cm de diamètre et de plus de 8 m, le restant correspondant à des bois de 47 cm de diamètre environ. Pour les grandes charpentes de la cathédrale de Rouen, vers 1230-1250d, on atteint des proportions équivalentes avec un abattage de 906 grumes dont 91 % de bois de 22 cm de diamètre et de plus de 8 m de long, le reste étant des bois de plus de 37 cm de diamètre. La grande grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais, de 1220d, est couverte d'une charpente qui a réclamé l'abattage de 760 arbres dont 91 % de grumes de 24 cm de diamètre, longs de 8,80 m, 8 % de 38 cm de diamètre et de 6,30 m de long et 1 % de bois de 70 cm de diamètre et de 10,30 m de long.

Pour un unique ouvrage, cette capacité à abattre autant d'arbres de même diamètre suppose un potentiel forestier encore abondant durant toute la première moitié du XIII^e siècle, notamment en Normandie orientale. Les problèmes d'approvisionnement se traduisent en effet, au sein d'une

260. Voir tableau chapitre « Morphologie des bois utilisés ».

charpente, par de notables différences de section ou par l'emploi de bois tors comme on l'a déjà remarqué plus haut pour certaines parties de la cathédrale de Bayeux où les charpentiers ont dû se contenter de bois inadaptés mais ces exemples restent isolés.

| Édifice | Charpente | Longueur | Nbre total d'assemblages | Nbre d'assemblages rapporté à 100 m de long |
|---|-------------------------|----------|--------------------------|---|
| Lisieux, cathédrale Saint-Pierre 1183-1208d | Chevrons-formant-fermes | 100 m | 4592 | 4592 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : dortoir 1221d | Chevrons-formant-fermes | 62 m | 1730 | 2790 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : grange 1228d | Fermes et pannes | 38 m | 571 | 1502 |
| Pont-de-l'Arche, abbaye de Bonport : réfectoire 1241d | Fermes et pannes | 30 m | 766 | 2593 |

Tableau de comparaison des quantités d'assemblages taillés par charpente.

Le tableau ci-dessus montre que les charpentes à fermes et pannes ne sont pas systématiquement plus économiques en quantité de bois d'œuvre que les chevrons-formant-fermes. À l'abbaye de Bonport, la charpente à fermes et pannes du réfectoire et des cuisines en 1241d consomme 23 % de plus en grumes que les chevrons-formant-fermes mis en place 20 ans auparavant sur le dortoir et le chauffoir, à longueur et largeur de vaisseau équivalentes. Le choix de cette nouvelle structure n'était donc pas dicté par un souci d'économie en bois d'œuvre. La notion d'économie en temps de travail ne semble pas non plus avoir été déterminante puisqu'en quantité d'assemblages taillés, ces deux types de charpentes consomment presque autant avec seulement 7 % d'économie pour les fermes et pannes (tableau ci-dessous). Les raisons de ce parti pris sont donc plutôt d'ordre technique et non économique.

La charpente à fermes et pannes du réfectoire de Bonport n'est pas économique du fait du rapprochement de ses fermes et de l'assemblage des chevrons comme la charpente à fermes et pannes de la cathédrale d'Amiens de la fin du XIII^e siècle. Si ces exemples sont peu nombreux, ils illustrent néanmoins à quel point il faut rester prudent quant au soi-disant déterminisme économique dans l'apparition et la diffusion des fermes et pannes. *A contrario* les fermes et pannes des granges de Bonport (1228d) ou de Heurteville (1237-43d) ont des fermes plus espacées et des chevrons simplement chevillés, ce qui assure une réelle économie en quantité de bois d'œuvre et en temps d'exécution du fait du nombre restreint d'assemblages à tailler. Toutefois, ces dernières charpentes restent encore limitées aux granges en Normandie au XIII^e siècle. On les rencontre plus fréquemment sur les églises gothiques du XIII^e siècle du Val-d'Oise mais ces régions précocement défrichées offrent un contexte forestier tout différent de celui de la Normandie.

Si les charpentes à fermes et pannes ont des consommations variables en quantité de bois d'œuvre, on constate cependant qu'elles consomment toutes moins de bois de faible diamètre et davantage de bois de 25 à 30 cm de diamètre (10 % à Fécamp et 34 % à Heurteville contre 4 % à Rouen). Peut-être faut-il voir ici l'une des raisons de la diffusion de ce modèle de charpente alors que l'environnement forestier ne favorisait plus la croissance de ce type de bois, notamment en Île-de-France ?

Les rapports avec l'Angleterre

Les constructions en pan-de-bois et les charpentes de combles, édifiées en Angleterre aux XIV^e-XVI^e siècles dans les régions du sud-est, ont une identité très spécifique et se distinguent nettement des charpentes élevées à la même période en Normandie et dans les autres régions françaises. Les rares édifices de type anglais construits en Normandie pendant la guerre de Cent Ans témoignent en effet de ces différences techniques et architecturales comme la porterie de Selles²⁶¹ et le manoir Saint-Lô d'Aclou²⁶² dans l'Eure, datée de 1360-1361d²⁶³. Il s'agit à l'heure actuelle des deux seuls représentants de l'architecture anglaise édifiés pendant l'occupation de la Normandie par des charpentiers venus d'outre-Manche.

Entre le XIV^e et le XVI^e siècle, les charpentes tramées à chevrons-formant-fermes anglaises se distinguent en effet des constructions françaises par l'absence de poinçon de fond et par l'emploi quasi exclusif du système compressif qui consiste à faire travailler en compression l'entrait des fermes principales, ces dernières n'étant pas triangulées. Ces fermes secondaires sont dans la plupart des cas soulagées par une lierne axiale reprise au droit des fermes principales par un *crown post*, c'est-à-dire un court poteau axial assemblé en pied dans l'entrait et en tête dans la lierne et dans un faux-entrait mais jamais en tête de la ferme. Ce système de reprise des charges par ces *crown posts* travaille donc en compression sur l'entrait qui, pour y répondre, est très souvent arqué ou de très forte section. Les fermes utilisent beaucoup les bois courbes pour les aisseliers, les arbalétriers et les liens afin de réaliser un système de *cruck*, c'est-à-dire un arc en bois autoporteur assis aux flancs des murs gouttereaux pour éviter l'emploi d'entrait à la base des fermes²⁶⁴. Ces techniques de charpenterie, dont le *cruck*, sont totalement inconnues en Normandie sauf dans le manoir d'Aclou dans l'Eure.

261. ÉPAUD 2000, p. 239-249.

262. SMITH, BANS et GAILLARD-BANS 1994, p. 26-32.

263. BERNARD et LEDIGOL, 2005.

264. BARNWELL et ADAMS 1994, p. 53.

Pour la même période en Angleterre, les charpentes à fermes et pannes connaissent une large diffusion davantage dans les granges que dans les manoirs et les logis²⁶⁵. Les pannes sont parfois assemblées sur les flancs des arbalétriers ou posées sur les extrémités de l'entrait retroussé, techniques relativement rares en Normandie²⁶⁶. De même, ces charpentes sont dépourvues de triangulation et dans certains cas, des *crucks* reprennent les charges de ces pannes.

Aux XI^e-XIII^e siècles, les différences entre les techniques de charpenterie anglaises et normandes semblent nettement moins évidentes en raison peut-être des relations privilégiées qu'ont entretenues l'Angleterre et la Normandie au cours de cette période. En effet, de nombreuses charpentes anglaises des XII^e-XIII^e siècles s'apparentent à celles édifiées en Normandie et en Île-de-France à la même période. Pour les charpentes romanes anglaises, les études sont malheureusement très rares.

Pour le XII^e siècle et le XIII^e siècle, la plupart des pièces de raidissement des chevrons-formant-fermes sont similaires mais leur disposition et leurs associations au sein des fermes sont parfois différentes. Par exemple en Angleterre, notamment dans les granges, les sous-chevrons sont toujours prolongés en tête jusqu'à s'entrecroiser en partie haute des fermes et pour s'assembler en about au chevron du versant opposé comme dans les granges de Cressing Temple dans l'Essex, de Siddington dans le Gloucestershire, et de Fyfield Hall dans l'Essex²⁶⁷ (fig. 200a), alors qu'en Normandie ces mêmes pièces ne sont jamais assemblées aux chevrons mais toujours à une autre pièce de raidissement, plus bas dans la ferme ou alors en tête dans un poinçon.

Cependant, on constate dans l'ensemble une grande similarité entre de nombreuses charpentes des deux côtés de la Manche. La charpente de la fin du XI^e de l'église Saint-Martin de Tours et celle de l'église de Chipping Ongar dans l'Essex (fig. 200b), avec des chevrons raidis par un entrait retroussé, deux aisseliers et deux contrefiches²⁶⁸, ressemblent beaucoup à celles du XII^e siècle des églises de Sainte-Marie-aux-Anglais et Norrey-en-Auge dans le Calvados et de la maison rue Malpalu de Rouen bien que leurs aisseliers soient courbes (fig. 155a, j, k). L'encastrement par embrèvement oblique des jambes de force et des aisseliers de cette charpente anglaise rappelle étrangement celui des charpentes des maisons du n° 18 rue Saint-Romain à Rouen de la fin du XII^e siècle (fig. 155l), de l'impasse Prud'homme à Bayeux en 1226d et du dortoir de l'abbaye de Bonport en 1221d (fig. 167a, c). L'emploi du mi-bois à demi-queue d'aronde pour les autres assemblages demeure une constante pour toutes les charpentes de cette époque en Angleterre comme en Normandie.

Ce dispositif des deux contrefiches assemblées en pied dans un entrait retroussé et en tête dans les chevrons se rencontre donc à l'identique des deux côtés de la Manche. Il s'observe aussi dans les charpentes de la cathédrale de Lincoln vers 1192-1200, du vestibule de la maison du chapitre de cette cathédrale vers 1220-1235, de l'église Saint-Pierre de Roydon dans l'Essex entre 1220 et 1250²⁶⁹. Comme en Normandie, ce dispositif semble disparaître des charpentes anglaises après le XIII^e siècle. De même, les aisseliers assemblés en tête dans un entrait retroussé et en pied dans les chevrons sont très répandus en Angleterre comme en Normandie pendant cette période. Certaines petites charpentes anglaises utilisant ce dispositif de raidissement avec ou sans faux-entrait comme celles de l'abbaye de Waltham dans l'Essex datée vers 1120-1130 ou de la maison du chapitre de la cathédrale d'Oxford vers 1250²⁷⁰ (fig. 200 c et d), appartiennent donc à la même famille que les charpentes normandes du XII^e siècle et du début du XIII^e siècle (fig. 155).

L'emploi des écharpes croisées assemblées avec un entrait retroussé est aussi une technique commune à l'Angleterre et à la Normandie pendant cette période. Les fermes raidies par ce dispositif des charpentes du transept de la cathédrale de Lincoln vers 1192-1200 (fig. 200e), de la chapelle extra-muros de l'abbaye de Coggeshall dans l'Essex vers 1219-1220, du transept de la cathédrale de Salisbury vers 1237, du transept de l'abbaye de Westminster à Londres²⁷¹ ou de la maison monacale de Gloucester entre 1241 et 1266²⁷² sont similaires à celles de l'église de Médavay du XII^e siècle et de la cathédrale de Bayeux, du réfectoire de Fontaine-Guérard ou de l'église de Quatremare de la première moitié du XIII^e siècle (fig. 155c, m et 167b, d). Tandis que ces écharpes vont disparaître dans le nord-ouest de la France à partir de la seconde moitié du XIII^e siècle, elles continueront à être utilisées en Angleterre jusqu'au XIV^e siècle dans les régions du sud-est comme dans les charpentes des manoirs de Copton à Sheldwich (1310-1340), de Lynsted Court à Lynsted (1370-1400), de Hurst Farm à Chilham (1300-1335) ou de Old Cryals à Brenchley (1320-1370)²⁷³.

Le lien de parenté le plus évident entre les charpentes normandes et celles édifiées en Angleterre concerne l'emploi du poinçon de fond et de la triangulation au cours du XIII^e siècle. Plusieurs charpentes à chevrons-formant-fermes comportant des fermes triangulées avec un poinçon de fond ont en effet été recensées dans le sud-est de l'Angleterre, surtout dans le troisième quart du XIII^e siècle²⁷⁴. Cette technique se répand effectivement

265. KIRK 1994.

266. EWETT 1980; BARNWELL et ADAMS 1994; PEARSON, BARNWELL et ADAMS 1994; QUINEY 1990; WEALDEN BUILDINGS STUDY GROUP 1990.

267. EWETT 1980, p. 53, 59 et 87 et SMITH 1958, p. 119.

268. EWETT 1980, p. 35.

269. EWETT 1980, p. 80, 89 et 114.

270. *Ibid.*, p. 51 et 89.

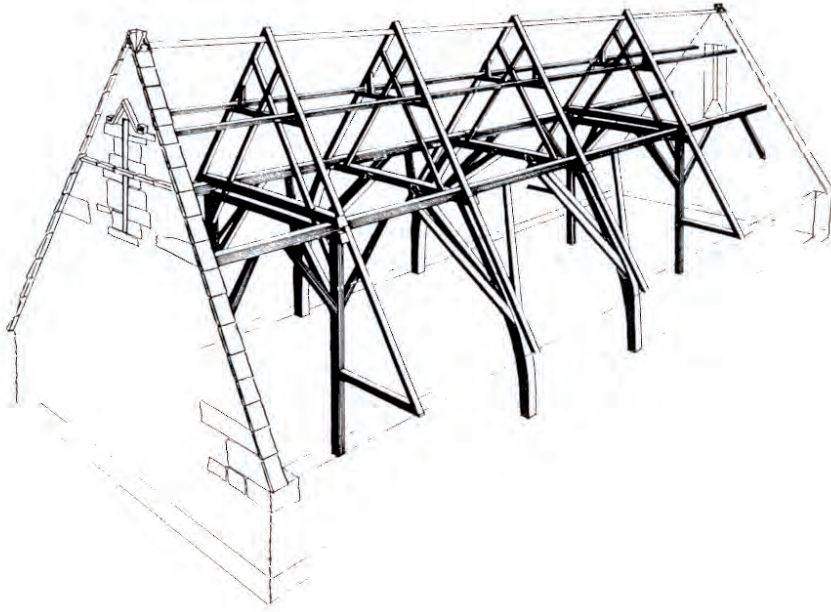
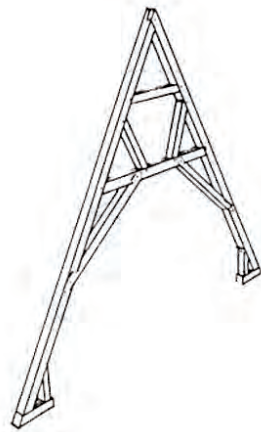
271. *Ibid.*, p. 59-172.

272. FLETCHER et SPOKES 1964, p. 163.

273. PEARSON, BARNWELL et ADAMS 1994, p. 107, 84, 35 et 21.

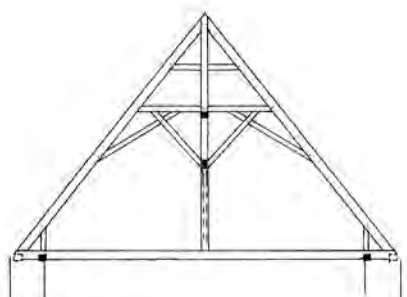
274. MUNBY, SPARKS et TATTON-BROWN, 1983, p. 123-135.

a. Grange de Siddington : vers 1200 (EWETT 1980, p. 88)

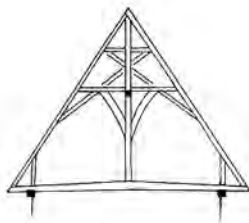
b. Église de Chipping Ongar :
fin du XI^e siècle
(EWETT 1980, p. 36)c. Abbaye de Waltham :
1120-1130
(EWETT 1980, p. 51)d. Maison du Chapitre, cathédrale d'Oxford :
vers 1250
(EWETT 1980, p. 89)e. Cathédrale de Lincoln :
vers 1192-1200
(EWETT 1980, p. 74)*Fig. 200 : Charpentes anglaises.*

au même moment des deux côtés de la Manche mais disparaît définitivement des charpentes anglaises à la fin du XIII^e siècle tandis qu'elle se diffuse à l'ensemble des charpentes françaises. Ces quelques charpentes anglaises s'observent à Canterbury

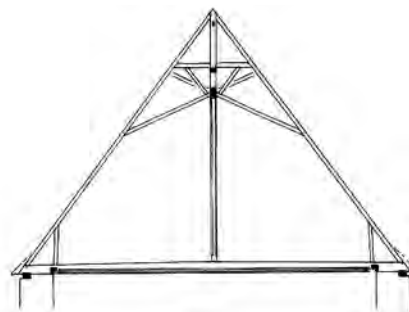
sur l'abbaye de Sainte Augustine, sur la chapelle de l'hôpital d'Eastbridge, sur l'église du Christ, sur la Maison de l'Abbé de l'abbaye de Robertsbridge dans l'East Sussex, sur les nefs des églises de Chartham et de West Stourmouth, sur les halles de



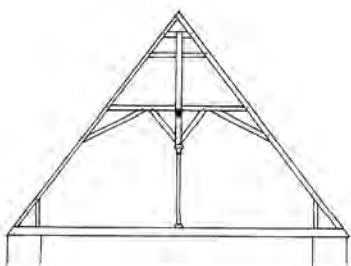
a. Cantorbéry, abbaye Sainte-Augustine



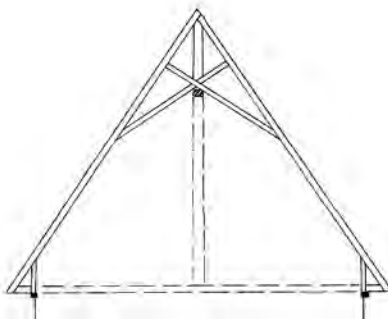
b. Cantorbéry, hôpital d'Eastbridge



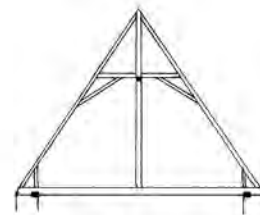
c. Cantorbéry, église du Christ



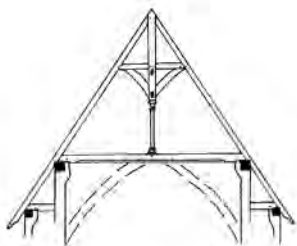
d. Robertsbridge, abbaye, maison de l'abbé



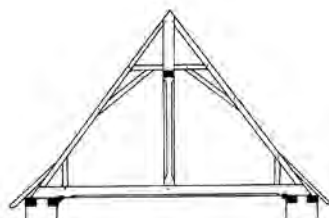
e. Chartham, nef de l'église



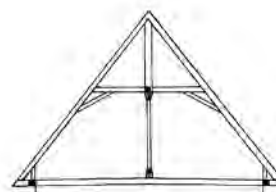
f. West Stourmouth, église



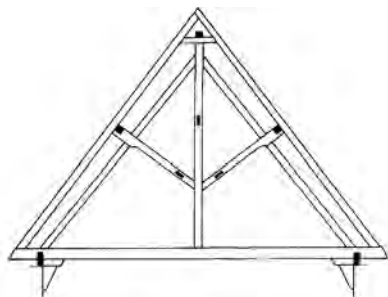
g. Ratling Court, Aylesham, hall



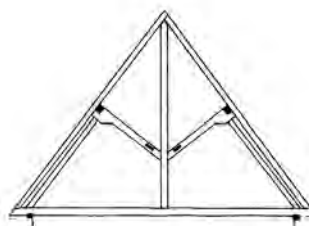
h. Old Vicarage, Maidstone, hall



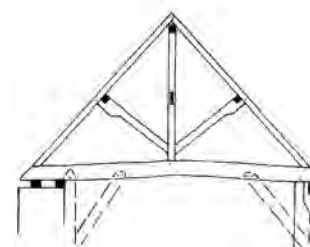
i. South Hayling, Hants



j. Chichester, cathédrale, nef



k. Chichester, palais épiscopal, chapelle



l. Bishop's Waltham, écurie

Fig. 201 : Charpentes anglaises aux fermes triangulées du troisième tiers du XIII^e siècle (MUNBY, SPARKS et TATTON-BROWN 1983, p. 129).

Ratling Court à Aylesham et de Old Vicarage à Maidstone dans le Kent et sur la nef de l'église de South Hayling dans le Hampshire²⁷⁵ (fig. 201a-i). Dans ces charpentes, le poinçon est toujours assemblé à des liernes longitudinales axiales qui servent à supporter les fermes secondaires et à transmettre leurs charges aux fermes principales. Ainsi, la triangulation est destinée ici à aider les fermes principales pour récupérer les charges des fermes secondaires selon le principe développé en Normandie dans la première moitié du XIII^e siècle dans les charpentes gothiques de l'abbatiale de Fécamp (1217-1223d), de la cathédrale de Rouen (1227-1232d) et des granges de Crouettes (vers 1222d), de Saint-Pierre-sur-Dives ou de Heurteauville (1237-1243d). Le poinçon permet aux fermes principales de recevoir les charges des fermes secondaires de chaque travée par l'intermédiaire des liernes axiales. Soulagés par l'effet de la triangulation, les entrants de ces fermes principales sont droits et de faible section. Déjà évoqués précédemment, les éléments de raidissement de ces fermes anglaises triangulées s'apparentent à ceux utilisés en Normandie à la même époque mais sont dans l'ensemble positionnés selon des orientations différentes. Les écharpes dans ces charpentes anglaises sont placées relativement haut dans les fermes et s'appuient par leur croisée sur les liernes axiales longitudinales, disposition qui reste inconnue à ce jour en Normandie. De même, les aisseliers et les contrefiches sont employés ensemble dans certaines de ces charpentes anglaises pour raidir un seul niveau d'entrait retroussé alors qu'en Normandie ces deux types de pièces ne sont jamais utilisés conjointement au sein d'une même ferme.

Un deuxième groupe de charpentes anglaises à fermes triangulées par un poinçon de fond présente de troublantes similitudes avec celles érigées en Normandie à la même époque. Il s'agit des charpentes de la nef de la cathédrale de Chichester, de la chapelle du palais épiscopal de Chichester et des écuries de Bishop's Waltham datées toutes trois de la seconde moitié du XIII^e siècle²⁷⁶ (fig. 201j-k). Elles présentent une structure à fermes et pannes avec des fermes triangulées par un poinçon de fond contre lequel s'appuie un couple de contrefiches destinées à supporter un cours de pannes sur chaque versant. Des sous-chevrons sont parfois utilisés pour raidir l'extrémité de ces contrefiches et un cours de pannes faîtières vient compléter le raidissement du chevronnage. La grande particularité de ces charpentes s'observe au niveau des assemblages des contrefiches et des pannes puisque celles-ci sont encastrées dans une surépaisseur des contrefiches, lesquelles sont assemblées aux chevrons par tenon-mortaise.

En Normandie, si ce type d'assemblage n'a pas été encore observé, le principe de la panne est cependant bien connu puisqu'il apparaît sous une forme expérimentale dans la charpente de la grange du Val-de-la-Haye (1216-1220d) et sous une forme parfaitement maîtrisée à Fécamp (1217-1223d) ou à Bonport (1228d) presque au même moment. L'emploi des contrefiches s'observe à Fécamp mais aussi dans les halles de Saint-Pierre-sur-Dives (1220-1230), dans la grange de Maubuisson dans le Val-d'Oise (1234-1264d)²⁷⁷ et dans la charpente de la cathédrale d'Amiens (1284-1285d)²⁷⁸. En France, ces contrefiches raidissent les arbalétriers sur lesquels reposent les pannes tandis qu'en Angleterre ces arbalétriers n'existent pas et les contrefiches sont directement assemblées aux pannes. Enfin, notons que dans ces charpentes anglaises, des liens obliques sont assemblés aux contrefiches et aux pannes exactement comme les contrefiches à trident des charpentes de Maubuisson et de la cathédrale d'Amiens²⁷⁹.

Vers la fin du XIII^e siècle, la triangulation et les poinçons de fond disparaissent des charpentes anglaises et ne seront désormais plus jamais utilisés ou très exceptionnellement jusqu'à la fin du Moyen Âge alors qu'en France, la triangulation va se répandre à l'ensemble des charpentes de comble et ne cessera d'être utilisée.

Dans le processus évolutif des charpentes anglaises, le *crown post* va remplacer le poinçon de fond dans les dernières décennies du XIII^e siècle²⁸⁰. Destiné, comme l'était le poinçon de fond, à recevoir le cours de liernes axiales, le *crown post* travaille en compression sur l'entrait qui va désormais adopter une plus forte section et une courbure très prononcée afin de répondre à cette contrainte. Cette nouvelle forme de charpente va perdurer jusqu'à la fin du Moyen Âge.

De même, la technique des pannes supportées par des contrefiches disparaît des charpentes anglaises dès la fin du XIII^e siècle. Elle ne réapparaît qu'au XVII^e siècle notamment dans les charpentes du transept de la cathédrale de Worcester ou du transept de la cathédrale de Beverley dans le Yorkshire²⁸¹, sous une forme typiquement française avec des pannes assemblées à des arbalétriers, forme connue dès le XIII^e siècle en Normandie. Les pannes continueront toutefois à être utilisées dans les charpentes anglaises dans le courant des XIV^e-XVI^e siècles, notamment dans les granges. Elles sont parfois disposées sur les abouts des entrants retroussés des fermes principales, soulagés ou non par des potelets, et parfois simplement assemblées sur les flancs de leurs chevrons²⁸². Cette technique demeure cependant inconnue en Normandie pour cette période.

277. DIETRICH et GAULTIER 2000-2001, p. 129.

278. PRACHE 1995, p. 303.

279. LE PORT 1977, p. 495.

280. MUNBY 1993, p. 169.

281. EWETT 1980, p. 245-247.

282. SMITH 1958, p. 125.

275. MUNBY, SPARKS et TAITTON-BROWN, 1983, p. 129.

276. *Ibid.*, p. 128-130.

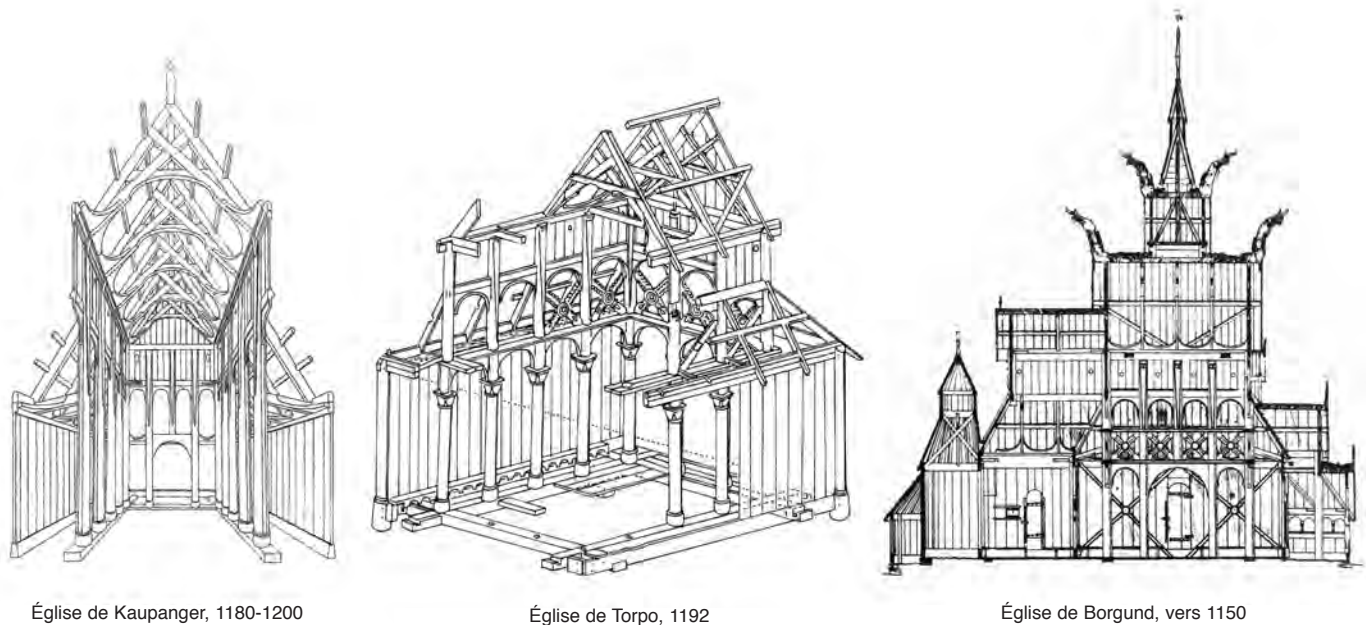


Fig. 202 : *Stavkirker de Norvège, XII^e-XIII^e siècle (BUGGE 1993).*

Ce bref aperçu des techniques de charpenterie anglaises des XI^e-XIII^e siècles met en lumière les liens étroits qui ont pu s'établir dans ce domaine avec la Normandie. Les nombreuses similitudes s'expliqueraient par la circulation trans-Manche de maîtres charpentiers durant cette période mais peut-être aussi par l'existence éventuelle d'un fond technologique commun avant la conquête de l'Angleterre. La multiplication des chantiers de construction insufflée par la conquête de l'Angleterre en 1066²⁸³ et l'importance des flux commerciaux au sein du royaume anglo-normand ont permis cette circulation des maîtres d'œuvre et des équipes de charpentiers entre la Normandie et l'Angleterre. Quelques rares sculptures sur bois comme les chapiteaux à godrons en tête des poteaux du palais épiscopal de Farnham dans le Surrey ou les arcades décorées de pointes de diamant du palais épiscopal d'Hereford datées entre 1115 et 1145²⁸⁴ témoignent aussi de cette activité en Angleterre comme en Normandie (Neuf-Marché).

Il est intéressant de noter que l'évolution commune des techniques de charpenterie des deux côtés de la Manche a survécu à l'annexion de la Normandie au domaine de la couronne de France jusqu'à la fin du XIII^e siècle. Le développement en Angleterre comme en Normandie de la triangulation et des pannes supportées par des contrefiches confirme le maintien des relations

trans-Manche dans le domaine de la construction, notamment pour les charpentes de comble, jusque dans les dernières décennies du XIII^e siècle. Par la suite, dès le début du XIV^e siècle, les techniques anglaises vont profondément se démarquer de celles utilisées en Normandie et en France, tant sur le plan structurel que stylistique, avec notamment le développement du *crown post* et des dispositifs dérivés du *cruck*.

Pour conclure, il convient d'évoquer les *stavkirker* (« églises en bois debout ») de Norvège, édifiées entre le XII^e et le XIII^e siècle, et les liens éventuels pouvant exister avec les constructions normandes (fig. 202). Élevées à partir de la seconde moitié du XII^e siècle pour les plus anciennes et jusqu'à la fin du XIII^e siècle, ces églises en bois se définissent par un cadre rectangulaire de colonnades de hauts poteaux, espacés de 1 m environ, portant la charpente du comble, ouverte du sol jusqu'au faite. Des bas-côtés disposés en galeries entourent le centre de cette nef qui se prolonge par un chœur constitué de palissades et de poteaux d'angles. Les charpentes des combles sont presque toutes identiques et se présentent sous la forme d'une succession de fermes légères, assises à l'aplomb des hauts poteaux et supportant des petites pannes pour porter directement une couverture de planches et d'essentes. Les fermes sont composées d'un couple de chevrons raidis par deux longues écharpes assemblées par mi-bois en pied de la ferme et un entrait retroussé. Leur contreventement est assuré par des *kne*, sortes de coude en quart-de-rond comparables à ceux des constructions navales, placés dans le plan des chevrons, en pied de ferme. Au regard des plans et des relevés de ces églises, aucun lien n'est

283. BAYLÉ 1992, p. 29.

284. EWETT 1980, p. 38-41.

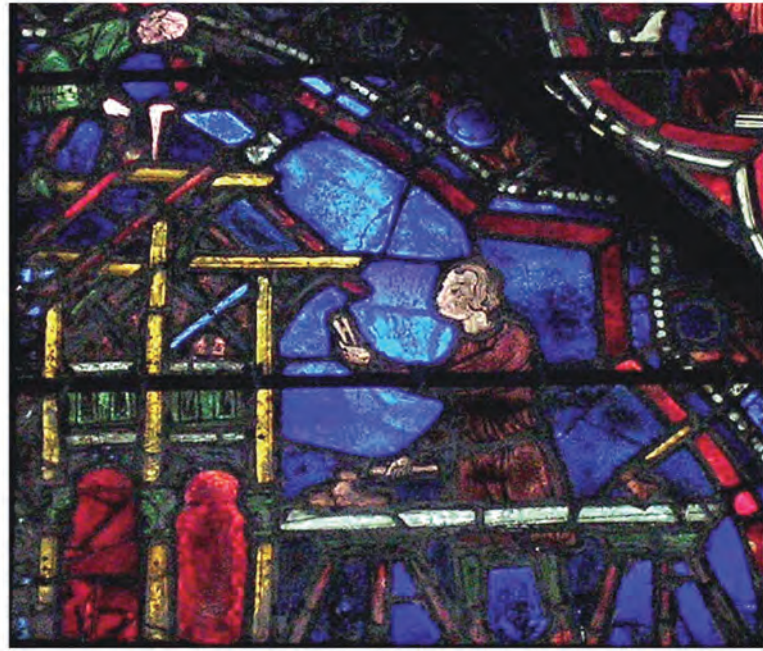
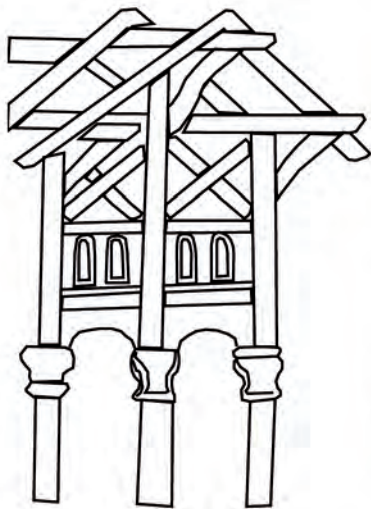


Fig. 203 : Représentation d'une charpente à poteaux porteurs, début XIII^e siècle. Vitrail de la cathédrale de Chartres.

perceptible entre ces charpentes et celles de Normandie, pour la même époque. Les pannes sont ici légères et servent à supporter les planches de la couverture, non un chevonnage comme en Normandie. Les écharpes sont aussi différentes puisqu'elles sont assemblées en pied du chevron et n'apparaissent jamais sous cette forme en France. Quant à la présence d'un entrait principal à la base des fermes, elles en sont généralement dépourvues, le couple d'écharpes assemblées en pied des chevrons fonctionnant à la manière d'un *cruck* permet de maintenir leur écartement. Par ailleurs, les rares voûtes du XIII^e siècle (église de Torpo) s'apparentent davantage à celles des pays de l'Est, notamment des églises de Roumanie, et non des églises du nord de la France.

Deux siècles environ après les incursions vikings, les rapports entre la Norvège et la Normandie n'ont visiblement pas laissé de trace dans les techniques de construction en bois, à l'exception toutefois de certaines représentations iconographiques. En effet, on peut observer sur l'un des vitraux du début du XIII^e siècle de la cathédrale de Chartres (fig. 203) la représentation schématique d'un édifice en bois en cours de construction par deux charpentiers, l'un debout sur la faîtière

creusant un trou de cheville avec une tarière, l'autre au sol équarissant à la doloire une poutre posée sur deux « chantiers ». Cette représentation symbolique très détaillée évoque un édifice dont la charpente s'apparente fidèlement à celles des *stavkirker* norvégiennes édifiées à la même époque. Cette charpente montre une colonnade de hauts poteaux rapprochés, étré sillonnés par des arcades cintrées et des croix de Saint-André, et pourvus de chapiteaux sculptés à la naissance des arcatures comme dans les églises de Borgund vers 1150, de Torpo vers 1192 (fig. 202) ou de Ringebu vers 1225-1250. Les poteaux sont assemblés en tête à des pannes destinées au support des chevrons alors que dans les *stavkirker* les poteaux supportent des fermes par l'intermédiaire d'une sablière, non des pannes. Cette ressemblance reste tout de même très troublante car il est indéniable que le verrier a cherché à représenter une charpente du type de ces églises norvégiennes et qu'aucune structure de ce type n'est connue dans le nord-ouest de la France. Peut-être faut-il y voir le témoignage d'un « souvenir de voyage » du verrier ou du commanditaire de ce vitrail dans les pays nordiques.

ÉTUDES
MONOGRAPHIQUES

CETTE PARTIE est entièrement consacrée à la présentation du corpus. L'ordre de classement des charpentes respecte une typologie architecturale des édifices, avec en priorité l'architecture religieuse des églises, des chapelles, suivies des grandes églises abbatiales et des cathédrales, pour aborder ensuite les édifices résidentiels et à vocation économique, avec les bâtiments conventuels, les maisons, les manoirs puis les granges et les halles. Chaque monographie comprend une étude historique et architecturale de l'édifice, plus ou moins complète selon l'intérêt du monument et de la charpente, suivie de la présentation et la description des structures en bois. Ce corpus regroupe 49 charpentes distinctes, des XII^e et XIII^e siècle, pour

la plupart inédites, qu'il s'agisse de structure de comble à deux versants, de croupe, de bas-côtés, de beffroi, de pan-de-bois ou de plafond. On ne saurait en effet limiter l'étude des techniques de charpenterie aux seules charpentes de combles puisque les charpentiers appliquaient leur art aussi bien au pan-de-bois qu'aux clochers, quelle que soit l'architecture du monument. Sur ces 49 structures, 37 soit 75 % des charpentes sont datées par dendrochronologie, essentiellement par le laboratoire du CNRS de Rennes et quelques autres par le CEDRE de Besançon et Archéolabs de Paris.

Classement alphabétique des charpentes datées

| Commune | Édifice | Charpente | Proposition de datation dendrochronologique | Laboratoire | Datation retenue | Commentaires |
|---------------------------------|---|------------------------|---|-----------------|--|---|
| Bayeux (14) | Cathédrale Notre-Dame | Beffroi | vers 1194 | Archéolabs | vers 1194 | réemplois de 1217/1218d |
| | | Bras nord | vers 1250 | Archéolabs | vers 1250 | |
| | | Bras sud | vers 1192 | Archéolabs | entre 1223 et 1226 | |
| | | | entre 1223 et 1226 | Rennes | | |
| | | Chœur | aut.-hiver 1227/28 | Archéolabs | aut.-hiver 1227/1228 | |
| | | déambulatoire | 1224-1225 | Rennes | 1224-1225 | |
| | | Salle au Trésor (nord) | 1224-1225 | Rennes | 1224-1225 | |
| Chapelle de la Conception (sud) | 1225 | Rennes | 1225 | | | |
| Bayeux (14) | Maison canoniale, impasse Prud'homme | Comble | aut.-hiver 1225/1226 | Rennes | aut.-hiver 1225-26 | Bois réemployés au XVI ^e s. |
| | | Plancher | aut.-hiver 1225/1226 | Rennes | aut.-hiver 1225-26 | |
| Beauvais (60) | Grange Saint-Lazare | | aut.-hiver 1219/1220 | Rennes | aut.-hiver 1219/1220 | |
| Boos (76) | Manoir Saint-Amand | | / | / | milieu du XIII ^e s. | |
| Brionne (27) | Donjon | Hours | entre 1153 et 1168 | Rennes | entre 1153 et 1168 | |
| | | Chaînage | entre 1107 et 1122 | Rennes | entre 1107 et 1122 | |
| Crouttes (61) | Grange prieurale | Partie est | vers 1222 | Rennes | vers 1222 | Charpente de 1222 environ reprise vers 1275 à l'ouest |
| | | Partie ouest | entre 1267 et 1278 vers 1275 | Rennes CEDRE | vers 1275 | |
| Fécamp (76) | Église abbatiale de La Trinité | Nef | entre 1217 et 1223 | Rennes | entre 1217 et 1223 | Partie ouest de la charpente de la nef |
| Fontaine-le-Pin (14) | Chapelle templière de Voismes | Chœur | / | / | 2 ^e moitié du XII ^e s. | |
| Gisors (27) | Chapelle Saint-Laurent de Vaux | Chœur | 1224 | Rennes | 1224 | |
| | | Nef | entre 1217 et 1227 | Rennes | | |
| Gravigny (27) | Léproserie Saint-Nicolas | Bâtiment C | / | / | 2 ^e moitié du XII ^e s. | |
| Heurteville (76) | Grange | | entre 1237 et 1243 | Rennes | entre 1237 et 1243 | |
| Jumièges | Église abbatiale Notre-Dame | Avant-nef | après 1030 | Rennes | | |
| Lisieux (14) | Cathédrale Saint-Pierre | Nef | aut.-hiver 1182/1183 | Rennes | aut.-hiver 1182-83 | |
| | | Bras nord | entre 1192 et 1202 | Rennes | entre 1192 et 1202 | |
| | | Bras sud | entre 1199 et 1208 | Rennes | entre 1199 et 1208 | |
| | | Chœur | entre 1200 et 1206 | Rennes | entre 1200 et 1206 | |
| | | déambulatoire | entre 1196 et 1206 | Rennes | entre 1196 et 1206 | |
| Médavy (61) | Église Notre-Dame du Repos | Chœur | / | / | fin XII ^e -début XIII ^e s. | |
| Mesnil-Mauger (14) | Église Notre-Dame de Sainte-Marie aux Anglais | Nef | aut.-hiver 1191/1192 | CEDRE | vers 1144 | Liernes et poteaux rajoutés vers 1290d Lambris entre 1545 et 1565d |
| | | | vers 1144 | Rennes | | |
| | | Chœur | aut.-hiver 1216/1217 non datable | CEDRE Rennes | fin XII ^e -début XIII ^e s. | |
| Neuf-Marché (76) | Église Saint-Pierre | Chœur | entre 1127 et 1133 | Rennes | entre 1127 et 1133 | |
| Norrey-en-Auge (14) | Église Sainte-Anne | Chœur | / | / | 2 ^e moitié du XII ^e s. | |
| Pont-de-l'Arche (27) | Abbaye de Bonport | Dortoir | 1221 | Rennes | 1221 | |
| | | Chauffoir | vers 1221 | Rennes | 1221 | |
| | | Réfectoire | aut.-hiver 1240/1241 | Rennes | aut.-hiver 1240/1241 | |
| | | Grange | 1228-1230 | Rennes | 1228 | |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--|----------|--|---|
| Quatremare (27) | Église Saint-Hilaire | Chœur | / | / | début du XIII ^e s. | |
| Radepont (27) | Abbaye de Fontaine-Guérard | Dortoir | / | / | entre 1218 et 1250 | |
| Rouen (76) | Cathédrale Notre-Dame | Nef | date non acquise | Besançon | entre 1227 et 1232 | en réemploi dans la charpente de 1230 environ |
| | | | entre 1178 et 1183 ou entre 1227 et 1232 | Rennes | | |
| | | | 1195-1225 | Besançon | 1195-1200 | |
| Rouen (76) | Maison rue Malpalu | Comble | / | / | fin XII ^e -début XIII ^e s. | Disparue |
| Rouen (76) | Logis abbatial Saint-Amand | Comble et pan de bois | 1265-1270 | CRAHM | entre 1248 et 1270 | incendie mentionné en 1248 |
| | | | entre 1239 et 1270 | Rennes | | |
| Rouen (76) | Maîtrise Sainte-Évode | Comble | 1272 | Rennes | 1272 | |
| Rouen (76) | Maison, n°18 rue Saint-Romain | Comble | entre 1201 et 1216 | ? | entre 1201 et 1216 | |
| Saint-Martin-de-Boscherville (76) | Chapelle des Chambellans | | | | fin du XIII ^e s. | Mentionnée en construction en août 1295 |
| Saint-Martin-de-Boscherville (76) | Église abbatiale Saint-Georges | Bras nord et sud | entre 1112 et 1130 | Rennes | entre 1120 et 1130 | extraits |
| | | | entre 1224 et 1227 | Rennes | entre 1224 et 1227 | portiques et chevrons |
| | | Nef | / | / | entre 1120 et 1130 | Bois en réemploi |
| Saint-Pierre-sur-Dives (14) | Halles | | / | / | vers 1220-1230 | Disparue |
| Saint-Sulpice-sur-Risle (61) | Église Saint-Sulpice | Chœur | / | / | 2 ^e moitié du XII ^e s. | |
| Val-de-la-Haye (76) | Grange templière Sainte-Vaubourg | | entre 1216 et 1220 | Rennes | entre 1216 et 1220 | |
| Villiers-en-Desœuvre (27) | Chapelle templière de Chanu | Comble | entre 1183 et 1192 | Rennes | entre 1183 et 1192 | |
| | Porterie templière de Chanu | Plancher | entre 1197 et 1214 | Rennes | entre 1197 et 1214 | Réemplois de 1170-1209 |
| Warnavillers (60) | Grange au Diable | | aut.-hiver 1189/1190 | Rennes | aut.-hiver 1189/1190 | |

NEUF-MARCHÉ (SEINE-MARITIME),

ÉGLISE SAINT-PIERRE

SITUÉE sur la rive gauche de l'Epte, aux marges du Vexin normand, la place forte de Neuf-Marché constituait au XI^e siècle l'un des principaux points de contrôle de la frontière occidentale du duché de Normandie. En 1050, Hugues de Grandmesnil, gardien de cette place et fondateur avec la famille Giroie de l'abbaye de Saint-Évroult-en-Ouche, dota, sur des droits de péages et des moulins lui appartenant, l'église Saint-Pierre de Neuf-Marché d'un collège de chanoines¹. L'église fut donc partagée entre cette communauté de clercs séculiers, voués au service religieux de la famille des sires de Neuf-Marché, et la desserte paroissiale.

Selon un schéma fréquent en Normandie², cette collégiale dont les chanoines « vivaient trop dans le monde » selon Orderic Vital, fut transformée en prieuré en 1065 par Hugues de Grandmesnil³. Les quatre chanoines furent alors remplacés par des moines de l'abbaye bénédictine de Saint-Évroult-en-Ouche, fondée par ce même seigneur. La reconstruction du chœur et du transept de l'église Saint-Pierre, affectés à cette nouvelle communauté, remonte à cette époque. La nef, toujours vouée à la desserte de la paroisse, resta dans son état initial (fig. 1).

Guillaume de Roumare, châtelain de la place en 1128, augmenta le nombre de moines jusqu'à sept et procéda à des

travaux sur les bâtiments conventuels et sur le chœur : « *Cartam confirmationis rerum quas dederat dictavit et cancellum ecclesiae cum domibus monasticis renovavit* »⁴. Outre le réaménagement des passages entre le chœur et les chapelles latérales, ces travaux concernèrent aussi la reprise des charpentes du chœur, comme l'ont confirmé les analyses dendrochronologiques.

Les bâtiments conventuels, accolés au nord de l'église, ont été reconstruits vers 1261 si l'on en croit une note prise par l'archevêque de Rouen Eudes Rigaud lors d'une de ses visites pastorales au prieuré⁵. Un passage et un escalier furent aménagés dans le mur nord du transept, selon les recommandations de cet archevêque, pour permettre aux moines d'accéder directement de leurs cellules au chœur, de façon à ce qu'ils soient complètement isolés des paroissiens⁶. Seuls subsistent de ces bâtiments conventuels un pan de mur noyé dans des maçonneries contemporaines et ce passage au fond du croisillon nord de l'église.

L'édifice n'eut à subir que très peu de modifications jusqu'au 30 décembre 1705, lorsque le clocher se renversa sur les toitures du chœur et du transept à la suite d'une tempête. La restauration du

1. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica...*, CHIBNALL (éd.) 1969, vol. 2, p. 32; concernant la famille de Grandmesnil, DECAËNS 1994, p. 123-134.

2. WAZYLYSZYN 1995, p. 151.

3. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica...*, CHIBNALL (éd.) 1969, vol. 2, p. 130.

4. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica...*, CHIBNALL (éd.) 1969, vol. 6, p. 378-380.

5. EUDES RIGAUD, *Regestrum visitationum archiepiscopi Rothomagensi*, BONNIN (éd.) 1852, p. 413.

6. « *Precipimus priori quod chorum ecclesie sue faceret reparari, et adeo adaptari quod laici nequirent ad eos attingere nec eosdem videre, ut solebant, et decentius solito possent inibi monachi et clerici Domino famulari* », *Ibid.*, p. 620.

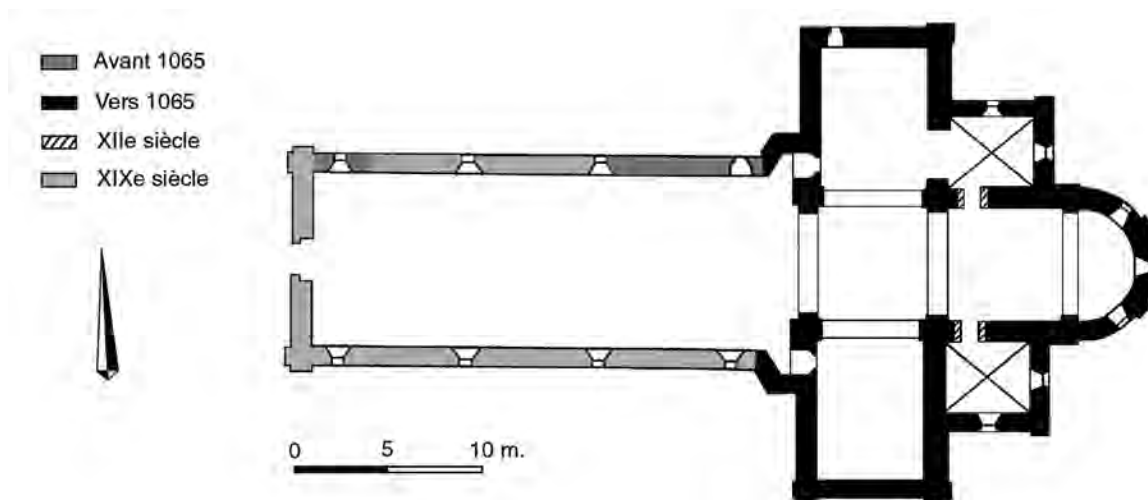


Fig. 1 : Plan de l'église Saint-Pierre de Neuf-Marché (Seine-Maritime).

clocher et de la charpente des combles ne fut achevée qu'en 1708⁷. Enfin, dans les années 1867-1868, la nef fut en très grande partie reconstruite. Seul le mur nord dans la première et la dernière travée conserva ses maçonneries romanes de silex en *opus spicatum* avec des vestiges de deux baies qui témoignent d'une construction du XI^e siècle.

Description architecturale

Le chœur, le transept et les deux chapelles orientales présentent une homogénéité de structure, d'appareillage et d'ornementation architecturale qui traduisent une seule campagne de construction correspondant à la transformation de la collégiale en prieuré vers 1065 par Hugues de Grandmesnil (fig. 2).

Le chœur comporte une travée droite voûtée en berceau terminée par une abside couverte d'un cul-de-four (fig. 3). Il est flanqué latéralement de deux chapelles à chevet plat communiquant chacune avec le vaisseau du chœur par un passage, réaménagé au XII^e siècle, doté d'un arc brisé pourvu à la base d'une imposte moulurée en damier. Ces chapelles étaient toutes deux couvertes, à l'origine, d'une voûte d'arêtes.

Les murs, percés de larges baies en plein cintre surmontées à l'extérieur d'un bandeau, sauf du côté des bâtiments conventuels au nord, sont constitués à l'extérieur d'un blocage de silex appareillés en *opus spicatum* complété en partie supérieure d'un moyen appareillage de pierre calcaire. Les sculptures du bandeau

fournissent une panoplie diversifiée de feuillages, de palmettes, de pointes de diamant et de rosettes finement travaillées.

Des contreforts plats à un seul ressaut raidissent les maçonneries sur le pourtour de l'abside ainsi qu'aux angles des croisillons du transept et du chevet plat des chapelles latérales. À la naissance de l'abside du chœur, les contreforts montent au sommet des murs tandis que sur son pourtour, leur élévation se limite au niveau de la retombée de la voûte en cul-de-four, aux deux tiers de la hauteur du mur. Notons que le mur pignon du chevet plat des chapelles latérales participe également au contrebutement des murs gouttereaux du chœur, soumis aux poussées de la voûte en berceau.

Les croisillons, couverts aujourd'hui d'un plafond moderne en bois, ne comportaient pas à l'origine de voûtement en pierre mais un couvrement en bois présentant un plafond fixé en entrevous des entrants de la charpente romane (fig. 4).

Cette construction se distingue par des murs gouttereaux d'une très grande élévation, une sobriété ornementale marquée par la rareté des sculptures limitées à l'extérieur, l'absence de chapiteaux ainsi que par quelques dispositions originales dans le contexte architectural normand de l'époque romane, comme les passages de circulation au revers des piliers ouest de la tour de croisée et la voûte en berceau couvrant la travée droite du chœur. Le dépouillement complet des élévations, l'austérité de l'ornementation et la rigueur esthétique de l'ensemble répondent bien aux constructions normandes du temps de Guillaume le Conquérant⁸.

Il subsiste, exposés dans le chœur, quelques éléments sculptés de l'ancien portail occidental roman (démonté au siècle dernier)

7. AD Seine-Maritime, G 8420.

8. MUSSET 1985, t. 1, p. 19; BAYLÉ 1992, p. 29.



Fig. 2 : Vue sud-est du chevet.



Fig. 3 : Voûte en berceau du chœur.



Fig. 4 : Croisillon nord.

qui, selon Lucien Musset, se composait d'une porte principale flanquée de colonnettes portant un tympan et de deux petits portails latéraux. Ce portail daterait, selon cet auteur, du second quart du XII^e siècle⁹ et pourrait donc se rattacher aux travaux entrepris en 1128 par Guillaume de Roumare.

Les structures en bois des combles de cet édifice ont été dans l'ensemble très remaniées. La charpente voûtée et lambrissée de la nef semble appartenir à la fin du Moyen Âge. Toute la charpente du clocher ainsi que les combles du transept ont été refaits en 1708 suite à l'incendie du clocher du 30 décembre 1705¹⁰.

Les dernières restaurations entreprises dans les années 1970 ont malheureusement fait disparaître les dernières traces des peintures murales qui subsistaient dans l'édifice.

La charpente du chœur

La structure du comble du chœur, dissimulée par la voûte romane, comprend de nombreux éléments d'origine encore en place malgré les travaux de restauration de 1708. Elle se compose d'un ensemble de huit fermes disposées sur la travée droite du chœur, longue de 5,23 m, et d'une croupe assise sur l'abside semi-circulaire.

Les analyses dendrochronologiques menées par le laboratoire de Rennes en 2001¹¹ et en 2006 sur 21 échantillons prélevés dans les bois de cette charpente confirment une mise en place entre 1127 et 1133, ce qui tend à faire coïncider l'édification de cette charpente avec les travaux entrepris par Guillaume de Roumare en 1128.

La construction du chevet de l'église de Neuf-Marché vers 1065 et la reconstruction de sa charpente 60 ans plus tard, entre 1127 et 1133d, suite aux travaux mentionnés dans les textes en 1128, illustrent avec évidence que les analyses dendrochronologiques d'une charpente ne datent pas systématiquement le monument dans sa globalité mais seulement une phase de la construction.

Disposition actuelle des fermes (fig. 5)

La structure actuelle, issue des restaurations de 1708, est composée de cinq fermes constituées chacune de deux chevrons, de deux jambes de force et d'un entrain à la base. Intercalées entre

celles-ci, deux fermes « à portique » (fermes n° 5 et 7) supportent un cours de pannes sur chaque versant. Leurs chevrons sont raidis par un entrain retroussé et deux jambes de force tandis que deux arbalétriers, assemblés en tête dans cet entrain retroussé, supportent les pannes grâce à une échantignole. Enfin, une ferme de croupe est assise au départ de l'abside, ferme dont la composition est distincte des fermes précédentes (fig. 6). L'espacement de ces fermes en entrevous des entrains est de 54 cm en moyenne.

Une panne-faîtière assemblée en tête du poinçon de la ferme de croupe et fixée à l'autre bout dans les maçonneries de la tour, comme les pannes, supporte la tête du chevronnage. Deux liens obliques assurent le contreventement longitudinal de cette panne-faîtière et donc de l'ensemble de la charpente.

Tous les entrains présentent des entailles vides d'assemblages à mi-bois en queue d'aronde ou en demi-queue d'aronde ainsi que des signes évidents d'un remaniement important tels que des amputations aux extrémités et des greffes. On constate que les entrains des fermes 5, 6, 7 et 8, par la position et la symétrie de leurs entailles à mi-bois, sont en place et que les autres entrains ont été déplacés pour subir une greffe sur une partie de leur longueur.

Les éléments du chevronnage sont de trois types. Le premier concerne des bois équarris à la scie, sans assemblage et de faible section, mis en place vraisemblablement en 1708 et qui sont présents sur le versant nord et dans l'entrevous des fermes des deux versants. Le deuxième type se rapporte aux chevrons des fermes 1, 2, 3 et 4, équarris également à la scie mais qui présentent des traces d'anciens assemblages tels un embrèvement en pied pour une jambe de force, un mi-bois en demi-queue d'aronde au tiers de sa hauteur et trois trous de cheville sur le restant de sa longueur destinés à la fixation de pannes. Ces éléments correspondent à des réemplois provenant d'une autre charpente, peut-être des croisillons du transept, refait aussi en 1708. Enfin, le troisième type s'applique aux chevrons sud des fermes 5 à 8 et aux deux entre-chevrons sud des fermes 2-3 et 3-4, qui présentent chacun trois entailles d'assemblages à mi-bois sur la face est, régulièrement espacées, ainsi qu'un mi-bois en tête du chevron. La correspondance de ces assemblages avec ceux des entrains et l'équarrissage des bois à la doloire confirment l'appartenance de ces derniers chevrons à la structure d'origine.

Remarquons également les nombreux éléments de réemploi, reconnaissables aux entailles à mi-bois non utilisées, dans le portique des fermes et parmi les jambes de force.

La ferme de croupe se distingue des fermes précédentes par une disposition complètement différente de ses éléments constitutifs (fig. 6 et 11). Un couple de chevrons, pourvus chacun d'une jambe de force, prend appui en pied aux abouts d'un entrain et en tête sur les flancs d'un poinçon de fond. Chaque chevron

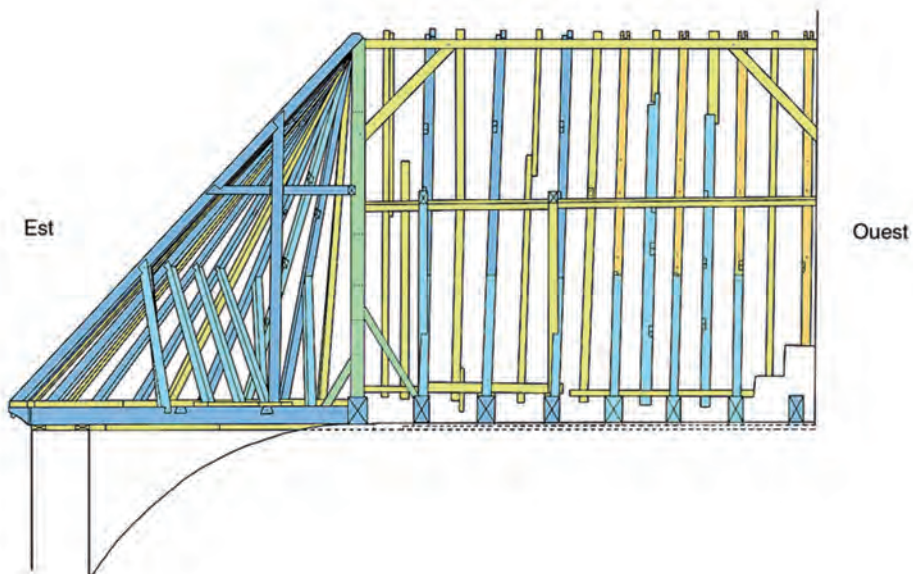
9. MUSSET 1985, t. 2, p. 293.

10. AD Seine-Maritime, G 8420.

11. BERNARD et LE DIGOL 2001b.

- 1127-1133, bois en place ou réemployé dans sa position d'origine
- 1127-1133, bois déplacé
- peu après 1133
- 1708
- Bois d'origine inconnue réemployé en 1708
- XX^e siècle

0 1 2 m.



Enrayure des faux-entrants de la croque

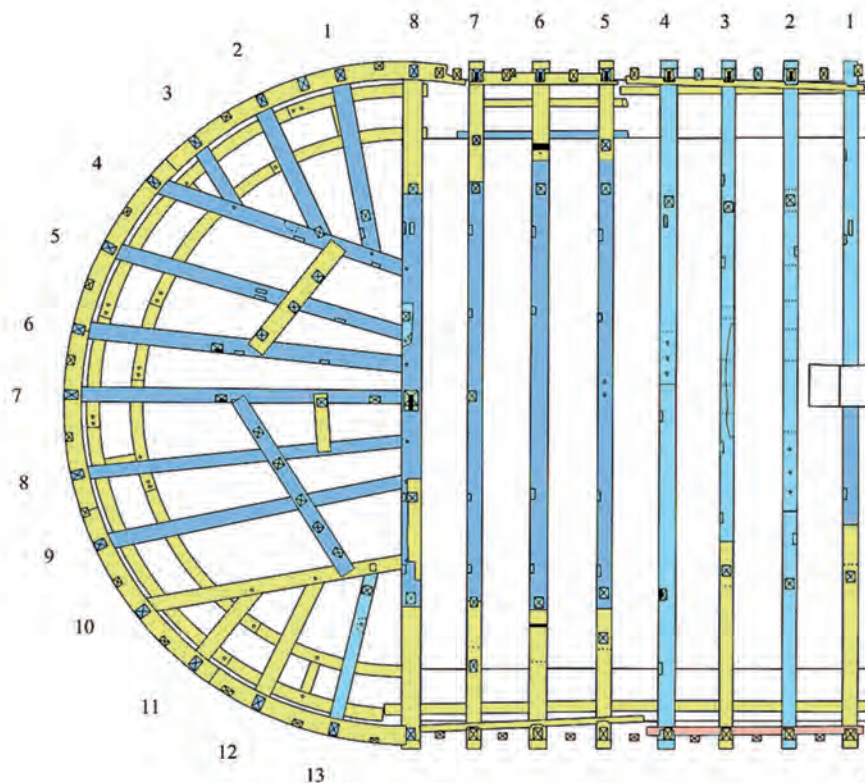
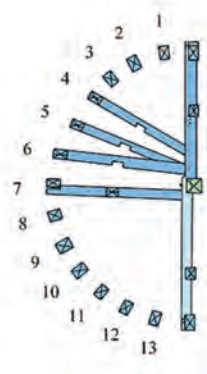


Fig. 5 : Charpente du chœur : coupe longitudinale et plan.

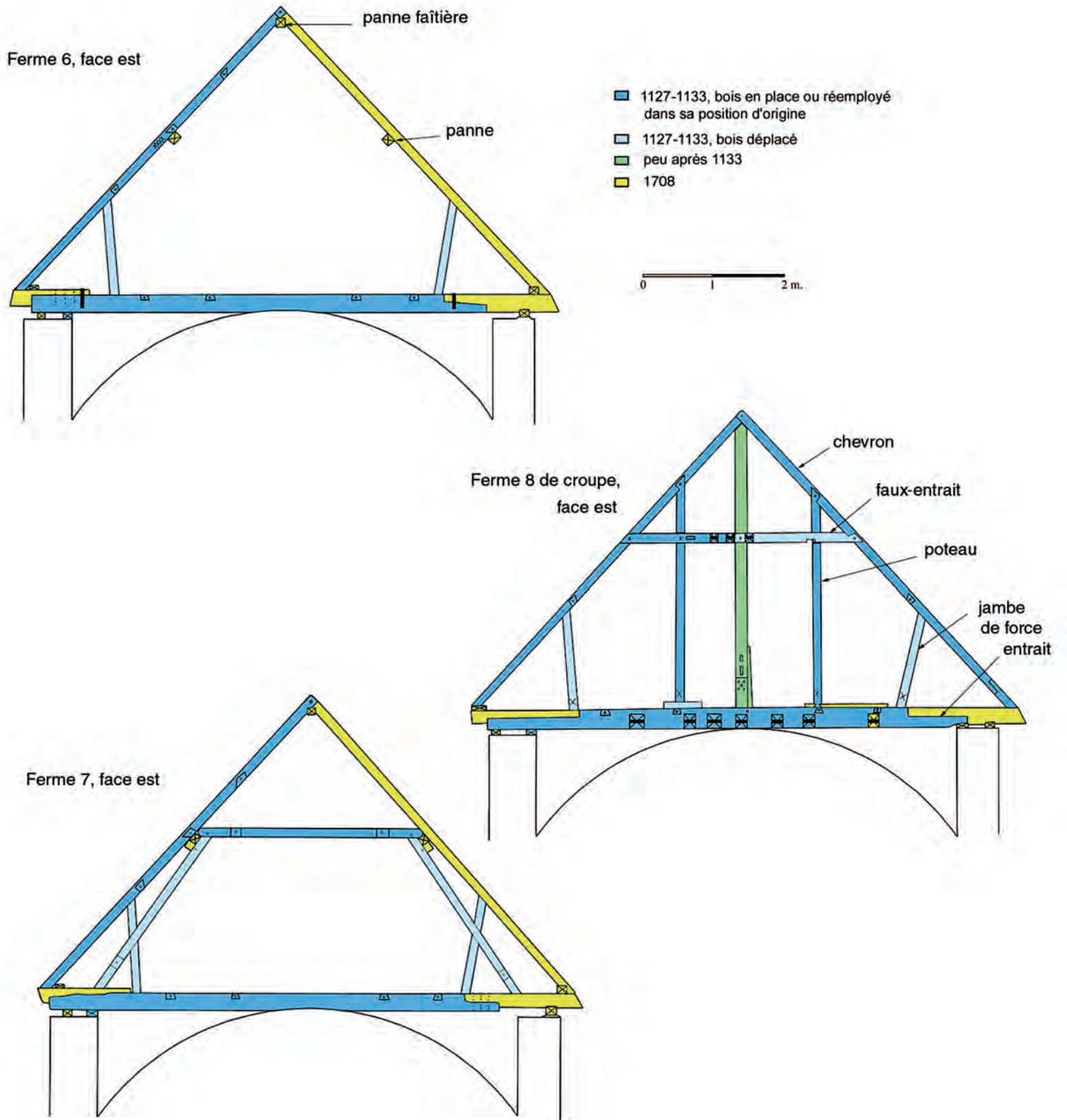


Fig. 6 : Fermes de la charpente du chœur.



Fig. 7 : Extrémité du faux-entrait de la ferme de croupe réemployée en semelle en 1708.

est raidi par un poteau vertical, assemblé à ses extrémités par un mi-bois, et par un faux-entrait assemblé également par mi-bois aux chevrons, aux poteaux et au poinçon. La moitié nord de ce faux-entrait a été remplacée tardivement et le pied de ces deux poteaux a été déchaussé.

L'assemblage à mi-bois de ce faux-entrait au chevron sud présente une particularité qui mérite d'être relevée (fig. 7). Ce faux-entrait a été mis en place en applique dans les entailles à mi-bois pratiquées dans le poinçon, les poteaux et les chevrons sur leur face est. Bien qu'ayant une section identique à ces bois, voisine de 10 x 11 cm, le faux-entrait n'a pas été assemblé à mi-bois mais au tiers de sa largeur, laissant ainsi une surépaisseur de bois qui recouvre les assemblages et les dissimule à la vue. Cette particularité s'explique par le fait que cette pièce reçoit les faux-entrants des demi-fermes de la croupe et que des assemblages normalement taillés à mi-bois, sans renfort, auraient logiquement cédé sous les charges. Ces assemblages à tiers-bois sollicitent moins de fibres ligneuses et autorisent donc plus de percements d'assemblages, notamment ceux pour les faux-entrants des demi-fermes. Cette précaution dans la taille des mi-bois s'observe également sur les bois romans réemployés vers 1230d dans la nef de la cathédrale de Rouen, bois qui n'ont été entailés qu'au tiers de leur section en raison des nombreuses entailles à mi-bois non réemployées qui les fragilisaient.

Les entrants de ces fermes sont portés au nord par une seule sablière monoxyle sur toute la longueur de la charpente, et au sud par une sablière pour les fermes 1 à 4 et par deux sablières pour les fermes 5 à 7. Seule la sablière interne de ces deux dernières semble d'origine. Il s'agit d'une pièce extrêmement endommagée par l'érosion, réduite à une section de 10 x 12 cm mais qui présentait à l'origine une largeur de 17 cm d'après les traces laissées en négatif dans le mortier de pose au sommet du mur roman.

L'altération des sablières d'origine et leur remplacement permettent d'expliquer en partie l'affaissement du niveau des entrants et le fait qu'ils reposent aujourd'hui sur l'extrados des voûtes.

Restitution des fermes d'origine

La disposition des éléments de la ferme 8 semble correspondre, d'après la distribution des entailles à mi-bois sur les chevrons et les entrants réemployés des autres fermes, à la structure primitive. La position des mi-bois sur les bois de réemploi et l'inclinaison des gorges de leurs entailles concordent précisément avec le schéma structurel de cette ferme.

Cette charpente se composait donc de huit fermes strictement identiques, indépendantes les unes des autres, sans aucun dispositif d'étrésillonnement ou de contreventement longitudinal (fig. 8 et 9). D'une portée d'entrait de 5,94 m, ces fermes avaient un entraxe moyen de 72 cm et une inclinaison des chevrons de l'ordre de 47°.

Chaque ferme possédait à la base un entrait de 26 cm de haut sur 17 cm de large en moyenne, qui reposait sur les murs gouttereaux par l'intermédiaire de deux cours de sablières. Un couple de chevrons, assemblés en tête par mi-bois, était raidi par un faux-entrait, deux poteaux verticaux et deux jambes de force obliques. Tous ces éléments s'assemblaient sur la face est par mi-bois à demi-queue d'aronde aux chevrons et à l'entrait, et par mi-bois à queue d'aronde pour le pied des poteaux. De même, le faux-entrait s'encastrait par mi-bois sur la face est dans les poteaux. Aucun assemblage à tenon-mortaise ne rentrait donc dans la composition de ces fermes. Les poteaux, les faux-entrants, les chevrons et les jambes de force présentent une section particulièrement faible, de l'ordre de 10 x 11 cm. Aucune rainure ni autre dispositif de fixation d'un plancher n'a été relevé sur les quatre faces des entrants, ce qui prouve que ces derniers n'ont jamais été apparents et que cette charpente a été conçue pour être dissimulée par la voûte en berceau.

Ce type de fermes dotées de poteaux verticaux assemblés à un faux-entrait avec un entrait à la base est relativement connu pour la période romane dans le nord de la France. On connaît les charpentes des églises Saint-Germain-des-Prés des années 1018-1038d et Saint-Pierre-de-Montmartre de 1164-1174d à Paris¹² et celles des églises de Merlemont dans l'Oise¹³ et de Chivy dans l'Aisne du XIII^e siècle¹⁴. Pour ces charpentes, les entrants servent de support à un plafond apparent constitué de planches alors qu'ici, comme pour la charpente romane réemployée de la cathédrale de

12. CRMH 1982a, pl. D.6930, D.6938, D.10440 à D.10443; FRAITURE et HOFFSUMMER 1998 et 2000.

13. CALAME 1984, 2, p. 236.

14. CRMH 1982a, D.10440 à 10443.

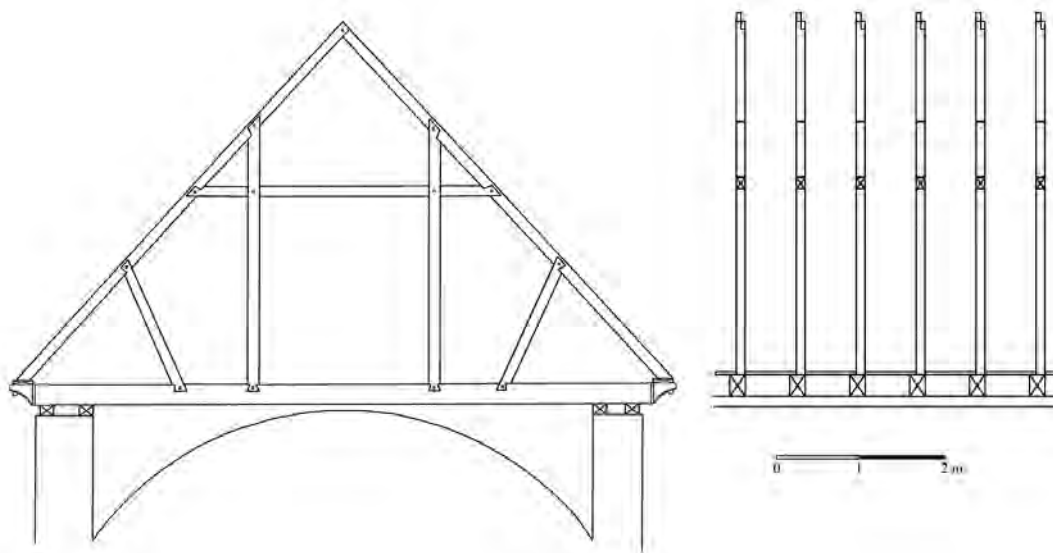


Fig. 8 : Restitution de la charpente du chœur (1127-1133d) : ferme et coupe longitudinale.

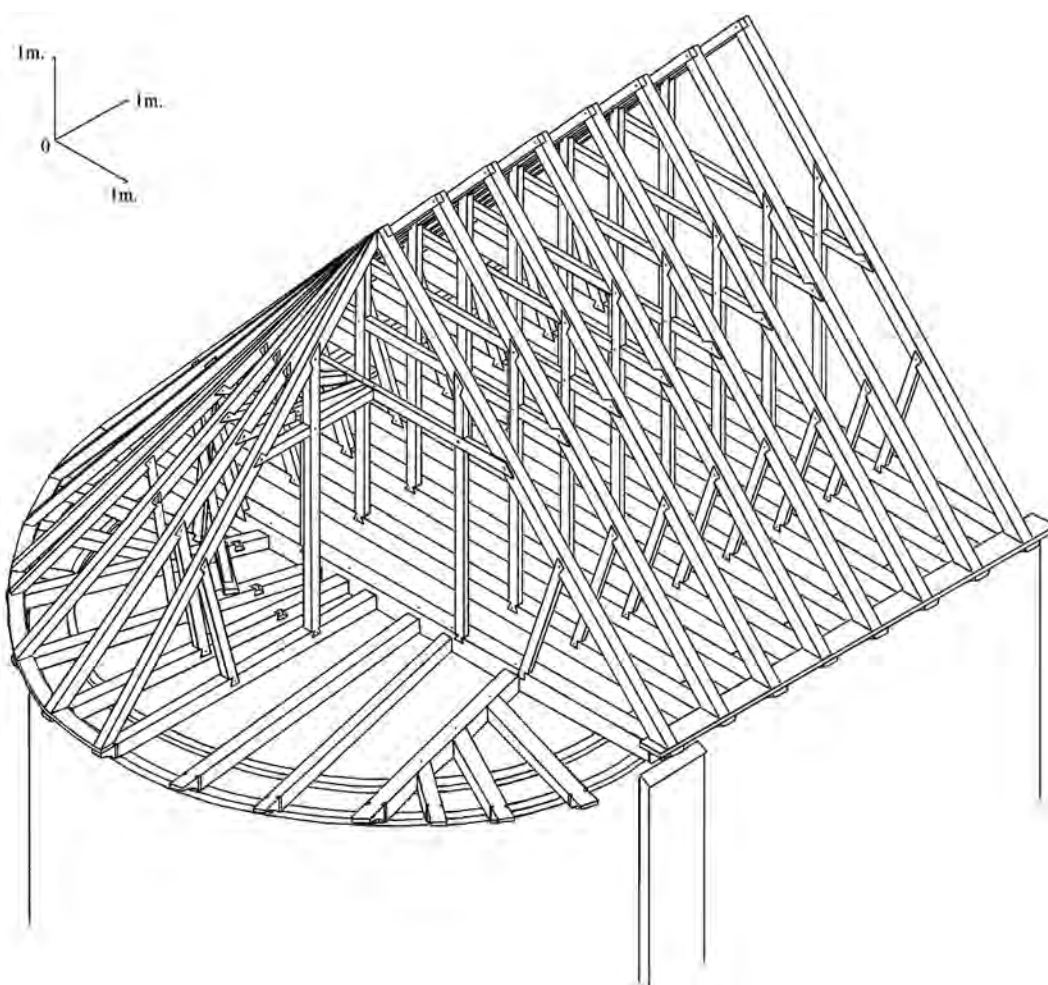


Fig. 9 : Restitution axonométrique de la charpente (1127-1133d).

Rouen constituée de fermes à entrain, la charpente était dissimulée par les voûtes. La présence d'un entrain à la base de chaque ferme n'est donc pas inhérente aux plafonds mais constitue réellement un élément typologique de la structure de ces charpentes romanes.

Cette catégorie de charpente à chevrons-formant-fermes est la forme la plus archaïque recensée à l'heure actuelle en France septentrionale. Elle se définit par un système de répartition des charges répondant uniquement à des efforts de compression et de flexion, par une absence de contreventement, une pente inférieure à 50° et par l'emploi exclusif de l'assemblage à mi-bois, notamment en pied de pièces. Les défauts de cette répartition des charges sont compensés en réduisant autant que possible la section des éléments qui transmettent les forces de compression (chevrons, poteaux, jambes de force...), et en augmentant excessivement l'épaisseur des pièces qui les récupèrent et travaillent en flexion (entrains).

Toutes les fermes étant identiques, les charges de la charpente se répartissent de façon homogène sur les murs gouttereaux qui se doivent d'être épais sur toute leur longueur. Cette structure va vite disparaître dans le courant du XII^e siècle avec l'apparition de la travée au sein de la charpente, plus adaptée aux murs minces, au percement de grandes baies et à une répartition des charges liée à la trame de l'édifice, au droit des contreforts. Parallèlement, la constitution des fermes va évoluer vers une meilleure maîtrise du raidissement des chevrons qui aura tendance à supprimer les éléments verticaux de transmission des charges et à libérer ainsi les entrains du report de ces charges.

La croupe

La majeure partie des éléments de cette croupe n'a subi que très peu de modifications et se trouve toujours en place. Elle comprend une ferme de croupe et treize demi-fermes constituées chacune d'un chevron, étayé par une contrefiche, et d'un demi-entrain à leur base (fig. 10 à 12). Un cours de sablières, chevillées sur l'extrémité des demi-entrains sur tout le pourtour de la croupe, réceptionne dans une petite cavité le pied des chevrons et des entre-chevrons¹⁵. L'enrayure des treize demi-entrains s'organise selon un plan rayonnant avec sept demi-entrains médians, assemblés à l'entrain de la ferme 8 par tenon-mortaise, complétés par six embranchements répartis au nord et au sud de la croupe.

Les chevrons de la moitié nord de la croupe sont étayés par une contrefiche dont la tête, grossièrement dégrossie, vient s'encastrent dans une cavité en forme de mortaise sans chevillage,

et dont le pied s'appuie sur une pièce de bois posée à plat sur plusieurs entrains (fig. 12). Dans la moitié sud de la croupe, les demi-fermes sont exécutées, à l'exception des demi-fermes 2 et 3, comme une moitié de ferme principale avec un demi-faux-entrain et des entailles d'assemblages à mi-bois sur le chevron et le demi-entrain pour recevoir une jambe de force et un poteau vertical. On remarque cependant qu'aucun poteau ni jambe de force n'a pu être mis en place dans ces assemblages puisque le plan vertical des chevrons ne correspond pas à celui de leur demi-entrain. Seule la demi-ferme 7, placée dans l'axe de la croupe et dont le plan vertical du chevron concorde avec celui de son demi-entrain, présente cette disposition de pièces à l'image d'une demi-ferme principale. La demi-ferme 6 a pu seulement assembler sa jambe de force en pied dans le demi-entrain mais avec une forte inclinaison pour rattraper l'écart du chevron. Faute de poteaux, les autres chevrons sud sont étayés par une contrefiche assemblée par un mi-bois ou dans une cavité et appuyée sur une sole exactement comme au nord.

Ces assemblages vides témoignent indéniablement d'une erreur de conception commise lors de l'exécution au sol des demi-fermes. Elles ont en effet été exécutées sur l'épure des fermes principales, l'espacement de ces assemblages étant strictement identique à celui des fermes principales¹⁶. La croupe a donc été conçue comme une structure pouvant se composer de demi-fermes reproduisant exactement le schéma d'une moitié de ferme principale et disposées selon un plan rayonnant. Cependant, l'impossibilité technique de faire correspondre l'enrayure des demi-entrains avec celle des demi-faux-entrains dans le même plan vertical que les chevrons a contraint les charpentiers à improviser un dispositif d'étalement pour remplacer les poteaux en disposant sur une sole, répartie en travers sur les entrains, des contrefiches assemblées aux chevrons par mi-bois ou par encastrement.

Les demi-fermes nord ne présentent pas d'entailles vides de mi-bois et semblent avoir été conçues et réalisées spécifiquement pour ce système d'étalement par contrefiches en appui sur les entrains. Ne reproduisant pas ce défaut de conception, les demi-fermes nord semblent donc avoir été exécutées après les demi-fermes sud de la croupe, après que les charpentiers ont pris conscience de leur erreur.

Les demi-faux-entrains des demi-fermes sud, non raidis par les poteaux initialement prévus, ont donc reporté toutes leurs charges sur le faux-entrain de la ferme de croupe auquel ils sont assemblés par tenon-mortaise. Ce dernier a donc fléchi sous cette surcharge, ce qui a contraint les charpentiers, dans un second temps, à mettre en place au sein de la ferme un poinçon assemblé par un mi-bois à ce dernier de façon à le soulager. Cette réparation, peu après la

15. La datation de ces sablières curvilignes et de celles placées sous les entrains reste indéterminée mais il semble que ce dispositif corresponde à celui d'origine, aucune trace d'autre assemblage n'ayant été repéré.

16. Un réemploi d'éléments de fermes principales est complètement exclu en raison des sculptures d'about d'entrain qui sont d'origine et parfaitement adaptées à la courbe de l'abside.

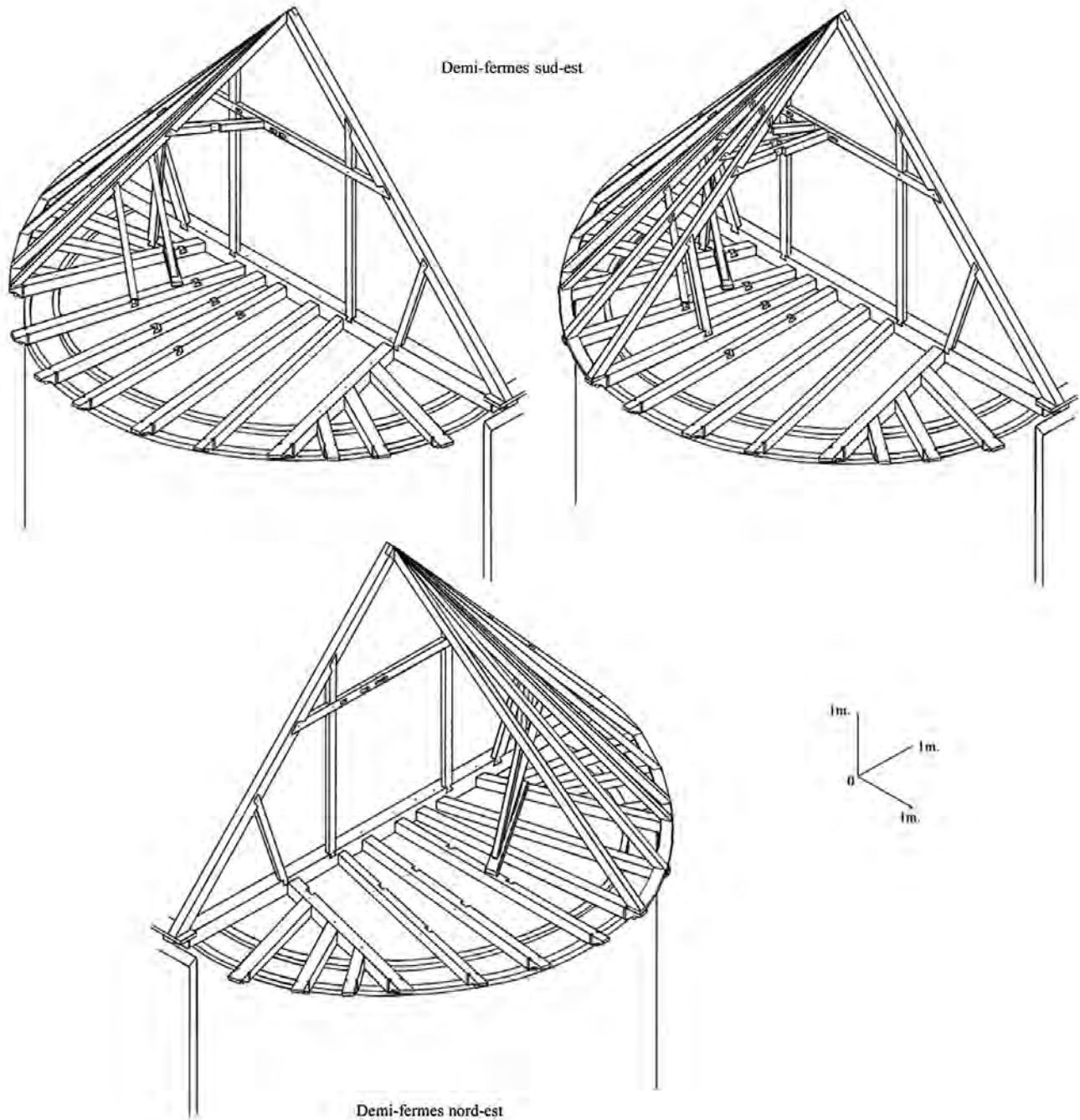


Fig. 10 : Axonométries de la croupe.

mise en place de la croupe, est attestée par le fait que le poinçon n'a pas été assemblé en tête aux chevrons et qu'il est composé de deux pièces assemblées par un mi-bois¹⁷ pour être inséré en sous-

17. Cet assemblage, situé en pied du poinçon, est fixé par cinq chevilles et consolidé par trois cales.

œuvre dans la ferme. Ce poinçon travaille donc uniquement en compression, sans triangulation, comme un poteau.

L'erreur de conception commise sur les demi-fermes sud et cette réparation consécutive résultent d'une façon de concevoir les charpentes de combles selon sur une perception bi-dimensionnelle de la structure et donc de la difficulté pour les charpentiers à projeter et à exécuter au sol une structure



Fig. 11 : Ferme de croupe.



Fig. 12 : Enrayure des demi-entrants de la croupe.

assemblée en trois dimensions. L'ensemble des charpentes de comble de cette époque sont des structures constituées de fermes indépendantes dépourvues d'éléments longitudinaux. Aucune autre croupe de la première moitié du XII^e siècle, dans l'état actuel de nos connaissances, n'a été conservée. Il faut attendre la fin du XII^e siècle pour qu'apparaissent en Normandie les premiers éléments longitudinaux et que se développe la conceptualisation de structures tridimensionnelles plus complexes. Le beffroi roman de la cathédrale de Bayeux dans le Calvados présente encore une structure composée uniquement de pans-de-bois plus ou moins indépendants les uns des autres et non d'éléments travaillés dans trois plans directionnels.

La disparition des charpentes du XI^e et du début du XII^e siècle résulte certes de l'évolution des formes des combles et des techniques de charpenterie aux XII^e-XIII^e siècles mais elle s'explique aussi en grande partie par leurs nombreux défauts de conception liés à cette perception bi-dimensionnelle des structures de combles qui a engendré le déversement quasi systématique des fermes, lui-même facilité par des assemblages et des sections de pièces inadaptées aux contraintes de la charpente. On peut en effet s'étonner que la charpente d'origine des années 1065-1070 ait été remplacée 60 ans plus tard, sauf si l'on considère qu'elle devait déjà présenter d'importants désordres structurels, au point qu'il fut jugé nécessaire de la remplacer entièrement par une structure mieux adaptée.

Les marques d'assemblages

Une série continue de marques d'assemblages en chiffres romains, inscrites à la mine de plomb¹⁸, a été repérée sur les assemblages d'origine des demi-fermes de la croupe (fig. 13). Elle progresse de I à XIII en partant au nord à la demi-ferme 13 jusqu'à la demi-ferme 1 au sud. Ces marques sont inscrites sur la face interne des bois, sur les chevrons nord au-dessus des cavités destinées aux têtes des contrefiches et sur les chevrons sud au droit des mi-bois réservés aux jambes de force et aux demi-faux-entraits. Ces derniers reproduisent la marque au droit du mi-bois du chevron, en sous-face. Notons qu'aucune marque n'a été relevée sur les chevrons sud au niveau des mi-bois destinés aux poteaux, preuve que les charpentiers ont marqué les assemblages après s'être rendus compte du défaut de conception de ces demi-fermes. Ce marquage s'est donc effectué après la « mise-dedans », opération qui consiste à assembler au sol les éléments d'une ferme pour corriger les éventuels défauts de taille. Ces marques, présentes uniquement sur les assemblages d'origine, témoignent d'une mise en place commune des demi-fermes

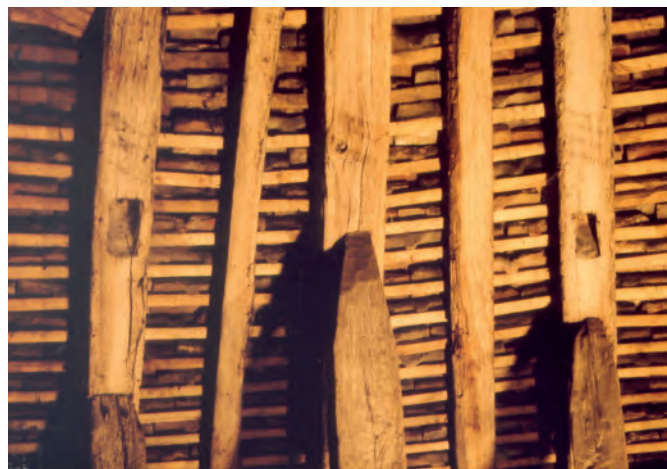


Fig. 13 : Assemblages des contrefiches aux chevrons et marques au noir de charbon.

nord et sud, bien que ces dernières aient été taillées avant les demi-fermes nord.

Ce type de marquage en chiffres romains est particulièrement précoce au regard des marquages de la période romane caractérisés par des signes non ordinaux qui ne permettent pas de positionner une ferme au sein d'une numérotation continue. Le système des chiffres romains va se répandre surtout à partir de la fin du XII^e siècle avec le développement des charpentes à structure tramée¹⁹, qui réclament un positionnement spécifique pour chaque ferme et donc l'emploi d'un marquage ordinal.

Sur les fermes de la travée droite, aucune marque au graphite n'a été relevée. Seul le chevron sud de la ferme 6 présente une marque en forme de signe particulier tracé à la pointe d'un ciseau à bois, sur sa face est au-dessous du mi-bois du faux-entrait. Bien qu'elle soit isolée, elle témoigne de l'usage d'un marquage non ordinal des fermes, typique de ces charpentes dont les fermes sont toutes identiques et interchangeable²⁰.

19. Charpentes dont la structure se divise en travées régulières marquées par des fermes principales et secondaires, adaptées à la trame du bâtiment.

20. Exemples de marquage non ordinal : charpente réemployée de la nef de la cathédrale de Rouen de la fin du XII^e siècle ; charpente de la chapelle de l'ancien palais épiscopal de Laon, datée par dendrochronologie entre 1178 et 1188 ; charpente du bras sud du transept de la cathédrale de Lisieux, du premier quart du XIII^e siècle ; charpente de la nef de l'église Saint-Mort à Huy (Belgique), datée par dendrochronologie entre 1230 et 1235 ; charpente du chœur de l'église Saint-Pierre de Gonesse (Val-d'Oise) de la fin du XII^e siècle ou du début du XIII^e siècle.

18. Appelé aussi graphite ou plombagine.



Fig. 14 : Abouts sculptés et rainurés des entrails de la croupe.

Les sculptures des abouts d'entrails

Tous les demi-entrails de la croupe se prolongent au-delà des sablières pour déborder de 25-30 cm à l'extérieur du mur de l'abside, sous le débord de la toiture (fig. 14 à 16). Ces extrémités, visibles de l'extérieur, présentent toutes en sous-face une sculpture identique en forme de gorge incurvée, chanfreinée aux arêtes et pourvue d'un petit tonnelet horizontal, à l'exception des demi-entrails 10, 11 et 12, mis en place en 1708.

Au droit du parement externe du mur, les flancs de ces demi-entrails sont creusés d'une rainure verticale, profonde et large de 3 centimètres, destinée à recevoir un cache-moineau. Il s'agissait de planchettes disposées en entrevous des entrails, glissées dans ces rainures pour cloisonner l'espace entre ces fermes et assurer ainsi l'isolement du comble.

Comme les extrémités des demi-entrails de la croupe, les entrails des fermes posées sur la travée droite du chœur faisaient



Fig. 15 : Rainure latérale des entrails de la croupe.

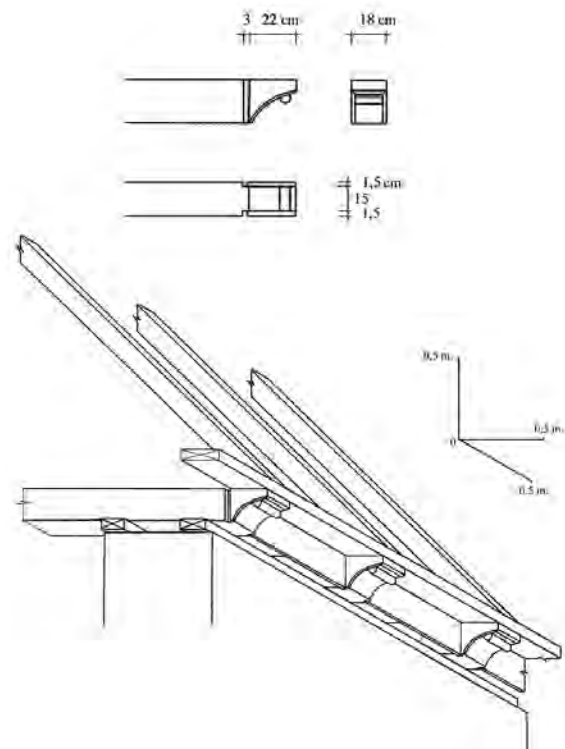


Fig. 16 : Relevé des abouts d'entrails de la croupe.

également saillie à l'extérieur des murs, sous le débord de la toiture. Le cours des pièces de réception des pieds de chevrons se poursuivait sur l'about des entrails des fermes en s'intercalant avec les cache-moineaux glissés en entrevous qui garantissaient le cloisonnement de ces saillies.

Tous les abouts d'origine de ces entrails ont été sciés lors des restaurations du XVIII^e siècle, cependant l'une de ces extrémités a été retrouvée dans le comble de la chapelle latérale sud.



Fig. 17 : Sculpture avec son rostre à deux becs.

Ce morceau de bois, extrêmement détérioré, présente une sculpture de tête zoomorphe pourvue d'un cou plissé, de deux yeux cernés prolongés d'un rostre à deux becs (fig. 17-18). La face de cette tête devait se présenter en face inférieure de l'entrait, comme la sculpture d'about des demi-entrants de la croupe, pour être visible d'en bas. Cette tête conserve encore les traces fugaces d'un enduit blanc sur lequel on remarque quelques fragments d'une couche de peinture bleu-turquoise. Aucune trace d'enduit peint n'a cependant été remarquée sur les sculptures encore en place de la croupe, exposées depuis le XII^e siècle aux intempéries. L'état de conservation de ces traces de peinture et la difficulté de procéder à une retouche picturale sur ces éléments de bois en haut des murs gouttereaux semblent confirmer leur authenticité.

Ces abouts d'entrants sculptés et probablement peints, en saillie en dehors des murs tous les 54 cm sur la travée droite et tous les 61 cm sur l'abside, peuvent être assimilés à des modillons en bois. Ce débord des entrants s'observe sur d'autres charpentes romanes dans la région Centre²¹ comme à Beauvais au X^e siècle sur l'église de la Basse-Cœuvre. Le parallèle avec les modillons en pierre est assez troublant sachant que leur espacement de 50 à 60 cm reproduit l'écartement moyen des fermes des charpentes romanes qui, en France septentrionale jusqu'au milieu du XII^e siècle, sont toutes pourvues d'un entrait à la base. Il est désormais permis de se demander si ces modillons en bois imitent des modillons en pierre ou si ces derniers ne sont pas au contraire la forme pétrifiée de ces sculptures en bois, plus fréquentes qu'on le supposerait sur les édifices romans et préromans.

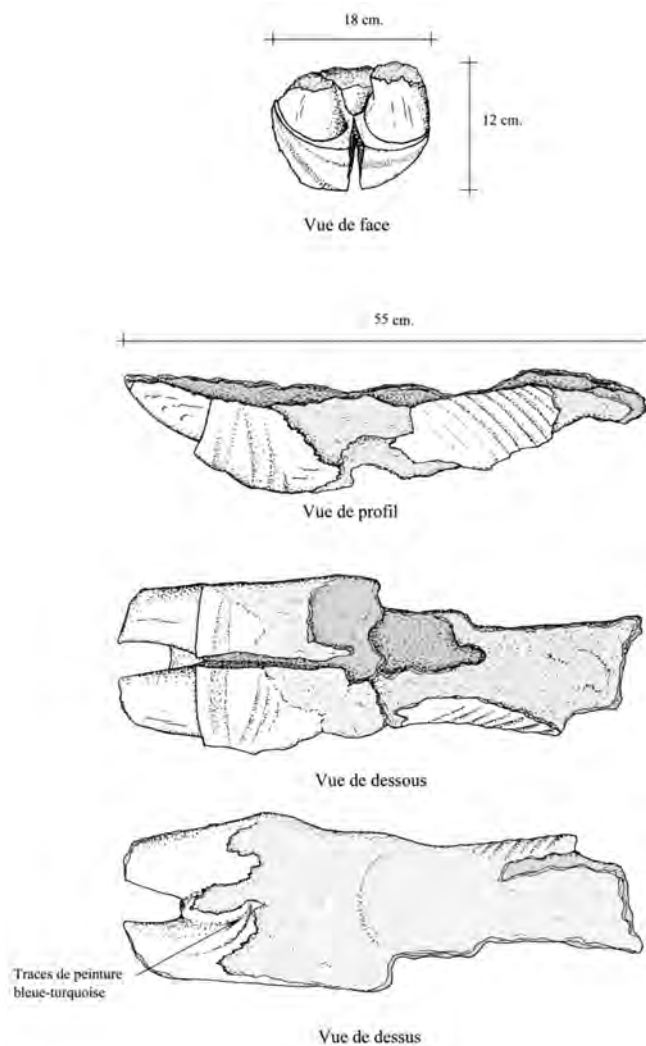


Fig. 18 : Relevés de la sculpture.

21. CRMH 2002.

NORREY-EN-AUGE (CALVADOS), ÉGLISE PAROISSIALE SAINTE-ANNE

LA PREMIÈRE MENTION de cette église est rapportée par Orderic Vital¹, associée à des événements survenus peu avant 1050 dans le contexte de la renaissance du monachisme normand. À l'image de nombreux seigneurs de grandes familles qui, dans la première moitié du XI^e siècle, participèrent à la fondation de nouveaux monastères, les deux fils de Robert I^{er} de Grandmesnil, Hugues et Roger, seigneurs du sud du pays d'Auge, décidèrent d'implanter une communauté religieuse à Norrey, à proximité de la résidence seigneuriale de cette famille. Peu de temps après l'arrivée des premiers moines venus de Conches, Guillaume Géré, oncle d'Hugues et de Roger, leur recommanda un site plus propice au développement de l'abbaye, mieux pourvu en eau et en bois. Il les persuada alors de déplacer la communauté à Saint-Évroult-en-Ouche en 1050. Les moines de Norrey refusèrent toutefois ce transfert et il fallut que Roger II de Montgommery, vicomte d'Hiémois, les prît sous sa protection et les installât peu avant 1059 sur son domaine à Troarn pour fonder une autre abbaye². Après cette « délocalisation », l'église Sainte-Anne de Norrey devint paroissiale et rentra dans les possessions de l'abbaye de Saint-Évroult ainsi que « toute sa dîme, la terre du prêtre et une terre labourable de trois charruées »³. Elle resta jusqu'à la Révolution dans la dépendance de cette abbaye.

1. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica*, M. CHIBNALL (éd.) 1969, vol. III, p. 14-17, 20, 32 et 40.

2. MUSSET 1970, p. 5.

3. FAUROUX 1961, n° 122, p. 289.

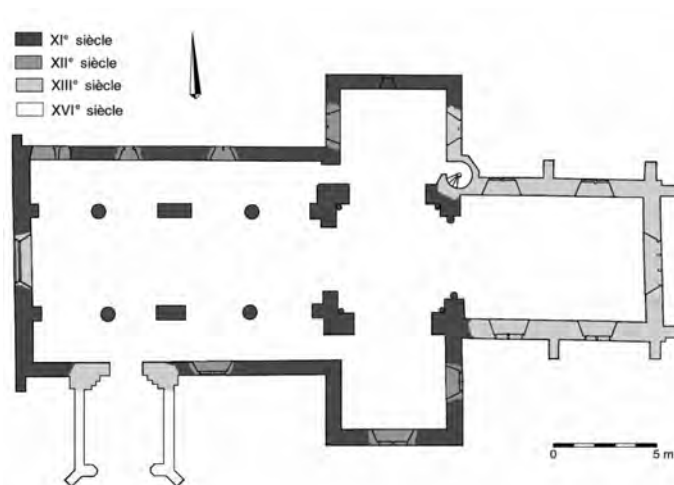


Fig. 1 : Plan de l'église Sainte-Anne de Norrey-en-Auge (Calvados).

L'édifice actuel a de grandes chances d'être celui qui fut occupé peu avant 1050 par les moines de Norrey. De nombreux éléments architecturaux témoignent en effet de son ancienneté et d'une haute datation de ses élévations⁴.

L'église comporte une nef romane de quatre travées non voûtées et flanquées de collatéraux, un transept saillant surmonté sur la croisée d'un clocher roman, et un chœur à chevet plat du

4. BAYLÉ 1997, t. II, p. 22-23 et MUSSET 1985, t. I, p. 36-37.



Fig. 2 : Nef vue du bas-côté nord, avec son niveau de baies du XII^e siècle rajouté sur les élévations du XI^e siècle.

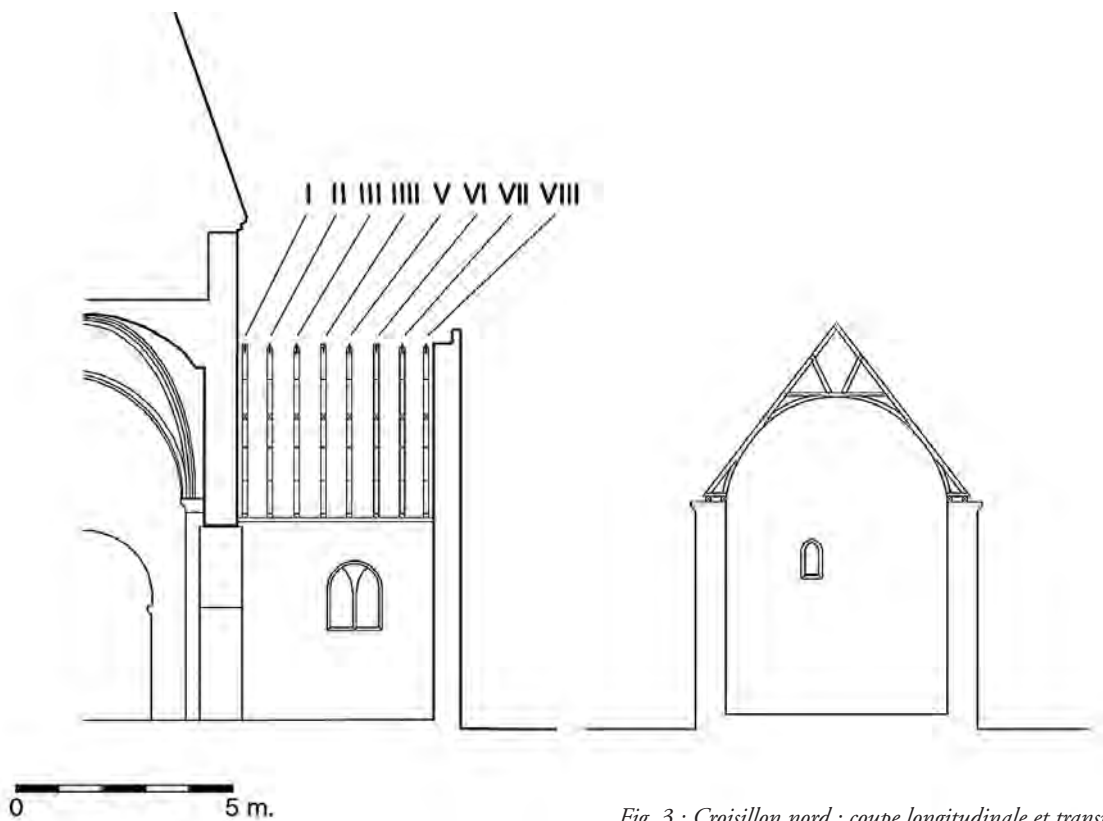


Fig. 3 : Croisillon nord : coupe longitudinale et transversale.

XIII^e siècle (fig. 1 et 2). La nef présente de grandes arcades en plein cintre à simple rouleau qui retombent sur des supports alternés massifs de piles quadrangulaires et de grosses colonnes pourvues d'impostes sauf pour l'une d'entre elles qui possède un chapiteau écrasé à volutes ioniques. D'étroites baies en plein cintre, murées aujourd'hui, perçaient les murs gouttereaux au droit des piles. La condamnation de ces baies date du XII^e siècle, époque à laquelle ces murs ont été surélevés et percés d'ouvertures ébrasées, juste au-dessus des baies du XI^e siècle. De cette reprise datent également les percements pratiqués dans les murs romans des collatéraux. La grande baie à double lancette du pignon occidental est attribuable quant à elle à la campagne du chœur, du XIII^e siècle⁵.

La tour de clocher repose sur des piles quadrangulaires qui supportent à l'ouest un arc diaphragme à simple rouleau en plein cintre, et à l'est un arc triomphal à double rouleau qui retombe sur deux colonnes engagées pourvues de chapiteaux à très haut taillor. Les arcades nord et sud sont surbaissées. Une voûte sur croisée d'ogives, portée par des colonnettes aux quatre angles, a été mise en place dans la seconde moitié du XII^e siècle. Les deux bras du transept ont gardé leurs maçonneries d'origine mais ont été reperçés sur chaque mur au XII^e siècle, lors de la campagne de surélévation de la nef, contemporaine selon nous du voûtement de la croisée et du percement des collatéraux.

Le chœur, entièrement reconstruit au XIII^e siècle, est couvert d'une voûte de deux croisées d'ogives reposant sur des consoles. Les grandes baies nord et sud comportent chacune deux lancettes surmontées d'un écoinçon ajouré, et sur le pignon oriental, trois lancettes avec, là aussi, des écoinçons ajourés. À l'extérieur, des contreforts raidissent les angles des maçonneries et une corniche supportée par des modillons sculptés couronne le haut des murs.

D'importants décors peints de différentes époques ont été identifiés sur les murs de la nef, du transept et du chœur. Les deux premiers décors datés du XII^e siècle recouvrent l'intérieur de la nef, au-dessous des parties rajoutées à la fin de ce siècle. Les peintures murales qui leur succèdent témoignent de programmes décoratifs sur l'ensemble de l'édifice à diverses périodes de l'époque gothique⁶.



Fig. 4 : Charpente du croisillon nord.

Les charpentes

La nef et les deux bras du transept sont couverts d'une charpente voûtée en berceau plein cintre dont le lambris de lattis est enduit de plâtre. Aucun entrain ne traverse le vaisseau de la nef, ni les croisillons du transept.

Le lambris plâtré de la charpente du bras nord du transept a été récemment retiré en raison de son état de dégradation, laissant apparaître la structure interne du comble (fig. 3 à 5). On peut ainsi apercevoir une charpente à chevrons-formant-fermes composée de huit fermes identiques non étré sillonnées les unes aux autres. Elles sont chacune constituées d'un couple de chevrons (12 x 12 cm) assemblés en tête par enfourchement et raidis par un entrain retroussé, de deux aisseliers et de deux jambes de force courbes, assises sur un blochet. Deux petites contrefiches viennent

5. MUSSET 1968, t. IV B, p. 119.

6. LAVALLE s.d., p. 64-65 et MUSSET 1985, t. I, p. 304-305.



Fig. 5 : Fermes du croisillon nord.

compléter le raidissement du haut des fermes en étant assemblées en tête par un mi-bois avec ergot aux chevrons, sur leur face sud, et en pied par tenon-mortaise dans l'entrait retroussé. Tous les autres assemblages sont à tenon-mortaise. Le profil des aisseliers et des jambes de force ainsi que les délardements pratiqués dans les chevrons et l'entrait retroussé s'inscrivent dans un arc en plein cintre. L'espacement des fermes varie irrégulièrement entre 48 et 58 cm.

Des marques d'assemblage sont visibles sur la face sud des bois, en pied des contrefiches, en pied ou en tête de chaque aisselier et sur l'about ouest de l'entrait retroussé avec toujours un report de la marque sur l'autre bois assemblé. Il s'agit de chiffres romains, inscrits à la rainette, qui définissent une série continue de I à VII évoluant de la première ferme au sud jusqu'à la dernière ferme au nord.

Jusqu'à présent, cette voûte a toujours été datée du XVIII^e siècle. Il est vrai que de nombreuses églises ont été couvertes à cette

époque par des charpentes voûtées en berceau lambrissé, assez souvent en plein cintre, sans ferme principale à entrait. De plus, l'absence d'étrésolement peut se justifier ici en raison du nombre restreint de fermes et de la présence des murs pignons aux extrémités. Cependant, l'emploi des petites contrefiches obliques, d'assemblages à mi-bois avec ergot, l'aspect très altéré des bois, l'irrégularité de l'équarrissage réalisé à la doloire, les nombreux renforts rapportés aux fermes et surtout la très grande quantité de clous destinés au lambris en sous-face des éléments de la voûte, laissent penser que cette charpente a été mise en place dans la seconde moitié du XII^e siècle. Elle ferait donc partie de la campagne qui a vu la surélévation de la nef, le voûtement de la croisée, l'agrandissement des baies des murs et, peut-être, les peintures murales de la nef.

Il n'a pas été possible jusqu'à présent de vérifier la structure des charpentes des autres parties de l'édifice. Notons seulement que la voûte lambrissée et plâtrée du bras sud du transept présente le même profil que celle du bras nord. Pour la charpente de la nef, il nous paraît peu probable qu'elle soit d'origine, même si la voûte semble analogue à celle des croisillons, elle aurait été dotée nécessairement de fermes à entrait.

MESNIL-MAUGER (CALVADOS), ÉGLISE NOTRE-DAME DE SAINTE-MARIE-AUX-ANGLAIS

L'ÉGLISE NOTRE-DAME de Sainte-Marie-aux-Anglais est une construction de plan relativement simple et modeste (fig. 1). Elle présente une nef sans bas-côté de 14 m sur 6,20 m, couverte d'une charpente voûtée et lambrissée, et un chœur long de 9,45 m sur 4,60 m, terminé par un chevet plat et couvert d'une voûte de deux croisées d'ogives. Un clocher en bois vient s'appuyer par des traverses sur les murs de la nef, juste avant l'arc diaphragme qui s'ouvre sur le chœur.

D'après l'examen des maçonneries, des sculptures, de la forme des baies et de l'appareillage, la nef et le chœur appartiennent à deux campagnes de constructions distinctes des XII^e-XIII^e siècles.

La nef

La nef apparaît comme la partie la plus ancienne de l'édifice (fig. 2-3). Subdivisée en trois travées régulières, elle se présente avec un très bel appareil de pierre de Caen, à l'exception du pignon qui est maçonné en moellons calcaires. Le vaisseau est éclairé par des baies étroites en plein cintre, très haut placées et largement ébrasées vers l'intérieur. Le portail occidental et la porte latérale nord présentent de larges voussures en plein cintre richement décorées de bâtons brisés et soutenues par des colonnettes à chapiteaux. Les murs gouttereaux sont raidis par des contreforts plats et un bandeau horizontal ceinture la nef à la

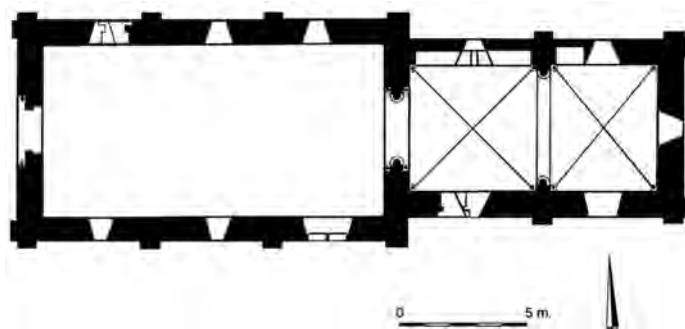


Fig. 1 : Plan de l'église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais au Mesnil-Mauger (Calvados).

base des baies, à l'extérieur comme à l'intérieur. Enfin, une corniche à modillons sculptés orne le haut des murs gouttereaux. Tous ces éléments architecturaux semblent confirmer une édification de la nef dans les années 1130-1150.

Les maçonneries d'origine sont parfaitement conservées, seule la baie la plus orientale du mur sud a été refaite à la fin du XV^e siècle ou au XVI^e siècle. L'important décor peint historié qui recouvre les murs, daté par Lucien Musset de la fin du XII^e ou du début du XIII^e siècle, est contemporain de la construction du chœur¹.

1. MUSSET 1987, p. 305-306.



Fig. 2 : Vue sud-ouest de l'église Notre -Dame.



Fig. 3 : Élévation nord.



Fig. 4 : Nef vue du chœur avec sa charpente voûtée lambrissée.

La charpente voûtée de ce vaisseau est dissimulée en partie sous son lambris de couverture (fig. 4-5). L'état de dégradation de ce dernier et la présence dans la troisième travée, contre le mur diaphragme, d'un clocher tardif en orme qui s'interpénètre avec cette charpente permettent toutefois d'en observer convenablement la structure.

Des analyses dendrochronologiques réalisées en 2005 par le laboratoire du CEDRE de Besançon proposent un abattage des bois de la charpente de la nef à l'automne-hiver 1191-1192, sur la base de 13 échantillons². Une deuxième expertise dendrochronologique réalisée par le laboratoire de Rennes en 2006 sur ces mêmes échantillons confirme bien une proposition en

1191/1192, mais aussi une seconde proposition vers 1144 avec davantage de corrélations sur les courbes de références normandes. Ces deux propositions de datation, 1144 ou 1192 pour l'édification de la charpente de la nef, sur des murs attribuables à l'architecture des années 1130-1150, supposent deux scénarios possibles. Si la charpente a été mise en place vers 1144, elle est contemporaine de la construction de la nef et correspond, dans l'état actuel des connaissances, à l'une des premières charpentes voûtées. Si elle date de 1192, il s'agit d'une reconstruction complète en remplacement de la charpente d'origine, probablement constituée d'un plafond fixé aux entrails et qui aurait été remplacée par une charpente voûtée plus à la mode à la fin du XII^e siècle, pour répondre aux voûtes gothiques du chœur construit vers la fin du XII^e ou au début du XIII^e siècle. Selon nous, le scénario d'une reconstruction complète de la charpente 50 ans après l'achèvement de la nef ne paraît pas plausible et nous retenons la proposition de 1144 pour la mise en place de cette charpente voûtée sur la nef.

Les bois utilisés pour le dispositif longitudinal de la nef ont quant à eux été abattus vers 1290 et confirment une restauration de la charpente plus d'un siècle après sa mise en place. Toujours d'après ces analyses, les bois utilisés pour le lambris qui recouvre la voûte de cette charpente ont été datés entre 1520 et 1565, très probablement vers 1545. Enfin, si le clocher n'a pu être daté, en l'occurrence, la ferme qui a été placée entre ce clocher et le mur diaphragme a été datée entre 1411 et 1455 et très probablement vers 1435. Il est fort probable que cette datation s'applique également au clocher puisque cette ferme n'a pu être montée qu'au moment de la construction du clocher.

La charpente de la nef, mise en place vers 1144, est une structure à chevrons-formant-fermes subdivisée en trois travées par quatre fermes principales à entrail et comprenant chacune cinq à six fermes secondaires (fig. 6). Ces fermes secondaires, espacées de 57 à 65 cm, sont constituées d'un couple de chevrons (13 x 11 cm) raidis par un entrail retroussé (13 x 11 cm), deux contrefiches obliques (10 x 10 cm) assemblées en pied sur cet entrail retroussé, deux aisseliers (11 x 11 cm) et deux jambes de force (11 x 11 cm). Des blochets (11 x 12 cm) viennent recueillir le pied des jambes de force et des chevrons, et s'assemblent en sous-face par des entailles à demi-queue d'aronde sur deux cours de sablières (12 x 15 cm).

Le profil de la voûte dessine un arc en plein cintre dont la courbe prolonge parfaitement la paroi des murs. On constate que pour obtenir ce profil avec des bois de faible section, les charpentiers ont utilisé de nombreux bois tors. Les faux-entrails présentent en effet un bombement très prononcé au milieu de leur longueur (fig. 7) ainsi que les aisseliers et les jambes de force qui apparaissent tous légèrement cintrés. Des variations importantes de section sont visibles le long des chevrons qui passent de

² CEDRE, GIRARCLOS O. et PERRAULT C., «*Datation par dendrochronologie, Église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais (14)*», rapport d'expertise, Besançon, avril 2005.



Fig. 5 : Charpente de la nef (vers 1144d) avec son cours de liernes longitudinales (rajouté vers 1290d) soutenant les fermes secondaires.

13 x 12 cm en pied à 16 x 11 cm sous l'assemblage des jambes de force pour revenir à 13 x 11 cm au-dessus de l'assemblage des aisseliers (fig. 8). Cette surépaisseur leur permettait de pratiquer un délardement dans l'épaisseur du bois afin d'inscrire le profil de la voûte sur ces bois. Des délardements ont également été pratiqués mais sans surépaisseur préalable dans les faux-entraits, les aisseliers et les jambes de force pour accentuer leur torsion naturelle.

Les assemblages à mi-bois avec ergot des aisseliers et des têtes des jambes de force sont très originaux puisqu'ils présentent une longueur exceptionnelle de 56 cm en moyenne (fig. 8). Cette forme d'assemblage s'explique par la faible section et la courbure des bois qui obligent à raccorder les éléments sur une grande longueur. Les contrefiches sont assemblées normalement par des mi-bois à demi-queue d'aronde, en pied comme en tête, et les faux-entraits par des mi-bois avec ergot.

Toutes ces fermes secondaires sont soulagées par un cours axial de liernes longitudinales placées sous les faux-entraits et assemblées entre elles aux abouts par une enture oblique à épaulements droits, fixée par deux chevilles transversales. Ce cours de liernes permet de supporter ces fermes afin de pallier la déformation de la voûte par tassement sous leur propre poids. Ces charges sont reportées sur les fermes principales qui supportent

ces liernes à l'aide d'un poteau, assis sur un entrait de 22 x 18 cm de section. Chaque poteau, assemblé en sous-face des liernes par tenon-mortaise, est assisté par quatre liens obliques de forte section (15 x 15 cm) : deux placés longitudinalement pour soulager ces liernes et deux autres placés dans le plan de la ferme pour supporter l'entrait retroussé et assurer la stabilité du poteau. Ces derniers sont assemblés en tête dans l'entrait retroussé par un mi-bois très rudimentaire qui se prolonge au-delà de l'assemblage. Ce poteau présente sous l'assemblage des liens obliques un chapiteau très simple, chanfreiné aux arêtes et souligné d'un bandeau prismatique, un fût chanfreiné aux arêtes et une base très évasée surlignée d'une baguette (fig. 9). D'après les analyses dendrochronologiques, ce dispositif longitudinal qui comprend les poteaux, les liernes et les liens obliques a été mis en place vers 1290, soit plus d'un siècle après la construction de la charpente. Cette réparation témoigne du souci qu'a eu le maître d'ouvrage de voir les fermes secondaires se tasser, faute de raidissement, et entraîner la déformation de la voûte. Ce possible tassement de la voûte aurait également engendré des poussées latérales trop fortes pour les murs. Il est probable que cette réparation a été engagée après l'apparition des premiers signes d'une déformation de la structure. Cependant, cette réparation reste maladroite car les charges récupérées par ces liernes sont reportées sur les entraits des fermes principales, par l'intermédiaire des poteaux, et que ces

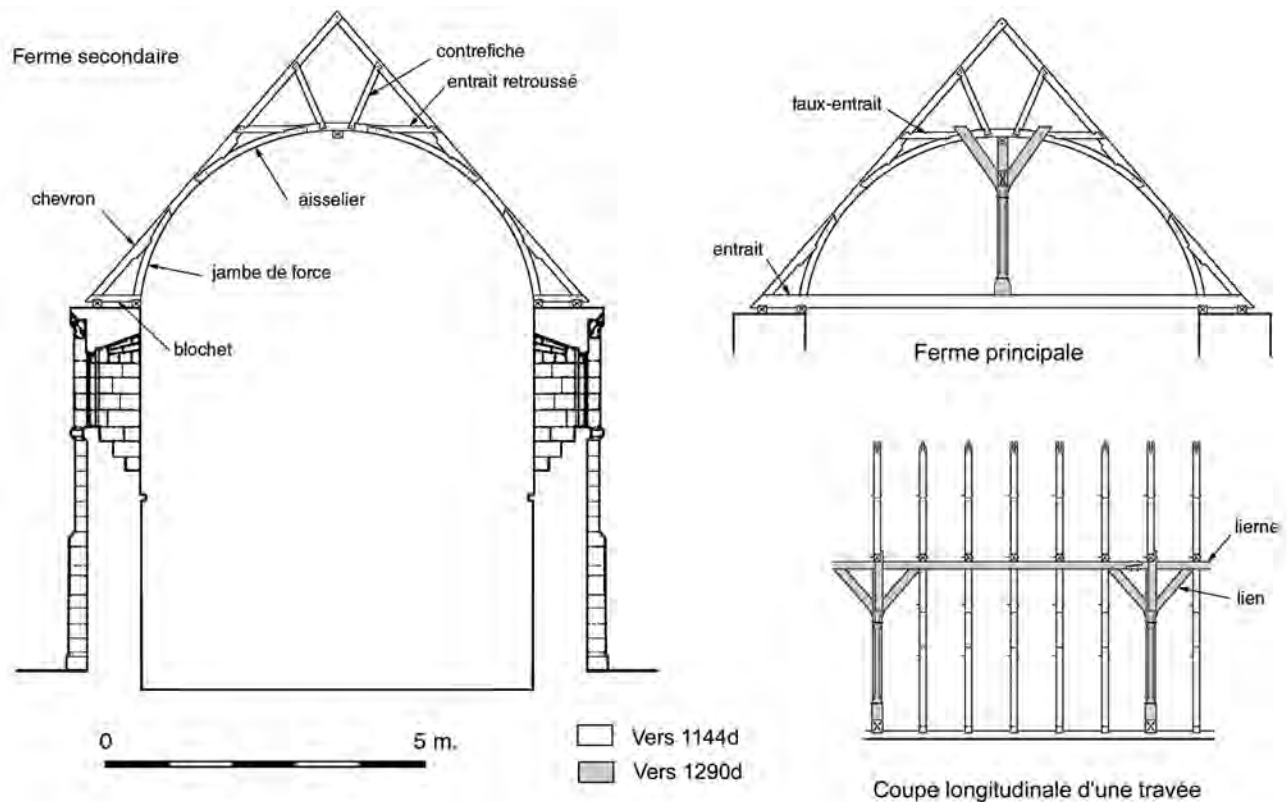


Fig. 6 : Charpente de la nef : fermes et coupe longitudinale.

entrains n'ont pas été conçus pour résister à cette compression. En effet, seul subsiste aujourd'hui l'entrait de la deuxième ferme principale en partant de l'ouest, les autres ayant été remplacés depuis, suite vraisemblablement à leur rupture. Ce dernier entrain accuse d'ailleurs une flexion très prononcée qui trahit l'importance de ces charges (fig. 5) et illustre les accidents des anciens entrains.

La mise en place du clocher sur la troisième travée orientale de la nef vers 1435d a emprisonné une ferme secondaire de la charpente d'origine, entre celui-ci et la cloison en bois fixée sur la dernière ferme principale. Cette ferme secondaire ne présente en sous-face de ses bois aucun clou pour fixer le lambris de couverture, contrairement à toutes les autres fermes. Par ailleurs, on sait que le lambris actuel a été fixé dans les années 1545d jusqu'à cette cloison. Comment expliquer que cette ferme du XIII^e siècle ne présente aucune trace d'un lambris ?

Deux hypothèses peuvent être avancées. La première suppose, dès l'origine, l'existence d'un clocher sur cette travée et l'arrêt du lambrissage à l'emplacement actuel, sur une cloison clouée contre la troisième ferme principale. Cette hypothèse est étayée par la présence de deux fortes pièces de bois en réemploi dans la base du clocher qui présentent des entailles de mi-bois avec ergot et qui proviendraient de cet éventuel clocher primitif.

La seconde hypothèse que nous retiendrons ici admet d'une part l'absence à l'origine de clocher inséré dans la voûte et d'autre part l'absence de lambris de couverture sur les fermes de la nef : on comprendrait alors que cette ferme secondaire soit dépourvue de clou. Cette charpente voûtée aurait donc été apparente dès l'origine et n'aurait ainsi pas été conçue pour recevoir un lambris, celui-ci n'ayant été fixé qu'au XVI^e siècle, vers 1545d. L'absence de lambris de couverture sur une charpente voûtée a déjà été remarquée sur la maison romane du n° 18 rue Saint-Romain à Rouen, du XII^e siècle, comme sur la grande salle seigneuriale du château de Crépy-en-Valois dans l'Oise, du début du XIII^e siècle. Le lambrissage systématique de ces voûtes au cours des siècles suivants ne permet que très rarement de conserver de tels témoignages pour l'époque romane mais il ne semble pas exclu d'envisager cette hypothèse puisque nombre de charpentes de logis du XIV^e siècle étaient apparentes sans voûtement ni lambris en Basse-Normandie comme en Bretagne³.

3. RIOULT 1993, p. 103-117.



Fig. 7 : Courbure et délardement du faux-entrait d'une ferme principale.



Fig. 8 : Retrait du chevron sous l'assemblage à mi-bois avec ergot de la jambe de force.



Fig. 9 : Moulures du poteau sous l'assemblages des liens obliques (vers 1290d).



Fig. 10 : Mur gouttereau sud du chœur.

Le chœur

La rupture des assises de pierres à l'extrémité orientale de la nef, sur toute la hauteur des murs gouttereaux, et la différence stylistique de l'architecture du chevet trahissent indéniablement une seconde campagne de construction, plus tardive que celle de la nef (fig. 10-11). On constate toutefois que cette construction a conservé, dans ses grandes lignes, le parti d'origine de la nef : des maçonneries régulièrement appareillées en pierre de Caen, une trame qui reprend celle de la nef avec deux travées de longueur presque identiques à celles de la nef, des contreforts plats de même facture, d'étroites baies placées en haut des murs, largement ébrasées à l'intérieur, un bandeau ceinturant le chevet soulignant la base de ces dernières, à l'extérieur comme à l'intérieur de l'édifice, et aussi la présence de modillons sculptés sur la corniche des murs gouttereaux. Il est donc indéniable que le maître d'œuvre de ce chœur a volontairement conservé le parti pris architectural de la nef afin de garantir l'homogénéité esthétique de l'édifice.

Les différences qui existent néanmoins entre le chœur et la nef sont à rattacher aux progrès architecturaux de l'époque à savoir la forme en tiers-point des baies et bien sûr les voûtes sur croisées d'ogives. Celles-ci sont en plein cintre et retombent sur des colonnettes à chapiteaux. Le chevet plat est ouvert d'une seule baie,

identique à celles des murs gouttereaux. Deux enfeus contenant des gisants du XIII^e siècle sont présents dans la première travée, dans le mur nord, et une porte s'ouvre au sud en présentant une voussure en plein cintre retombant sur des colonnettes à chapiteaux. Le mur sud a été reperçé par une grande baie à deux lancettes à une date indéterminée pour apporter plus de lumière.

Outre cette reprise, le chœur semble appartenir à la fin du XII^e siècle ou au tout début du XIII^e siècle. Lucien Musset propose cependant pour l'ensemble de l'édifice le dernier tiers du XII^e siècle, datation qui peut éventuellement être retenue mais uniquement pour le chœur selon nous, la nef étant incontestablement antérieure.

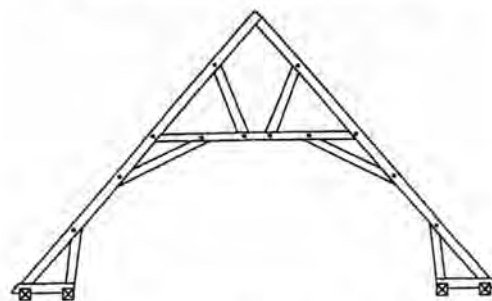
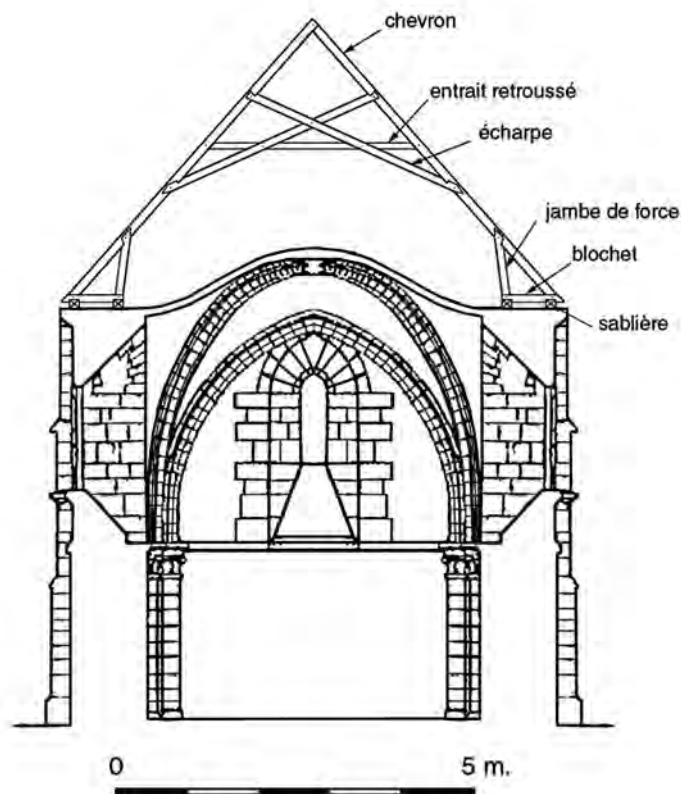
La charpente n'a malheureusement pas survécu aux restaurations entreprises en 1911 par Ruprich-Robert⁴ à l'exception d'une ferme secondaire située contre le pignon oriental. L'expertise réalisée par le CEDRE propose pour ces bois un abattage en automne-hiver 1216/1217. Toutefois, la contre-expertise réalisée par le laboratoire de Rennes évoque une impossibilité de datation en raison de séquences trop courtes (20 cernes maximum). Nous ne retiendrons donc aucune datation dendrochronologique et nous situons la mise en place de cette charpente et l'édification du chœur vers la fin du XII^e ou au début du XIII^e siècle.

4. DECARIS 1994, p. 4.



Fig. 11 : Voûtes sur croisées d'ogives du chœur.

La reconstruction de la charpente s'est faite sur le modèle de cette ferme conservée (fig. 13) qui présente un faux-entrait raidi par deux aisseliers et soutenant deux contrefiches, entièrement assemblés par tenon-mortaise. Mais les planches de relevé dressées en 1902 (fig. 12), avant le démontage de la charpente, montrent un autre type de fermes avec un raidissement par un faux-entrait et un couple d'écharpes assemblées par mi-bois. Cette ferme présentant une croisée d'écharpe a également été dessinée par Arcisse de Caumont en 1867⁵ avec une représentation en pointillé d'un entrait tors surélevé. Le pied des chevrons était soulagé par une jambe de force assemblée par mi-bois, et s'asseyait sur un blochet fixé à deux cours de sablières. Cette ferme s'intégrait dans une charpente à chevrons-formant-



Ferme conservée dans la charpente, bois datés aut.-hiv. 1216-1217d (CEDRE 2005)

Fig. 12 : Charpente du chœur : coupe transversale du chœur (d'après RUPRICH-ROBERT, 1902) et relevé d'une ferme conservée.

fermes de 18 fermes identiques, inclinées à $48,5^\circ$ et non contreventées. La hauteur de l'extrados des voûtes à l'intérieur du comble (entre 50 cm et 90 cm à partir du niveau des sablières) semble avoir empêché les charpentiers de mettre en place un entrait droit au pied de certaines fermes afin d'empêcher l'écartement de la charpente. La charpente actuelle du XIX^e siècle n'en possède d'ailleurs pas et les plans de 1902, sur lesquels la hauteur des voûtes est sous-estimée, laissent entrevoir un entrait assis sur des cales aux extrémités et placé au creux des voûtains.

5. CAUMONT 1867, t. III, p. 495.



Fig.13 : Charpente du chœur (début XX^e siècle).

Nous pensons donc que la charpente d'origine du chœur présentait des fermes à croisée d'écharpes avec au moins une ferme principale dotée d'un entrait tors surélevé comme on peut l'observer sur d'autres charpentes du début du XIII^e siècle

comme à la chapelle des Vaux de Gisors (1224d). L'unique ferme conservée et datée de 1216-1217d nous semble avoir été reconstituée par Ruprich-Robert en 1911 avec les bois de l'ancienne charpente sur un autre modèle.

FONTAINE-LE-PIN (CALVADOS), CHAPELLE DE L'ANCIENNE COMMANDERIE TEMPLIÈRE DE VOISMER

IMPLANTÉE dans la vallée de la Laize, en bordure de la plaine de Caen, la commanderie templière de Voismer est fondée vers le milieu du XII^e siècle, suite aux donations faites à l'ordre du Temple par Roger de Gouvix et celles de son fils Guillaume, confirmées en 1203 par le petit-fils du premier donateur, Robert de Gouvix¹. D'après l'étude historique de Michel Miguet², ces donations concernent un manoir, des bois, des prairies, un plan d'eau et des terres arables. Le domaine continue à se constituer à l'époque de Robert de Gouvix et durant tout le XIII^e siècle, principalement de terres situées sur la paroisse de Fontaine-le-Pin³. D'après un inventaire des biens meubles de l'établissement dressé en 1307, le domaine s'étend sur environ 245 hectares de terres et de bois⁴. Un cheptel très important de chevaux, de bovins, de moutons et de porcs vient compléter les possessions des templiers. Au sortir de la guerre de Cent Ans, le domaine ne concerne plus que 32 ha de terres arables, exploitées par faire-valoir direct⁵. Son étendue n'évolue plus par la suite, et ce jusqu'en 1793, au moment de la vente de la commanderie comme bien national⁶.

Des bâtiments de l'époque du Temple, il ne subsiste que la chapelle. Le logis, la grange et les autres édifices agricoles ont été reconstruits pour la plupart au XVIII^e siècle. Le manoir, qui se situait à proximité de la chapelle et du pressoir, a été lui aussi transformé vers 1784.

1. Arch. nat., S 5047 cité dans MIGUET 1995, p. 204.

2. MIGUET 1995, p. 203.

3. Arch. nat., S 5058 et S 5047.

4. DELISLE 1889, p. 725.

5. Arch. nat., S 5558.

6. MIGUET 1995, p. 202-215.

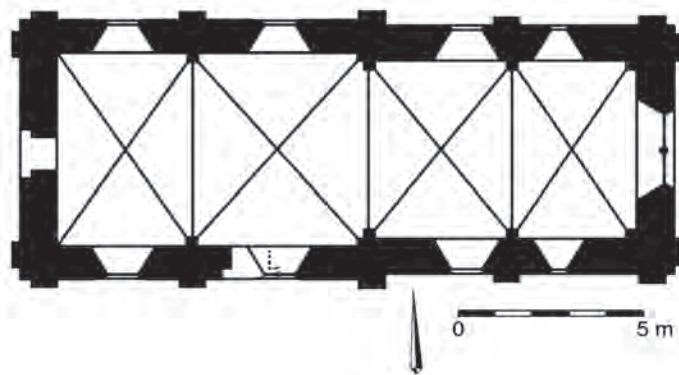


Fig. 1 : Plan de la chapelle templière de Voismer à Fontaine-le-Pin (Calvados).

Description de la chapelle

De plan rectangulaire (18,30 m sur 7,30 m environ), elle présente une nef de deux travées et un chœur à chevet plat, de deux travées également (fig. 1 à 3). La nef a été réaménagée en logement et a perdu sa charpente d'origine. Utilisé comme remise, le chœur a conservé quelques éléments architecturaux et une partie de sa charpente d'origine, malgré de profonds remaniements de l'époque moderne qui ont entraîné la suppression des voûtes maçonnées et la mise en place d'un plafond, aujourd'hui disparu (fig. 4). Toutes les maçonneries de l'édifice sont régulièrement appareillées en pierre de Caen.

Extérieurement, les élévations montrent un décrochement médian entre la nef et le chœur au niveau des toitures et des corniches. Au milieu des travées et aux angles des murs



Fig. 2 : Chevet de la chapelle de Voismer vue du nord-est.



Fig. 3 : Mur gouttereau nord du chevet.

gouttereaux, des contreforts plats viennent raidir les maçonneries pour contrebuter la retombée intérieure des voûtes aujourd'hui disparues. Un larmier ceinture la chapelle sur tous ses murs et une corniche à arcatures, soutenue par des modillons sculptés, court en haut des murs gouttereaux. L'accès se faisait par deux portes, l'une dans la façade occidentale, la seconde au nord dans la seconde travée. Les murs sont ouverts dans chaque travée d'une grande baie en plein cintre largement ébrasée et surlignée d'un tore. Le chevet plat comporte une large baie géminée encadrée de moulures, surmontée d'une ouverture aujourd'hui obturée.

À l'intérieur, des culots et des chapiteaux portés par de courtes colonnettes engagées attestent de l'existence d'anciennes voûtes maçonnées, supprimées au XVIII^e siècle lors de l'aménagement



Fig. 4 : Baies en plein cintre du chevet avec les arrachements de sa voûte.



Fig. 5 : Colonnette engagée avec culot et chapiteau à godrons.



Fig. 6 : Culot orné de palmettes.

du logement du commandeur dans la nef (fig. 5-6). Ces voûtes, ainsi qu'un petit clocher contenant deux cloches, sont mentionnés dans une visite faite en 1457⁷.

Les sculptures finement travaillées des culots et des chapiteaux présentent des godrons, des coquilles, des palmettes et, pour l'un d'entre eux, un animal mordant un tore, thème récurrent en Normandie entre 1130 et 1180⁸. L'ensemble architectural indique la seconde moitié du XII^e siècle, ce qui semble coïncider avec l'autorisation délivrée par le pape en 1145 aux templiers de pouvoir édifier des oratoires privés⁹.

7. Arch. nat., S 5558 cité dans MIGUET 1995, p. 209.

8. ZARNECKI 1953, p. 5-8; HENRY et ZARNECKI 1958 et BAYLÉ 1979, p. 136, cités dans MIGUET 1995, p. 215.

9. MIGUET 1995, p. 213.



Fig. 7 : Charpente du chœur avec rajout au centre d'une ferme à poinçon pour soutenir un faîtage.

Au XVIII^e siècle, toute la nef fut reconvertie en habitation, supprimant la charpente d'origine et les voûtes. Dans le chœur, les voûtes furent remplacées par un plafond, dont subsiste un sommier médian, et l'ensemble des parois internes reçut un badigeon blanc recouvrant les peintures médiévales – encore visibles par endroits – et les arrachements des voûtes. Enfin, au XIX^e siècle un plancher fut mis en place à mi-hauteur des murs pour convertir le chœur en bâtiment agricole.

La charpente

La charpente de la chapelle comporte deux structures bien distinctes. La première située sur la nef est à fermes et pannes avec faîtage, sous-faîtage et des croix de Saint-André de contreventement. Cette disposition se rattache aux réaménagements de l'édifice au XVIII^e siècle.

L'autre structure, à chevrons-formant-fermes, couvre les deux travées du chœur (fig. 7-8). Elle conserve onze fermes identiques, non étrésoillonnées et espacées de 43 cm en moyenne. Au

XVIII^e siècle, la charpente a été modifiée par le rajout d'une panne-faîtière, soutenue par un poteau médian et deux liens, et d'un sommier pour supporter les solives d'un plafond. Des entre-chevrons de faible section ont aussi été placés entre ces fermes pour soulager le lattis de couverture.

Chaque ferme est constituée d'un couple de chevrons assemblés en tête par enfourchement et raidis à mi-hauteur par un entrait retroussé. Une jambe de force soutient le pied du chevron qui s'assemble en pied dans un blochet. Un cours de deux sablières filant sur l'entablement des murs gouttereaux réceptionne ces blochets. Seule la sablière interne est assemblée par une entaille droite aux blochets, la sablière externe se contente de supporter en sous-face les blochets. Tous les assemblages des fermes sont à tenons et mortaises chevillés. Les bois sont tous de brin, équarris à la hache, et de section homogène située autour de 12 x 13 cm. Les dernières fermes situées à l'ouest ont été retirées mais leur présence est attestée par les entailles des sablières qui se prolongent jusqu'à l'arc triomphal, à la naissance du chœur.

Aucun entrait n'assurait donc la liaison de la base des fermes sur toute la longueur du chœur. Cette particularité provient de la présence de la voûte qui pénétrait le comble et empêchait la

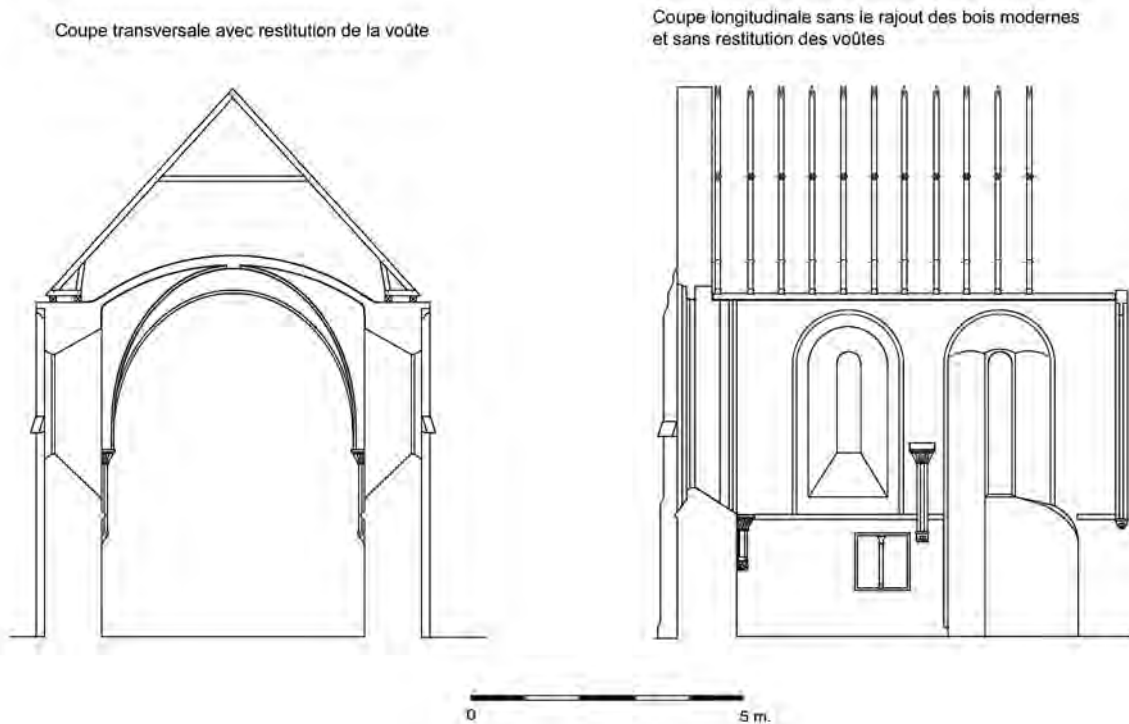


Fig. 8 : Coupes du chœur (seconde moitié du XII^e siècle).

mise en place d'un entrait, à moins qu'il ne soit particulièrement incurvé. Le retrait des pieds de fermes vis-à-vis de la paroi interne des murs gouttereaux s'explique aussi par le départ des voûtes qui prenaient appui en partie sur les murs en raison de l'absence de colonnes descendant jusqu'au sol.

Des marques d'assemblages ont été relevées sur la face est des fermes, au droit des assemblages des entrails retroussés et en pied de fermes, sur les blochets, les jambes de force et en pied des chevrons. Il s'agit de chiffres romains gravés à la rainette qui se répartissent dans une suite continue de I à X en partant de la deuxième ferme à l'est jusqu'à la dernière à l'ouest. La face est de la première ferme, placée contre le pignon oriental, n'est pas visible.

Malgré l'absence de datation dendrochronologique, il est fort probable que cette charpente est d'origine, c'est-à-dire de la seconde moitié du XII^e siècle. Dépourvue d'entrait en raison de l'extrados des voûtes, elle ne présente pas de contreventement et son dispositif de raidissement des fermes est simplifié à l'extrême. On peut toutefois s'étonner de l'absence d'assemblage à mi-bois pour cette période et du faible espacement des fermes. Elle appartient à la première génération des charpentes gothiques qui apparaissent avec les voûtes sur croisées d'ogives, encore mal conçues car fortement bombées à l'intérieur du comble. L'absence de ferme à entrait témoigne des problèmes de conception de ces charpentes novatrices, encore expérimentales au XII^e siècle.

SAINT-SULPICE-SUR-RISLE (ORNE), ÉGLISE PAROISSIALE SAINT-SULPICE

L'ÉGLISE DE SAINT-SULPICE-SUR-RISLE aurait été fondée par le seigneur de L'Aigle, Engenouf, et son épouse Ricoeria, suite au décès de leur fils aîné vers 1060¹. Originellement à vocation funéraire, cet édifice fut le siège d'un petit collège de chanoines dont le rôle était de prier pour le repos des défunts du lignage comme cela se pratiquait fréquemment au XI^e siècle en Normandie comme à Boscherville, Neuf-Marché, Auffay ou Saint-Philbert-sur-Risle². Avec le consentement de Guillaume le Bâtard, cet établissement fut donné aux moines de l'abbaye de Saint-Lomer de Blois qui y établirent un prieuré³. Cette nouvelle communauté continua de recevoir les dons des seigneurs de L'Aigle dont certains sont mentionnés dans des chartes vers 1100⁴ et en 1155⁵.

Les dons laïcs se multiplient dans le courant de la première moitié du XIII^e siècle : en 1220, Roger d'Aspres offre un cens de 10 sous 9 deniers ; Gilbert, seigneur de L'Aigle donne en 1224 une partie de la rivière de la Risle et le droit de pêche qu'il détenait ; un certain Guillaume fait de même en 1229 ; en 1247, Guillaume dit Galiene fait aumône de tous les revenus et droits aliénés aux terres qu'il possède sur la paroisse d'Auguaise ; en 1249, Henri

d'Avaugour, seigneur de L'Aigle, reconnaît devoir payer une rente de 30 sous à perpétuité au prieuré de Saint-Sulpice⁶. L'enrichissement de ce prieuré explique les quatre visites de l'archevêque Eudes Rigaud, vers le milieu du XIII^e siècle, lors desquelles il mentionne la présence de sept ou huit religieux⁷.

La richesse de ce petit prieuré se manifeste encore au XIV^e siècle par la réalisation d'importantes fresques murales retrouvées récemment sur les murs romans de la nef. Sur ce même vaisseau, une charpente voûtée aux bois sculptés et peints est mise en place vers la fin du XV^e ou au début du XVI^e siècle. À proximité de l'église, vers la même époque, le logis du prieur subit d'importants travaux d'embellissement qui traduisent la reprise économique en Normandie au lendemain de la guerre de Cent Ans.

Le 13 juin 1619, le prieuré de Saint-Sulpice est rattaché au collège des Jésuites d'Orléans par une bulle pontificale de Paul V, rattachement confirmé et enregistré seulement le 22 mai 1635⁸. Il le restera jusqu'à la Révolution et fut par la suite vendu avec la ferme et les terres à Marie-Louise Vigneron, veuve du sieur Louis-François Harel⁹.

1. ROUYER 1897, p. 233.

2. WAZYLYSYN 1995, p. 147-157.

3. BOUVRI 1981, p. 327-330.

4. AD Loiret, D 668.

5. AD Loir-et-Cher, 11 H 27.

6. BLOCH et SOYER 1917 ; AD Loiret, D 668 cité dans TOUCHARD 2001, p. 10.

7. Eudes RIGAUD, *Registrum visitationum archiepiscopi Rothomagensis*, BONNIN (éd.) 1852, p. 70-71, 218-219, 306 et 626.

8. BLOCH et SOYER 1917 ; AD Loiret, D 331, D 669 et D 670.

9. BOUVRI 1985, p. 36.



Fig. 1 : Élévations du mur gouttereau sud et du pignon oriental de l'église Saint-Sulpice de Saint-Sulpice-sur-Risle (TOUCHARD 2001).

Le chœur

Ce chœur à chevet plat apparaît aujourd'hui dans des proportions étonnantes par rapport aux dimensions de l'église : il est en effet plus long que la nef (21,25 m contre 12,50 m) (fig. 1). Cette longueur disproportionnée du chevet s'observe également dans les églises collégiales du XI^e siècle de Saint-Georges de Boscherville en Seine-Maritime et de Saint-Philbert-sur-Risle dans l'Eure. Destiné aux offices des chanoines, le chœur avait donc des dimensions liées à l'importance de sa communauté.

Extérieurement, on constate que le chœur comprend deux parties distinctes associées à deux campagnes de constructions. La première partie est limitée à la moitié ouest et s'élève à mi-hauteur des murs actuels. Elle montre des maçonneries en blocage de silex avec un petit contrefort en pierre calcaire de moyen appareil, isolé au milieu du mur sud et qui s'arrête à mi-hauteur du mur (fig. 1 et 2). Cette partie pourrait correspondre à l'oratoire primitif ou à la première collégiale de la seconde moitié du XI^e siècle. La seconde partie, occupant la moitié orientale, correspond à un agrandissement du chevet. Elle est construite en grès ferrugineux avec de puissants contreforts destinés à raidir les murs posés en limite d'une forte déclivité du terrain (fig. 2-3). Les murs de la partie antérieure occidentale ont été, à cette occasion, rehaussés. Les baies d'origine en plein cintre, appareillées en grison, sont hautes et largement ébrasées à l'intérieur, mais elles ont pour la plupart été agrandies au XVII^e siècle. Deux vitraux complets des XII^e-XIII^e siècles, aujourd'hui déplacés et intégrés dans des baies de la nef, proviennent de celles du mur pignon oriental du chœur.



Fig. 2 : Mur sud du chœur avec la prolongation du chevet vers l'est en grison au XII^e siècle.



Fig. 3 : Vue sud-est du chœur avec ses gros contreforts d'angle.

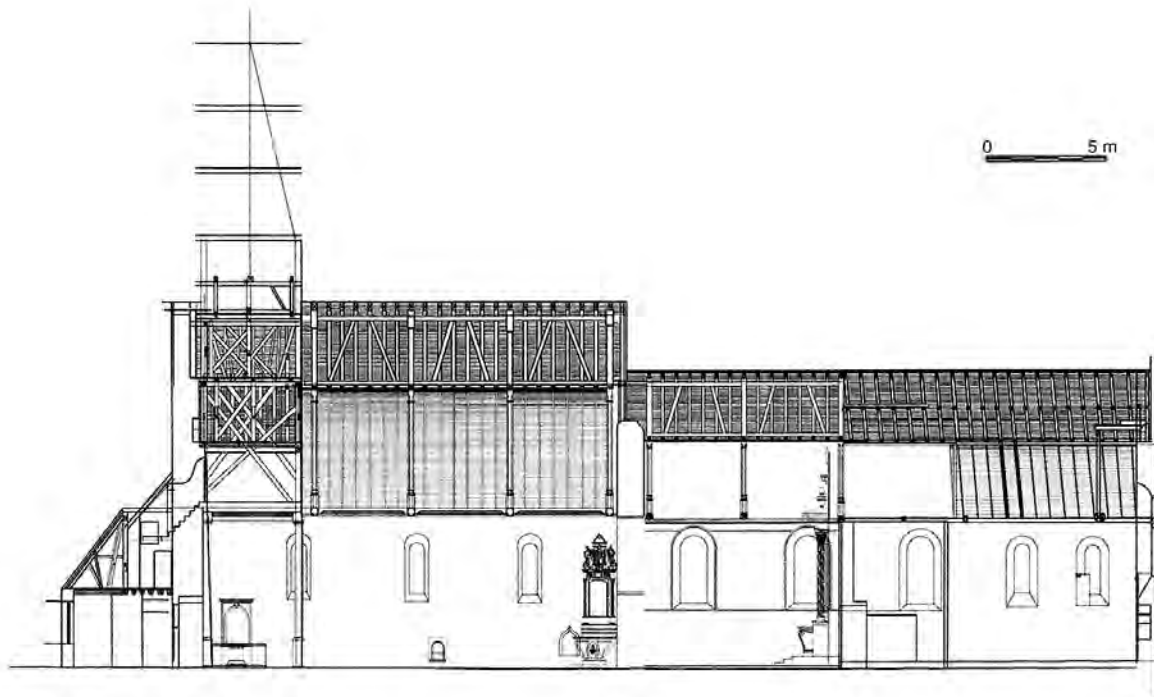


Fig. 4 : Coupe longitudinale ouest-est (TOUCHARD 2001).

Cette seconde partie du chœur correspond à l'agrandissement du prieuré suite à l'enrichissement de la communauté au cours du XII^e siècle, mais l'absence d'élément sculpté ne permet pas d'être plus précis.

La charpente

Le chœur est couvert de deux charpentes distinctes (fig. 4). La première, couvrant la partie occidentale du chœur, présente une structure à chevrons-formant-fermes voûtée et lambrissée, dotée de fermes principales à entrait et poinçon moulurés. Les moulures de ces éléments, l'équarrissage, la section des bois ainsi que l'aspect d'ensemble de cette charpente trahissent une exécution tardive du XVI^e siècle.

La seconde charpente, située sur la partie orientale du chœur, est une structure à chevrons-formant-fermes composée de 21 fermes indépendantes (fig. 4 à 6). Chaque ferme présente un couple de chevrons assemblés en tête par enfourchement et raidis par deux niveaux de faux-entraits (fig. 6). Le premier entrait retroussé est assemblé aux chevrons par tenon-mortaise et reçoit en sous-face la tête de deux aisseliers courbes maintenus par un simple embrèvement chevillé (fig. 7). Le pied de ces aisseliers s'encastre dans les chevrons par tenon-mortaise. Le second faux-

entrait, placé en partie haute des fermes, s'assemble aux chevrons par des mi-bois à demi-queue d'aronde dont la face d'établissage est orientée à l'ouest. Le pied des fermes comprend des jambes de force courbes qui viennent s'asseoir sur des blochets, eux-mêmes repris par un double cours de sablières.

La courbure des aisseliers, des jambes de force, le délardement des chevrons et de l'entrait retroussé dessinent une voûte en plein cintre sur laquelle était cloué un lambris. Celui-ci a été remplacé, à l'ouest, à l'époque moderne et, à l'est, dans le courant du XX^e siècle.

Le seul entrait d'origine est conservé au pied de la ferme 13¹⁰ et présente une section de 22 x 22 cm. Aucun assemblage pour un poinçon n'a été observé dans cet entrait ni dans la partie haute de cette ferme. L'absence dans cette charpente de tout élément de contreventement et d'étrésolement des fermes explique le déversement de l'ensemble de la structure vers l'ouest.

L'espacement d'origine des fermes, difficile à retrouver en raison de leur dévers et de la présence d'un lambris de couverture cachant les sablières, est compris approximativement entre 40 et 52 cm avec une redondance des valeurs d'entrevois de 42 et 46 cm, ce qui correspond à un entraxe moyen des fermes de 56 cm.

10. La numérotation fictive des fermes débute à 1 avec la ferme placée contre le mur pignon oriental du chœur, et s'achève, à l'ouest, à 21 avec celle placée contre la première ferme de la charpente du XVI^e siècle.

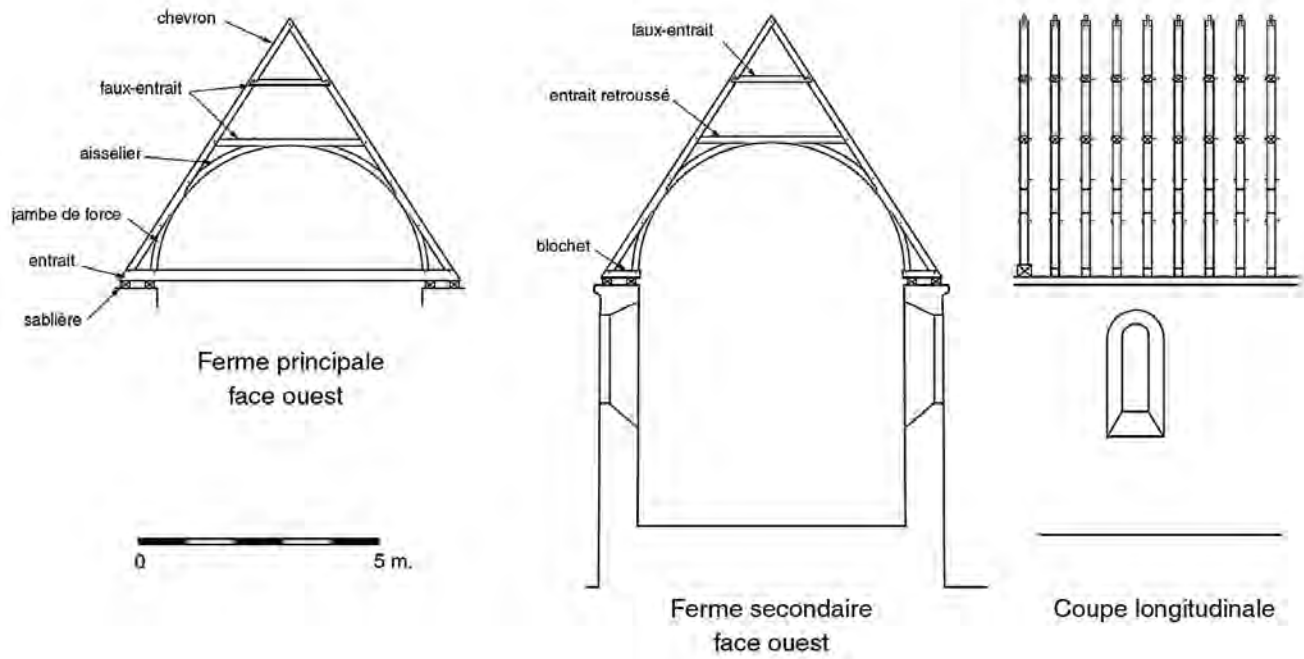


Fig. 5 : Charpente du chœur (fin du XIII^e siècle).



Fig. 6 : Fermes du chœur, face ouest. Faux-entraits assemblés à mi-bois.



Fig. 7 : Aisseliers courbes de la voûte lambrissée.

Toutes les pièces de cette charpente sont des bois de brin, équarris à la doloire et présentent de l'aubier avec parfois de l'écorce sur certains chevrons, en partie haute. La section des arbres abattus pour cette charpente correspondait alors exactement à celle des éléments à exécuter et donc aux besoins des charpentiers. Le travail d'équarrissage fut par conséquent minimal. La section des aisseliers et des faux-entraits avoisine 12 x 12 cm tandis que les chevrons sont parfois délardés à mi-longueur pour passer de 12 x 13 cm en partie supérieure à 12 x 16 cm en partie inférieure.

L'embrèvement chevillé de tête des aisseliers courbes dans l'entrait retroussé est très particulier. Ici, l'encastrement des têtes des aisseliers dans l'embrèvement du faux-entrait facilite la mise en place de ces éléments au cours de levage de la charpente. C'est un avantage indéniable sur le tenon-mortaise qui réclamerait ici une mise en place simultanée et synchrone des chevrons, de l'entrait retroussé et des deux aisseliers tandis qu'avec l'embrèvement, les deux aisseliers peuvent être mis en place après la pose commune des chevrons et de l'entrait retroussé. Il s'agit donc d'une technique facilitant principalement les manœuvres de manutention lors de la mise en place des fermes. D'autre part, la flexion des chevrons provoquée par le poids de la couverture entraîne la compression des aisseliers et donc le blocage définitif de cet assemblage apparemment

instable. Les charpentiers ont ainsi joué sur la déformation des chevrons pour assurer le blocage de cet assemblage qui se révèle particulièrement efficace puisqu'aujourd'hui ils sont encore tous en place, malgré le déversement de toutes les fermes.

Ces embrèvements se rencontrent à la fin du XIII^e et au début du XIII^e siècle dans la charpente voûtée de la maison médiévale sise au n° 18 rue Saint-Romain à Rouen (1201-1216d)¹¹, dans celle du dortoir de l'abbaye de Bonport à Pont-de-l'Arche dans l'Eure (1221d), et dans celle de la maison de l'impasse Prud'homme à Bayeux (1226d).

Les marques d'assemblages

Les marques sont situées sur chaque ferme à l'extrémité nord des faux-entraits et en pied des aisseliers avec toujours un report de la marque sur le chevron au droit de l'assemblage. Toujours inscrites selon le même protocole sur la face ouest des pièces, elles témoignent de l'homogénéité de cette structure bien que

11. PITTE et LESCROART 1991, p. 68.

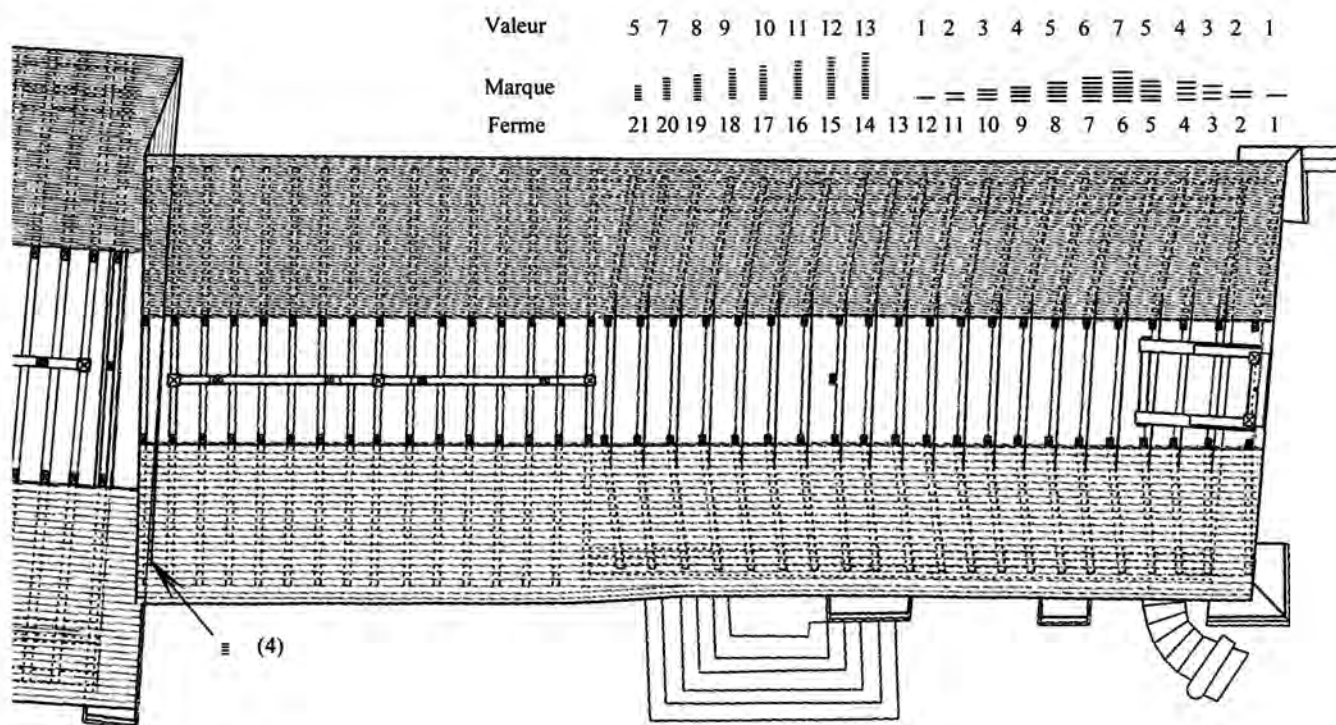


Fig. 8 : Plan de la charpente du chœur et numérotation des fermes (d'après TOUCHARD 2001).



Fig. 9 : Marque à grands traits gravée au ciseau à bois ou à la hache.

plusieurs numérotations aient été utilisées pour ce marquage. On relève en effet trois séries. La première concerne les fermes 1 à 5 (fig. 8). Inscrites à la pointe d'un ciseau à bois, ces marques apparaissent sous la forme d'une succession de traits pour signifier le numéro de la ferme (cinq traits correspondant au chiffre cinq). La série évolue de l'est vers l'ouest, de I à IIIII en partant de la ferme 1 jusqu'à la ferme 5.

La deuxième série est comprise entre F5 et F12, et utilise le même principe de numérotation avec une succession de traits, inscrits à la pointe d'un ciseau à bois. La série débute à F12 à I, évolue progressivement vers l'est et s'achève à F6 marquée par sept traits. Là aussi, les traits apparaissent sur les bois comme de longues griffures, à l'image des marques de la première série (fig. 9).

La troisième série utilise le même procédé sur les fermes 14 à 20. Elle débute à F20 avec une marque composée de sept traits et évolue dans le sens croissant vers l'est jusqu'à F14, marquée de 13 traits. F21 qui ne comprend que cinq traits au lieu de six, semble avoir été déplacée lors de la mise en place de la charpente du XVI^e siècle. Les traits des marques de cette série sont nettement différents des précédents (fig. 10). Ils sont très courts (2,1 cm) et semblent avoir été marqués au ciseau à bois. De nombreuses marques sont décomposées en deux rangées de traits pour faciliter leur lecture.



Fig. 10 : Marque à petits traits au ciseau à bois.

Contre l'arc triomphal séparant la nef du chœur, se trouvent en position de réemploi deux chevrons de cette charpente avec, pour l'un des deux, une marque composée de quatre petits coups de ciseau, à l'image de celles de cette troisième série. Elle témoigne de la continuité de cette série et de l'amputation de cette charpente lors de la mise en place de la charpente actuelle sur la partie occidentale du chœur au XVI^e siècle.

La ferme 13 ne possède aucune marque. Le fait qu'il s'agisse de la ferme principale, seule ferme à présenter un entrait, et qu'elle soit placée entre deux séries bien distinctes témoigne de l'étroite corrélation entre le marquage des assemblages et un plan prédéterminé de la charpente par la numérotation des fermes.

Interprétation

Au regard de ces données, on remarque que la première et la deuxième série de marques se confondent en une seule (F1 à F12) en raison de la ressemblance des marques et de l'emploi du

même outil de gravage pour les marques de ces deux séries. L'inversion de la numérotation (F5 à F1) au sein de cette unique série semble correspondre à un repentir provoqué par la difficulté de lecture de plusieurs traits juxtaposés. Au-delà de cinq traits contigus, ces marques sont en effet illisibles. Cet ensemble de fermes comprenant pourtant deux séries de marques inversées aurait donc été exécuté par un seul groupe de charpentiers.

Un second groupe de charpentiers peut être attribué à l'exécution des fermes 14 à 21. Cette série de fermes ne saurait être complète sans le rajout de cinq fermes à l'ouest, afin d'avoir une numérotation homogène et continue des fermes de 1 à 13. Cette prolongation est justifiée par la présence d'un chevron réemployé, dans la charpente du XVI^e siècle, portant la marque de quatre coups de ciseau. Le problème de la lisibilité de ces marques constituées de nombreux traits juxtaposés a été résolu en exécutant des traits courts obtenus, non pas en « griffant » le bois avec la lame du ciseau à bois, mais en donnant des coups de ciseau. De plus, ces traits sont répartis le plus souvent sur deux rangées, rendant ainsi leur lecture plus aisée.

La prolongation de cette série de cinq fermes supplémentaires prolonge cette charpente de trois mètres environ, jusqu'à la hauteur du jambage ouest de la deuxième baie du chœur. Le début de cette série pourrait coïncider avec la présence d'une ferme principale à entrait qui délimiterait ainsi la deuxième travée de cette charpente. Cette charpente débord donc de plusieurs mètres sur la partie occidentale du chœur, antérieure à la partie orientale. Comme il est difficile d'admettre une limite à 5 m seulement du départ du chœur, cette charpente se prolongeait certainement jusqu'à l'arc triomphal, couvrant ainsi tout le chœur par une voûte lambrissée continue, subdivisée en trois travées par deux fermes principales à entrait. Cette charpente, continue d'un bout à l'autre du chœur, suppose donc une troisième série de fermes à l'ouest avec une numérotation distincte puisque les deux séries précédentes sont presque complètes.

D'après ce que l'on sait des charpentes voûtées en Normandie, cette structure pourrait appartenir à la seconde moitié, voire la fin du XII^e siècle. Elle appartiendrait à la campagne d'agrandissement du chœur qui a vu le prolongement du chevet vers l'est et le rehaussement des murs de l'édifice primitif à l'ouest. La nouvelle charpente couvrirait d'une seule et unique voûte l'ensemble du chœur.

MÉDAVY (ORNE),

ÉGLISE PRIEURALE NOTRE-DAME DU REPOS

PEU D'INFORMATIONS subsistent sur l'histoire de ce prieuré-cure pour la période médiévale. Ses origines semblent remonter à la fin du XII^e siècle, époque à laquelle Foulques d'Aunou, seigneur du Repos, donne à l'abbaye prémontrée de Silly-en-Gouffern le patronage de l'église Notre-Dame du Repos, ainsi que dix acres de terres pour constituer son temporel. Cette donation est confirmée par l'évêque de Sées, Lisiard (1188-1201) et son patronage par son successeur, Silvestre et plus tard, en 1421, par le roi d'Angleterre Henri V¹. L'abbaye conservera ce droit jusqu'à la Révolution.

Le prieuré-cure de Notre-Dame du Repos avait à sa tête un religieux qui assurait la fonction de curé pour la paroisse et de prieur pour la communauté des chanoines, en supplément de la gestion du temporel.

Les rapports de visite du XVII^e siècle jusqu'à la fin du XVIII^e siècle mentionnent un certain nombre de travaux sur les bâtiments du prieuré et sur l'église. Sur cette dernière, les contreforts sud sont repris en 1703 et le pignon de la façade orientale est restauré en 1729. Une mention se rapporte également au petit clocher de l'église, situé sur la nef de l'édifice et disparu en 1960. Dans le courant du XVII^e siècle, l'infirmerie et le dortoir sont reconstruits. Vers la fin du XVIII^e siècle, le prieur déclarait compter 60 communians et posséder 10 acres de labour et une acre et demie de pré².

1. ROUSSEAU 1962, p. 166.

2. *Ibid.*, p. 168.

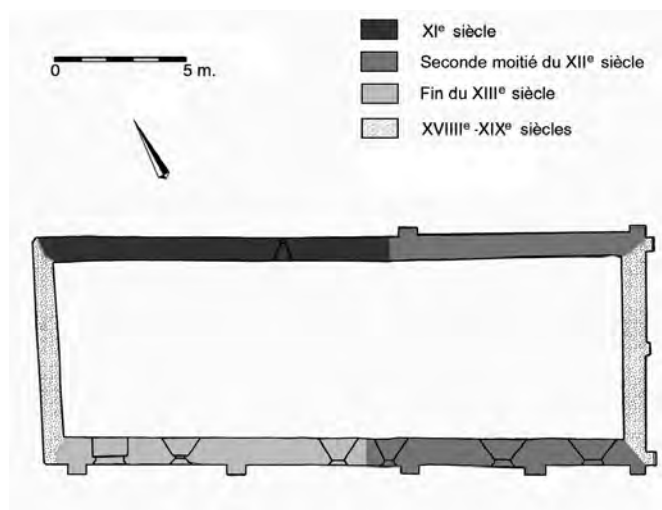


Fig. 1 : Plan de l'église Notre-Dame du Repos à Médavay (Orne).

Il semble que le prieuré de Notre-Dame du Repos a décliné rapidement, avant la Révolution, puisqu'il n'est pas mentionné de prieuré en ce site et qu'il échappe à la vente en tant que bien national. La commune du Repos est rattachée à celle de Médavay en 1822, et l'infirmerie est vendue deux ans plus tard.

Il ne subsiste aujourd'hui des bâtiments du prieuré que l'église, l'infirmerie, une grange et un pressoir.



Fig. 2 : Élévations nord, avec à droite le mur de la nef du XI^e siècle, et à gauche le mur du chœur de la seconde moitié du XII^e siècle.



Fig. 3 : Élévations sud du chœur, seconde moitié du XII^e siècle.

Description architecturale

Longue de 23 m sur 9 m de large, l'église présente un unique vaisseau terminé par un chevet plat et subdivisé en quatre travées selon la position des contreforts (fig. 1). Elle est couverte d'une toiture à deux versants et, jusqu'en 1960, par un petit clocheton situé sur la première travée de la nef.

Les maçonneries révèlent de multiples campagnes de construction et de reprises, entre le XI^e et le XVIII^e siècle. Les élévations les plus anciennes se situent sur la moitié ouest du mur nord et semblent correspondre à une construction du XI^e siècle, avec un appareillage de moellons calcaire en *opus spicatum* à joints très épais sur toute la hauteur du mur avec une unique baie romane très étroite, en pierre de taille et à linteau monolithe (fig. 2). Une importante reprise du XII^e siècle concerne toute la moitié orientale de l'édifice, caractérisée par un appareil régulier



Fig. 4 : Lavabo du chœur.

de petits moellons calcaires, bien distinct du précédent, et la présence de modillons sculptés à motifs animaliers qui soutiennent une corniche sur les deux travées du chœur, côté sud (fig. 3). Un contrefort plat, au sud, limite cette construction au milieu de la longueur de l'édifice. Les autres contreforts du chœur ont été remaniés à diverses périodes. Les grandes baies en lancette du chœur, côté sud, largement ébrasées à l'intérieur, peuvent dater de la seconde moitié du XII^e siècle, mais leurs réfections ne permettent pas d'être affirmatif. Enfin, sur toute la moitié ouest de l'église, correspondant à la nef, les maçonneries témoignent d'une troisième phase de reconstruction, attribuable à la fin du XIII^e siècle, avec deux baies étroites trilobées, largement ébrasées à l'intérieur, deux contreforts identiques, distincts de ceux du chœur et une porte pourvue d'une arcature en tiers-point moulurée, agrémentée de petits chapiteaux finement travaillés.

Intérieurement, les seuls éléments remarquables consistent en un lavabo liturgique à deux arcatures retombant sur une colonnette à chapiteau à feuille d'eau, datable du troisième quart du XII^e siècle (fig. 4), située dans le mur sud du chœur, et une cuve baptismale de la même époque. Des fragments de peintures murales figurant un décor historié s'observent encore sur le mur sud du chœur et peuvent être attribués au XIII^e siècle.

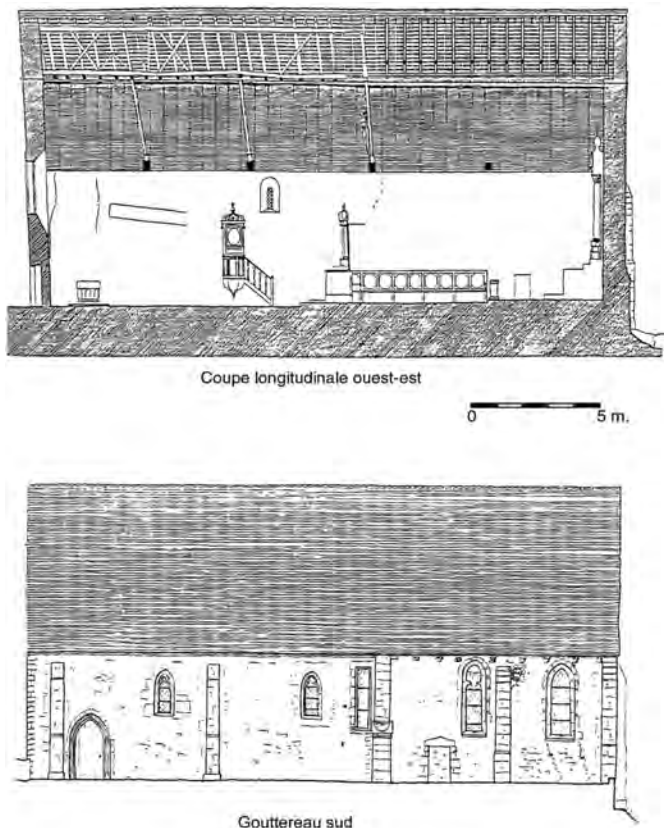


Fig. 5 : Coupe longitudinale et élévations sud de l'église Notre-Dame du Repos (LAGNEAU 1994, p. 38 et 44).

La charpente

La charpente voûtée en berceau et lambrissée de la nef a été mise en place vers la fin du Moyen Âge ou à l'époque moderne (fig. 5-6). Elle présente une structure à chevrons-formant-fermes, contreventée par un système de faitage, sous-faitage et de croix de Saint-André, avec une subdivision en trois travées de sept fermes secondaires chacune. Son déversement vers l'ouest, ayant probablement entraîné la disparition du clocheton en 1960, a provoqué de sérieux désordres dans les maçonneries du pignon occidental, restauré récemment.

La charpente du chœur qui nous intéresse ici est également à chevrons-formant-fermes et comporte 14 fermes dont une avec un entrain à la base (fig. 6 à 8). Aucun système de contreventement ou d'étrésillonnement longitudinal n'a été conçu lors de sa mise en place. Chaque ferme est constituée de deux chevrons, raidis par un entrain retroussé, un couple d'écharpes et deux jambes de force. Les écharpes sont assemblées aux chevrons par un mi-bois à demi-queue d'aronde en tête et par un mi-bois avec ergot en pied, tandis que les entrains retroussés sont tenonnés



Fig. 6 : Intérieur, baies du XIII^e siècle au premier plan et du XII^e siècle au fond.



Fig. 7 : Fermes de la charpente du chœur, face ouest.

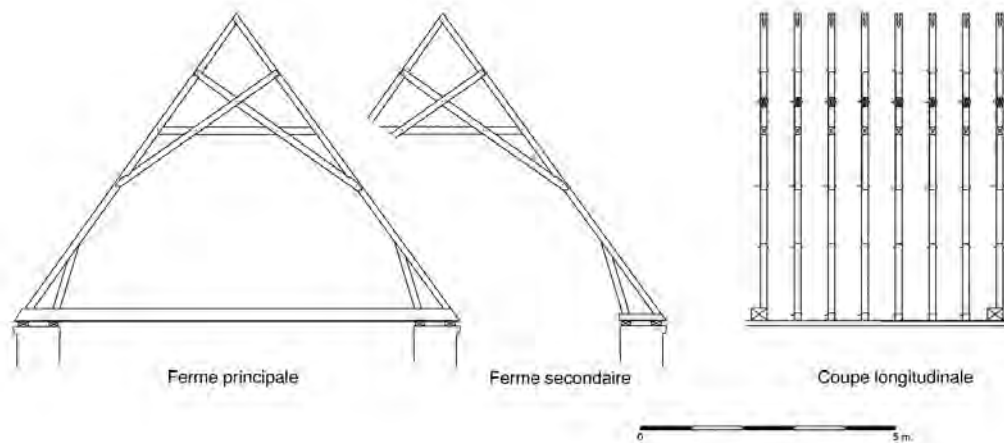


Fig. 8 : Charpente du chœur.

aux extrémités. Un lambris de couverture dissimule actuellement le pied des chevrons mais il est très probable que ces derniers sont tous composés d'une jambe de force assemblée dans un blochet, lui-même assis sur un double cours de sablières. L'actuel voûtement en berceau, obtenu grâce à des planches clouées en sous-face des chevrons, se présente donc différemment de celui d'origine dont le profil suivait les faces internes des pièces des fermes, suivant un profil polygonal.

Un entrait traversant le chœur au milieu de la charpente témoigne de la présence d'une ferme principale. Celle-ci est donc constituée comme les autres fermes outre cet entrait assemblé

aux chevrons, destiné à travailler en traction contre l'écartement de la charpente.

Cette charpente voûtée couvre actuellement le chœur mais elle devait probablement se prolonger selon le même profil sur la nef. Ses caractéristiques techniques l'apparentent aux charpentes de la seconde moitié du XII^e siècle et du début du XIII^e siècle : absence de poinçon, de contreventement longitudinal, usage des écharpes et des assemblages à mi-bois. Elle peut donc logiquement appartenir à la campagne de reconstruction du chœur que les sculptures des modillons, le chapiteau du lavabo et la forme des baies permettent d'attribuer à la seconde moitié du XII^e siècle.

VILLIERS-EN-DÉSŒUVRE (EURE), CHAPELLE NOTRE-DAME-DU-TEMPLE DE CHANU

LA COMMANDERIE templière de Chanu est implantée à proximité de la vallée de l'Eure, en bordure de plateau, sur des terres relativement peu fertiles et dans un terroir anciennement défriché. Elle a déjà été étudiée par Michel Miguet dans le cadre d'une étude sur l'ordre des Templiers en Normandie, les mentions se rapportant à l'histoire de cette commanderie sont donc tirées en partie de son travail¹.

Sa date de fondation ainsi que son histoire pendant toute la période templière nous sont inconnues en raison de la destruction de ses archives avant la Révolution. En 1373, une enquête émanant de l'ordre des Hospitaliers qui, depuis la dévolution des biens du Temple, était chargé de la réorganisation administrative des commanderies, nous renseigne sur la « *bailli* » : l'étendue des domaines, les différentes cultures, les charges et les revenus des frères². On y apprend qu'au XIV^e siècle, l'établissement a été relativement épargné par la guerre et les pestes, comparé aux autres commanderies de la région. On remarque toutefois un vieillissement et une réduction notable des effectifs.

Un procès-verbal d'une visite faite en 1495 nous apprend qu'au XV^e siècle, les hospitaliers ont modifié leur mode de gestion en remplaçant le faire-valoir direct par le bail à ferme³. Ce texte mentionne aussi la destruction de la demeure principale et sa reconstruction à proximité de la chapelle templière. Ce bâtiment

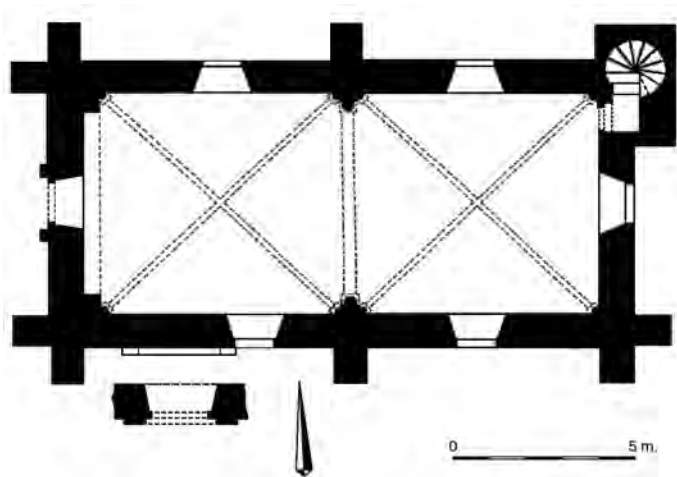


Fig. 1 : Plan de la chapelle de Chanu (d'après RÉGNIER 1899, p. 36).

subsiste encore aujourd'hui. La maison du censier, les granges et les étables évoquées dans ce document ont toutes disparu⁴. Seules subsistent de la période templière la petite chapelle dédiée à Notre-Dame-du-Temple, conservée dans son intégralité, et la porterie dont l'étage a été rabattu de moitié par une toiture en appentis.

Transformée en ferme au XIX^e siècle puis abandonnée pendant plusieurs décennies au XX^e siècle, la commanderie de Chanu a

1. MIGUET 1995.

2. MICHELET 1987, t. II, p. 341.

3. Arch. nat., S 5558 cité dans MIGUET 1995, p. 268.

4. MIGUET 1995, p. 254-269.



Fig. 2 : Élévations sud de la chapelle (1183-1192d).

connu d'importantes restaurations sous l'impulsion de son dernier propriétaire. Elle a été inscrite à l'Inventaire supplémentaire des Monuments historiques en décembre 1990.

La chapelle

La chapelle est une construction de petite dimension (14,50 x 6,50 m) avec des maçonneries constituées de moellons et de pierres de taille calcaire aux encadrements des baies, aux contreforts et dans les premières assises des murs (fig. 1-2). De plan rectangulaire et subdivisée en deux travées identiques, elle est éclairée par de grandes baies en plein cintre largement ébrasées à l'intérieur. Le portail d'entrée (fig. 3), au sud de la première travée, fait légèrement saillie à l'extérieur et est couvert d'arcatures moulurées en tiers-point retombant de chaque côté sur deux colonnettes à chapiteaux en pierre de Caen malheureusement

très dégradés. L'archivolte supérieure de ces arcs est décorée d'étoiles à quatre branches ou pointes de diamant, attribuables à la seconde moitié du XII^e siècle. Ce portail était peut-être protégé par un petit auvent en bois ancré dans la maçonnerie.

Les deux travées sont couvertes de voûtes sur croisées d'ogives retombant sur des colonnettes engagées aux chapiteaux décorés de feuilles d'eau et de motifs végétaux caractéristiques de la sculpture de la seconde moitié du XII^e siècle (fig. 4-5). Des contreforts peu saillants à double ressaut assurent la reprise des charges du voûtement aux angles de l'édifice et au milieu des goutte-reaux. Au sommet des murs, la corniche est soutenue par une série de modillons concaves dépourvus de sculptures.

La toiture en bâtière est surplombée d'un petit mur-clocheton en haut du pignon occidental, percé de deux étroites baies pour accueillir les cloches. La charpente est accessible par un escalier en vis de Saint-Gilles, logé dans une tourelle d'escalier à l'angle nord-est de la chapelle, qui permettait l'entretien du comble et la réfection de la couverture en tuiles.



Fig. 3 : Portail sud.



Fig. 4 : Voûtes sur croisée d'ogives de la travée ouest.

La charpente

Les analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes sur les bois de cette charpente ont permis de dater la mise en place entre 1183 et 1192⁵. Cette charpente a connu récemment une importante restauration qui a permis de la sauver d'une disparition certaine mais a entraîné le remplacement de nombreuses pièces, notamment de tous les pieds de ferme, et la perte des valeurs d'entrevous d'origine des fermes, celles-ci ayant été déposées au sol puis remontées.

Cette charpente est une structure à chevrons-formant-fermes composée de 23 fermes réparties en deux travées égales, d'après la position des voûtes, par trois fermes principales à entrait (fig. 6-7). Les deux fermes principales situées contre les murs-pignons ont été retirées lors des dernières restaurations. Les fermes sont constituées de deux chevrons raidis par un entrait retroussé, un couple



Fig. 5 : Chapiteaux de feuilles d'eau à la retombée des deux voûtes.

5. BERNARD et LE DIGOL 2005a.

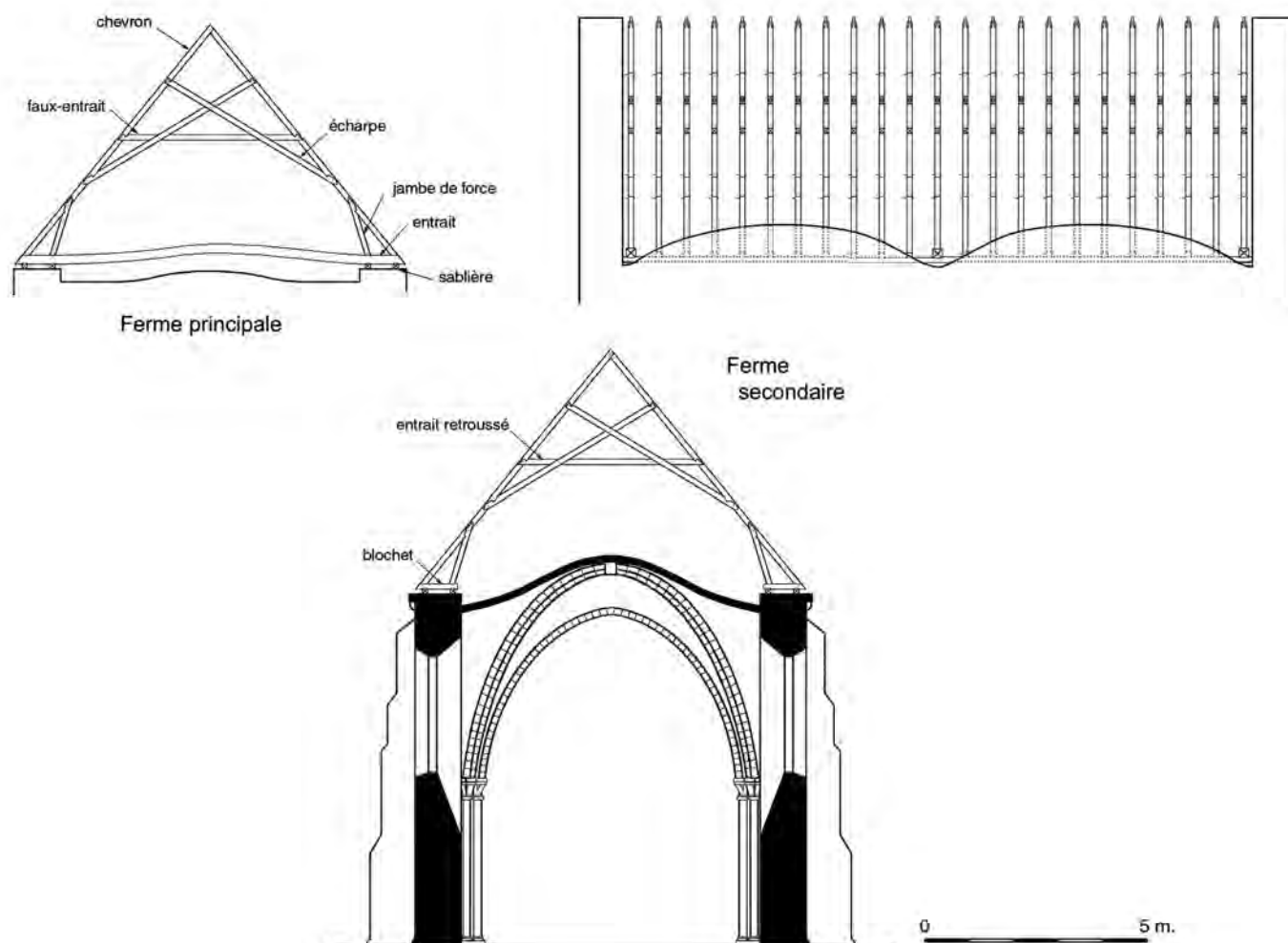


Fig. 6 : Coupes de la charpente de la chapelle (1183-1192d).

d'écharpes et de jambettes. Tous ces bois s'assemblent aux chevrons par des mi-bois, avec ergot pour la tête des jambes de force et le pied des écharpes, à demi-queue d'aronde pour les entrails retroussés et la tête des écharpes. Des blochets, assemblés sur deux cours de sablières, venaient recueillir le pied des jambes de force et des chevrons.

La ferme principale située au milieu de la charpente se présente comme les fermes secondaires avec en supplément un entrain (23 x 25 cm) qui fait office de tirant, limitant l'écartement

des chevrons⁶. Cet entrain a été taillé dans un bois tors particulièrement bombé pour lui permettre de franchir l'extrados de la voûte. Ce procédé qui exploite la forme naturelle des bois s'observe fréquemment dans les charpentes des XII^e-XIII^e siècles en Normandie, placées trop près des voûtes d'ogives, comme les charpentes de la chapelle de Vaux (1224d) à Gisors, de l'église de Quatremare dans l'Eure ou de Saint-Clair-sur-Epte dans le Val-d'Oise. Ce problème va être résolu très rapidement dès les premières années du XIII^e siècle en surhaussant les murs gouttereaux de quelques assises de pierres supplémentaires afin de pouvoir poser des entrails droits sans risque de rencontre avec les voûtes.

Les fermes ne présentaient à l'origine aucun dispositif d'étré-sillonnement longitudinal, seul le lattis de la couverture suffisait à empêcher le déversement des fermes.

6. Nous regrettons que les entrails des deux autres fermes principales, à chaque extrémité de la charpente, n'aient pas été conservés ou remplacés lors des travaux de restauration pour maintenir l'écartement des fermes et garantir ainsi la stabilité de l'édifice sur le long terme.



Fig. 7 : Fermes de la charpente du comble (1183-1192d).

Les bois

Toutes les pièces sont taillées dans du chêne. Le relevé de leur section a permis de mettre en évidence un fait remarquable dans les techniques de taille en usage aux XII^e-XIII^e siècles en Normandie. La plupart des charpentes de cette époque utilisent des bois de brin équarris à la hache, conservant, au sein de la pièce, le cœur de l'arbre. L'emploi de bois débités à la scie de long apparaît dans l'architecture vers la fin du XIV^e siècle dans le nord ouest de la France. Ici, les pièces sont des bois de brin équarris à la hache, de section variant entre 11 x 12 cm et 13 x 15 cm. Cependant de nombreux entrails retroussés et écharpes sont des pièces fendues à la hache (fig. 8). Leur section est rectangulaire, comprise entre 8 x 17 cm et 11 x 18 cm, avec un « tirage au cœur » de la face fendue, la face la plus large étant orientée dans le plan horizontal. Ces faces montrent de larges cupules peu profondes et témoignent donc que ce fendage s'est effectué à la hache.

Pratiqué essentiellement sur des bois courts (entre 4,40 m de long pour les écharpes et 3,70 m pour les entrails retroussés) et non pour les chevrons (6,90 m de long), le fendage a été utilisé pour des bois de fort diamètre, compris entre 23 cm et 28 cm, tandis que les bois de brin simplement équarris ont un diamètre variant entre 16 et 21 cm.



Fig. 8 : Bois débité par fendage.

La grande variabilité des sections de bois utilisés ici (de 16 à 28 cm de diamètre), avec notamment l'emploi du fendage pour les bois les plus gros et courts, suppose que la sélection des arbres à l'abattage a été limitée à un choix relativement restreint d'arbres sur pied et que les charpentiers ont dû se contenter des seuls bois disponibles, de sections très variables. Ce cas est exceptionnel

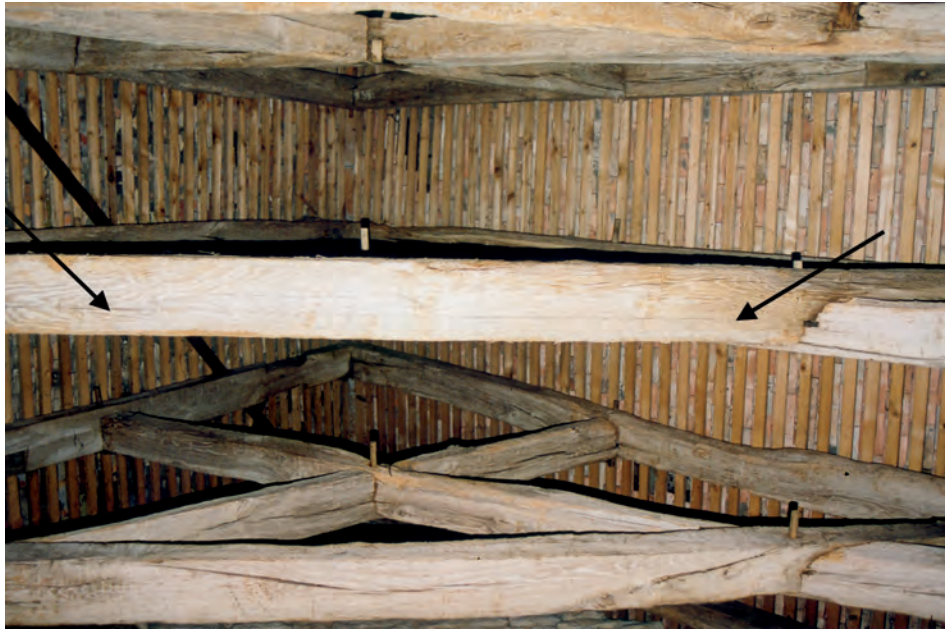
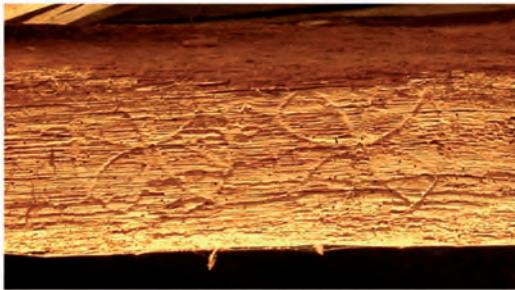


Fig. 9 : Lignage des assemblages à mi-bois d'un entrait retroussé, face inférieure : trait unique au noir de charbon.

Marque



Marque



Fig. 10 : Marques circulaires.

| Ferme | Marque | Diamètre des cercles en centimètre |
|-------|--------|------------------------------------|
| 2 | | 7,2 |
| 3 | | 6 |
| 4 | | 4,7 |
| 7 | | 6 |
| 8 | | 6 |
| 9 | | 8,8 |
| 10 | | 6,6 |
| 11 | | 5 à 12 |
| 13 | | 4,6 et 6,6 |
| 14 | | 4,4 |
| 15 | | 5,5 et 12 |
| 16 | | 5,2 et 8 |
| 17 | | 7,4 |
| 18 | | 6 |
| 19 | | 4,5 et 6,5 |
| 20 | | 7,7 |

Fig. 11 : Tableau des marques d'assemblage.

puisque la plupart des charpentes des XII^e-XIII^e siècles présentent des bois de section homogène, prouvant que les charpentiers disposaient alors d'un choix d'arbres relativement large dans les forêts. Le défrichement précoce de ce terroir et, probablement, des difficultés de transport de grumes pour ce chantier peuvent en partie expliquer ce problème d'approvisionnement et l'emploi exceptionnel du fendage.

Les marques

Ces bois conservent pour la plupart d'entre eux des traits de lignage, destinés au tracé des assemblages, constitués le plus souvent d'un trait noir passant par le fond des entailles des assemblages à mi-bois (fig. 9). De nombreuses marques d'assemblage ont aussi été observées. Ces marques sont disposées sur la face d'établissage des bois, orientée vers l'est, en pied des écharpes et sur l'extrémité sud ou au milieu des entrails retroussés. Elles ont disparu des pieds de fermes et nous n'en avons pas relevé en tête des chevrons ou des écharpes, ni au droit des pièces assemblées. Il s'agit donc de marques de pièces destinées à identifier la pièce de bois et non un assemblage particulier.

Ces marques sont constituées exclusivement de cercles associés de différents diamètres, se combinant entre eux en jeux divers pour former des successions de cercles et de rosaces (fig. 10-11). Ces marques sont toutes différentes et totalement dépourvues de signification numérique. Elles permettent seulement d'identifier les pièces d'une même ferme et non de localiser les fermes au sein du plan de la charpente, les fermes étant toutes identiques. Les marques circulaires sont rares puisque nous n'avons recensé qu'un seul autre exemple à ce jour en Normandie pour cette période, dans la charpente de la grange du Val-de-la-Haye, en Seine-Maritime, datée entre 1216 et 1220d. Cependant, le marquage non ordinal fait de signes particuliers, sans valeur numérique, est relativement fréquent pour la période romane et tend à disparaître vers le début du XIII^e siècle en Normandie face au marquage en chiffres romains. Ce dernier, qui apparaît dès la seconde moitié du XII^e siècle, se généralise du fait de la diffusion des charpentes tramées et contreventées dans lesquelles chaque ferme est positionnée à un emplacement précis, selon un plan de marquage prédéterminé et ordonné.

Il faut souligner le fait que ces cercles ont tous des diamètres différents, variant entre 4,4 cm et 8,8 cm, excluant ainsi l'idée de l'emploi de la rouanne, outil ne permettant de tracer que des cercles d'un même diamètre. Par ailleurs, l'incision laissée dans le bois est identique à celle de la rainette. On peut donc envisager l'emploi d'un outil associant une sorte de petit compas et une rainette.



Fig. 12 : Porterie, vue de l'extérieure de la clôture de la commanderie (1197-1214d).

La porterie

Située à l'entrée de la commanderie, la porterie est un bâtiment de plan quadrangulaire, ouvert à chaque extrémité par une large porte charretière et une porte piétonne en plein cintre, pourvu d'un étage qui a été amputé de moitié et couvert d'une toiture en appentis (fig. 12). Cet étage comprend encore les vestiges de deux baies quadrangulaires et d'une cheminée en tuileaux adossée au mur gouttereau ouest qui suppose la présence d'un logement à l'étage, vraisemblablement destiné au portier. L'édifice devait être à l'origine couvert d'une toiture en bâtière à deux versants. D'une extrême simplicité et sans contrefort, les murs sont maçonnés en blocage de moellons calcaires avec des pierres de taille aux arcatures et aux angles du rez-de-chaussée. Un bandeau chanfreiné marque la séparation du rez-de-chaussée et de l'étage.

Au rez-de-chaussée, le mur de refend qui séparait le passage charretier du passage piétonnier a été remplacé par une poutrelle métallique pour maintenir le plancher (fig. 13). Ce plancher est conservé sur toute la surface du bâtiment. Il est constitué d'une succession de solives de 24 x 24 cm de section, espacées de 60 cm,



Fig. 13 : Passage charretier et piéton de la porterie et son plafond, le mur de refend a disparu (1197-1214d).

disposées transversalement aux passages et posées aux extrémités sur une sablière noyée dans les gouttereaux et primitivement sur le mur de séparation des deux passages. Ces solives sont toutes des bois de brin en chêne équarris à la hache. Une petite trémie a été aménagée pour supporter la sole en pierres calcaires de la cheminée (fig. 14). Ces solives portent des planches de 80 cm de long, larges de 30 cm et épaisses de 3-4 cm, qui sont posées sans chevillage, de solive à solive. Ces planches en chêne ont été obtenues par fendage sur dosse. Elles sont maintenues sur les solives par une épaisse chape de mortier et de moellons calcaires qui constituait le sol d'origine de l'étage. Les analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes sur les solives et les planches ont permis de situer l'abattage de ces bois entre 1197 et 1214, confirmant ainsi que l'ensemble du plancher est contemporain de la construction, édifiée peu de temps après la chapelle.



Fig. 14 : Solives et trémie du plafond.



Fig. 15 : Bois en réemploi dans le solivage (1170-1209d).

Parmi les solives de ce plancher, on observe au moins trois bois en réemploi comportant des entailles vides à mi-bois avec ergot (fig. 15). Les analyses dendrochronologiques ont placé leur date d'abattage entre 1170 et 1209. Les charpentiers ont donc utilisé des pièces démontées d'une structure antérieure, contemporaine de la chapelle, pour réaliser leur plancher. Du fait des emplacements des entailles à mi-bois sur ces pièces, cette structure pourrait s'apparenter à l'ossature d'un pan-de-bois, provenant probablement d'un édifice provisoire de la commanderie dans l'attente d'une reconstruction en pierre.

GISORS (EURE), CHAPELLE SAINT-LAURENT DE LA FERME DE VAUX

LE CORPS DE FERME de Vaux se situe à 1,5 km au sud-ouest de Gisors, à proximité de la route menant à Dangu, non loin d'une source dédiée à Saint-Laurent. Il existe très peu de mentions dans les sources manuscrites qui se rapportent à cet édifice et à la seigneurie de Vaux pour les XII^e-XIII^e siècles.

En 1168, il est fait mention de Richard de Vaux dans une charte de Jean de Gisors¹. Ce « chevalier du roi de France », tenta en 1186 de fortifier son domaine afin de résister à l'occupation anglo-normande de Gisors dont la place forte était contrôlée par le connétable Henri de Ver. Prévenu de cette construction, ce dernier envoya une troupe pour arrêter la fortification du lieu et engagea un combat avec les hommes de Richard de Vaux, combat au cours duquel son fils, Raoul du Val, fut tué². Il ne sera par la suite plus jamais fait mention de fortification en ce lieu : cette place forte pourrait donc n'avoir jamais été construite. L'enclos flanqué de tourelles d'angles qui enserrera aujourd'hui ce domaine ainsi que la porterie dans la muraille sud s'apparentent pourtant à une petite enceinte fortifiée qui pourrait remonter aux XII^e-XIII^e siècles mais elle ne semble pas avoir eu de véritable fonction militaire.

En 1210, le seigneur du lieu, Philippe de Vaux, tenait de Jean de Gisors un domaine doté de bois et d'une ferme sur la plaine de Boisgeloup³. Au milieu du XIII^e siècle, Eudes Rigaud mentionne, dans son Pouillé, une chapelle à Vaux, consacrée à

Saint-Laurent, rattachée au diocèse de Rouen et dont la cure est à la collation de l'archevêque de Rouen⁴. À la fin de ce siècle, en septembre 1288, Philippe le Bel instaura une foire le jour du 10 août dans les prairies de Vaux, au profit de ce domaine⁵. Cette foire existait encore au milieu du XX^e siècle.

À partir du XVI^e siècle, les noms des différents propriétaires qui se sont succédé sur ce domaine sont connus. L'un d'eux, le comte François de Montmorency-Boudeville eut un enfant qui mourut en bas âge en 1571 pour lequel Ronsard écrivit une épitaphe sur une plaque de cuivre conservée aujourd'hui au musée de Cluny⁶. Lors de la guerre de La Ligue, en 1590, la ferme de Vaux fut entièrement pillée par les troupes commandées par le gouverneur de Gournay qui ravagèrent et brûlèrent plusieurs hameaux des environs de Gisors, notamment celui de Boisgeloup⁷. Au regard des bâtiments actuels du domaine et selon un plan établi en 1744, conservé aujourd'hui par les propriétaires, Vaux connut une importante campagne de reconstruction vers la fin du XVII^e ou au début du XVIII^e siècle qui vit l'érection d'un petit château et, à l'extérieur de l'enclos, d'un vaste jardin à la Française pourvu de fontaines et de bassins⁸. En 1793, alors propriété de la famille des Mainvilles, seigneurs de Banthelu, le domaine de Vaux et son parc furent vendus comme bien national. Il fut transformé par la suite en exploitation agricole.

1. CHARPILLON et CARESME 1868-1879, t. II, p. 284.

2. ROGER DE HOVEDEN, *Chronica Magistri Rogeri de Hovedene*, STUBBS (éd.) 1869, t. II, p. 315.

3. CHARPILLON et CARESME 1868-1879, t. II, p. 284.

4. POULAIN 1962, p. 41.

5. PATTE 1976, p. 506.

6. BLANQUART 1925, p. 143-152.

7. PATTE 1976, p. 508 et POULAIN 1962, p. 42.

8. CROSNIER 1999, p. 31-37.

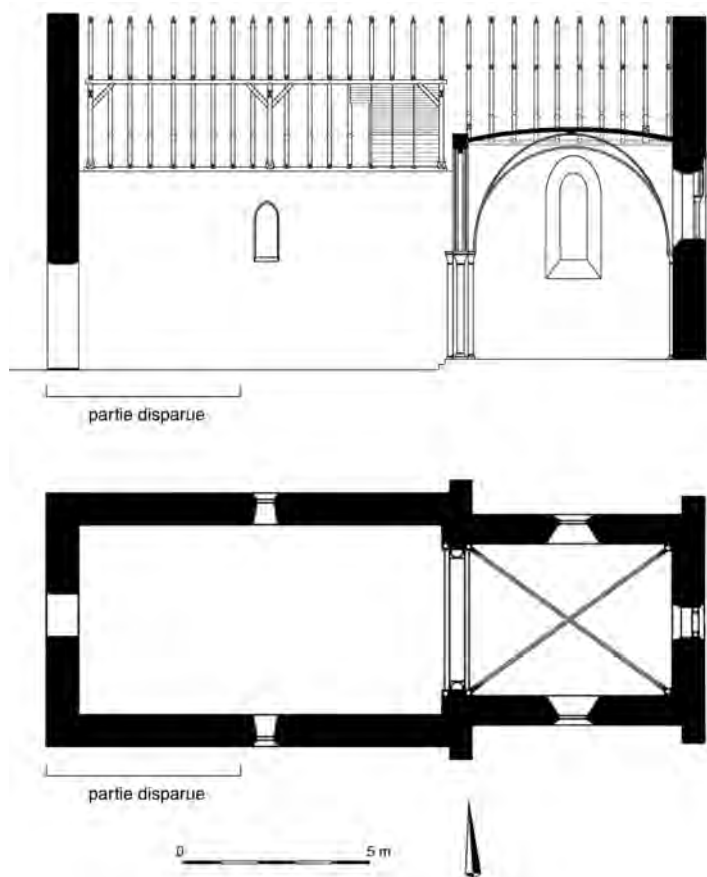


Fig. 1 : Chapelle Saint-Laurent de Vaux à Gisors (Eure) : restitution, coupe longitudinale ouest-est et plan (1224d).

La ferme de Vaux est aujourd'hui constituée d'un ensemble de bâtiments agricoles et d'une demeure de style Louis XIV organisés autour d'une cour fermée quadrangulaire flanquée, à chacun de ses angles, d'une petite tourelle défensive. De l'époque médiévale, il ne reste plus que les murs d'enceinte avec peut-être les tours d'angle, sinon leur base, et la chapelle Saint-Laurent accolée le long de la muraille méridionale.

Orientée à l'est, la chapelle Saint-Laurent présentait une petite nef de 11,50 m de long sur 6,80 m de large, aujourd'hui tronquée de moitié, et un chœur surélevé à chevet plat, de 6,35 m sur 5,63 m, légèrement plus étroit que la nef (fig. 1). Toutes les maçonneries sont en moellon calcaire avec des pierres de taille aux angles, aux corniches et aux encadrements des ouvertures. Seuls les murs internes du chœur sur lesquels s'appuyait à l'origine une voûte sur croisée d'ogives sont en moyen appareillage. La nef et le chœur sont couverts d'une toiture unique inclinée à 49°. L'ensemble des murs, les sculptures des chapiteaux, la forme des baies et la structure des charpentes témoignent d'une seule et unique phase de construction. Les analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes en 2005 sur les



Fig. 2 : Élévations sud intégrées dans le mur d'enclos, avec l'extrémité d'origine de la nef (à droite) et sa baie centrale murée.

charpentes de la nef et du chœur, sur la base de 10 échantillons, ont permis de situer précisément l'année d'abattage des bois du chœur en 1224, et entre 1217 et 1227 pour les bois de la nef⁹. L'homogénéité architecturale de l'édifice entre le chœur et la nef suppose, d'après ces résultats dendrochronologiques, que l'ensemble de cette chapelle a été achevé en 1224.

Cette chapelle n'a connu presque aucun remaniement depuis son origine jusqu'au début du XVIII^e siècle, lors de la reconstruction du château, où elle fut amputée de la moitié de sa nef et remise « au goût du jour » avec la pose d'un plafond et le percement d'une porte latérale dans la nef. La voûte sur croisée d'ogives du chœur a disparu au début du XX^e siècle.

La nef

Elle présente aujourd'hui une façade occidentale du XVIII^e siècle au milieu de la longueur primitive du vaisseau. Le mur sud, intégré aux maçonneries de l'enceinte, est conservé sur toute sa longueur (fig. 2) ce qui nous permet de restituer le plan d'origine du bâtiment.

Les murs nord et sud étaient percés chacun à mi-longueur d'une unique lancette à arc légèrement brisé, aujourd'hui toutes les deux bouchées. Une corniche en tablette posée sur des modillons taillés en cavet couronne le haut de ces murs. Les seuls contreforts du vaisseau se situent à l'angle du raccord avec le chœur où un très léger contrefort plat permet de lutter contre les poussées d'un arc triomphal. Ce dernier, de forme ogivale (fig. 3), repose de chaque côté sur une colonne engagée dont le chapiteau présente

9. BERNARD et LE DIGOL, 1995.



Fig. 3 : Arc triomphal séparant la nef du chœur, vu depuis la nef.



Fig. 4 : Chapiteaux à crochets de la retombée de l'arc triomphal.

des feuilles plates terminées en crosses (fig. 4). Le profil de cet arc présentait à l'origine des tores et cavets qui ont été depuis bûchés.

La nef était dépourvue de voûte en maçonnerie comme le laisse suggérer l'absence de contrefort à l'extérieur, la charpente d'origine était donc apparente. Sur l'entablement des murs, de longues solives ont été posées lors de la reconstruction de la façade occidentale au XVIII^e siècle pour former un plafond à la Française, recouvert de stuc ou de plâtre (fig. 3). La chute récente du plâtre laisse aujourd'hui à nu les solives disposées dans le sens longitudinal de la nef. La mise en place de ce plafond a entraîné la suppression des entrails des fermes principales d'origine, privant ainsi la base de la charpente de ses tirants primitifs et provoquant l'écartement inéluctable des fermes. Les larges fissures visibles sur la façade occidentale, le déversement du mur sud et la déformation de l'arc triomphal témoignent de l'ouverture de ces fermes et de leurs poussées sur les murs gouttereaux¹⁰.

10. La bienveillance de son propriétaire a permis aujourd'hui de corriger ces défauts.

Outre l'insertion de ce plafond et l'amputation de la moitié occidentale au XVIII^e siècle, les restes de la charpente du comble apparaissent dans leur état primitif avec le rajout au XX^e siècle de deux bastaings longitudinaux pour soutenir les fermes sous les entrails retroussés. Elle est à chevrons-formant-fermes et comprend dix fermes dont deux principales à entrail (supprimé) à chaque extrémité du comble (fig. 5). Sept fermes secondaires se répartissent entre ces deux fermes principales pour constituer une travée sur la moitié est de la nef actuelle tandis qu'une huitième, noyée dans le pignon ouest du XVIII^e siècle, débutait la seconde travée disparue de la charpente. L'espacement de ces fermes est irrégulier et varie entre 37 et 50 cm. Les bois sont tous de brin, équarris à la hache, et de section relativement faible mais homogène autour d'une moyenne de 12 x 13 cm.

Ces fermes secondaires sont chacune constituées d'un couple de chevrons raidis simplement par un entrail retroussé et deux jambes de force qui s'appuient en pied sur un blochet (fig. 6). Tous ses assemblages sont à tenons et mortaises chevillés. Deux cours de sablières filantes sur les murs gouttereaux réceptionnent les blochets par des entailles droites.



Fig. 5 : Charpente de la nef (1224d), amputée au fond par le mur-pignon du XVIII^e siècle.

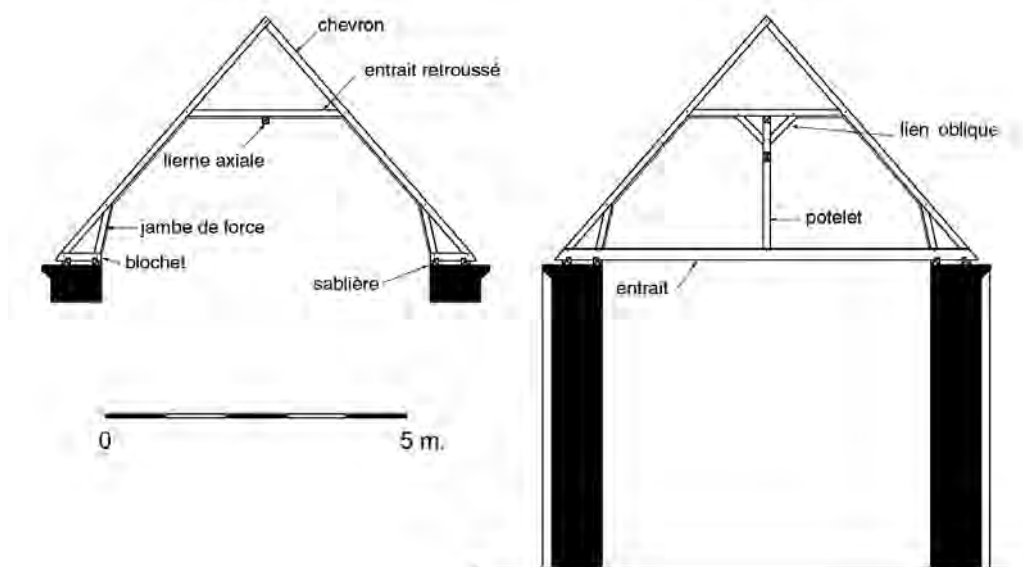


Fig. 6 : Charpente de la nef (1224d) : fermes secondaire et principale.



Fig. 7 : Dispositif longitudinal de soutien : lierne portée par un potelet, maintenu par des liens obliques, sur le solivage inséré au XVIII^e siècle.

Les deux fermes principales délimitant la travée sont constituées comme les fermes secondaires avec en supplément un entrait à leur base dont ne subsiste aujourd'hui que les extrémités, et un potelet assemblé en tête dans une lierne axiale, placée sous les entrails retroussés (fig. 7). Des liens obliques assemblés en tête dans le faux-entrait et dans la lierne viennent stabiliser ce potelet qui était tenonné en pied à l'origine dans l'entrait. Suite à la suppression des entrails de ces deux fermes au XVIII^e siècle, les potelets s'appuient aujourd'hui sur l'une des solives du plafond.

Ce cours de liernes axiales, assemblées entre elles par une simple enture biaise chevillée, était continu sur toute la longueur de la charpente. Il s'interrompt dans le pignon ouest, en partie noyé dans les maçonneries avec un de ses liens obliques. Placé sous les entrails retroussés auxquels la lierne n'était pas assemblée ni chevillée, ce dispositif était destiné à soulager les fermes secondaires en reportant leurs charges sur les potelets des fermes



Fig. 8 : Marque d'assemblage à encoches d'une ferme de la nef.

principales. Il assurait ainsi le raidissement de ces fermes et empêchait leur écartement à leur base par tassement. D'après les analyses dendrochronologiques et les prélèvements effectués dans ces bois, il apparaît que ce dispositif est bien d'origine et appartient à la conception primitive de cette voûte. Son mode d'assemblage aurait en effet pu suggérer une mise en place après coup, comme cela a été constaté pour celui de la charpente voûtée de la nef de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais au Mesnil-Mauger (Calvados), placé vers 1290, soit 140 ans après la construction de la charpente vers 1144.

De nombreux clous visibles sur la face interne des bois de ces fermes suggèrent que cette voûte a été lambrissée sans pour autant indiquer si ce lambrissage était d'origine ou rapporté tardivement. Cette voûte était donc polygonale et laissait apparent le dispositif de soutien des fermes placé sous les entrails retroussés. Quelques marques d'assemblage à encoches ont été relevées (fig. 8) témoignant d'une numérotation continue des fermes bien que celle-ci soit incomplète dans l'état actuel de nos observations.

Le chœur

Légèrement en retrait et en surélévation par rapport à la nef, le chœur est de plan sensiblement carré, avec un chevet plat. Une grande lancette à arc brisé largement ébrasée à l'intérieur perce les murs nord et sud en leur milieu. Au chevet, une baie en tiers-point montre à l'extérieur une archivolte taillée de pointes de diamants et d'un tore, supportée par deux colonnettes à chapiteaux ornés de feuilles plates légèrement recourbées en crochets (fig. 9).



Fig. 9 : Baie axiale du pignon oriental, vue de l'extérieur.

Des contreforts épais à deux larmiers épaulent les angles des murs nord et sud au droit des retombées de la voûte sur croisée d'ogives qui couvrait le chœur et qui a aujourd'hui disparu. Seuls les arrachements dans les maçonneries en témoignent, ainsi qu'une description de Louis Régnier rapportée par V. Patte : « le chœur est recouvert d'une voûte sur croisée d'ogives dont les nervures, composées de deux tores séparés par une arête, s'appuient sur des colonnettes placées aux angles »¹¹. La forme des baies, leurs moulures ainsi que les sculptures à feuilles d'eau des chapiteaux des colonnettes et de la baie du chevet corroborent les propositions de datations dendrochronologiques de la charpente du chœur de 1224.

11. PATTE 1976, p. 511.



Fig. 10 : Charpente du chœur.

La charpente du comble est homogène et n'a subi aucune restauration majeure sinon le rajout au XX^e siècle d'une faîtière et de deux bastaings longitudinaux pour raidir et étréssillonner les chevrons (fig. 10 à 12). Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes constituée de 10 fermes indépendantes, non étréssionnées, espacées à l'entraxe de 59 cm en moyenne, soit un entrevous de 44 à 47 cm. Leur composition est identique : chaque couple de chevrons est raidi par un entrait retroussé et par deux jambes de force. Un blochet reçoit le pied de chaque chevron et de sa jambe de force. Un cours de double sablière file sur l'entablement des murs gouttereaux et s'assemble en sous-face aux blochets par des entailles droites.

Pour éviter l'écartement de la charpente, l'avant-dernière ferme à l'est comporte un entrait à sa base de 16 x 19 cm de section (fig. 12). Celui-ci présente une torsion très prononcée

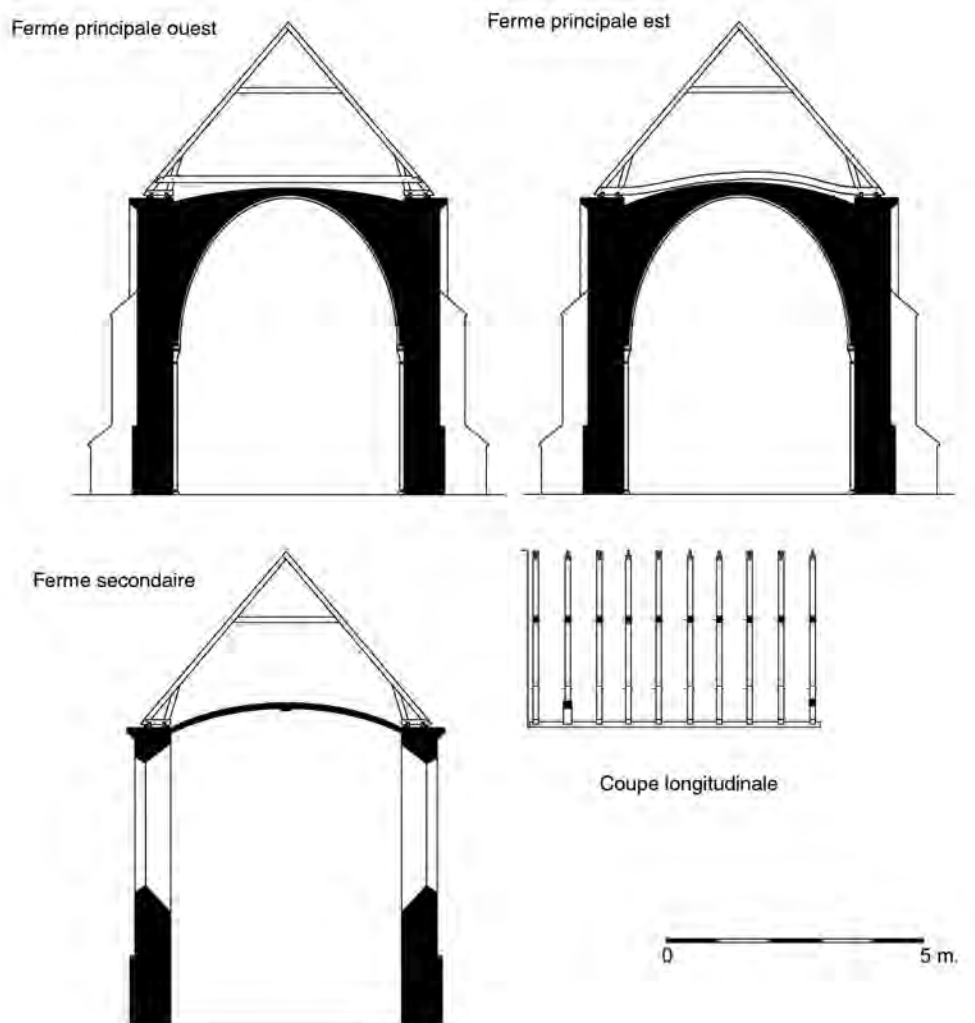


Fig. 11 : Coupes de la charpente du chœur (1224d) : fermes principales et secondaire.



Fig. 12 : Charpente du chœur : entrain tors de la ferme principale orientale pour franchir le bombement de la voûte aujourd'hui disparue.

pour pouvoir insérer dans le comble l'extrados de la voûte maçonnée. Sa forme est naturelle et a été sélectionnée en forêt, sur pied, avant l'abattage de l'arbre pour convenir au profil de la voûte. Une deuxième ferme à entrain se présentait à l'ouest au droit de l'arc triomphal. Là aussi, la courbure de l'arc et le départ de la voûte ont empêché les charpentiers de placer à la base de cette ferme un entrain droit. Visiblement, ils n'ont pas trouvé de poutre suffisamment incurvée et ont opté pour une autre solution : ils ont rehaussé le niveau de l'entrain en l'assemblant par mi-bois aux chevrons et aux jambes de force à 30 cm au-dessus de leur pied, au lieu de le placer à la base de la ferme (fig. 11 et 13). Supprimé au XVIII^e siècle, il n'en subsiste qu'une extrémité au nord. En raison de ses assemblages précaires à mi-bois, cet entrain présentait une faible section de 13 x 13 cm.



Fig. 13 : Ferme principale occidentale : extrémité de l'entrait assemblé par mi-bois au pied du chevron et de la jambe de force, destiné à « enjamber » la voûte.

Outre cet entrait et les sablières, tous les assemblages de cette charpente sont à tenons et mortaises chevillés. Les bois sont tous de brin, équarris à la hache, et présentent pour la plupart une torsion naturelle. Aucune marque d'assemblage n'a été remarquée.

Les dispositions de l'ensemble de la structure s'observent sous une forme identique sur la chapelle de Voismes à Fontaine-le-Pin (Calvados) ou sous des aspects plus complexes à Saint-Sulpice-sur-Risle et à Gravigny (Eure) ou encore à Norrey-en-Auge (Calvados). La torsion de l'entrait et le rehaussement du second dans le chœur illustrent les difficultés rencontrées par les charpentiers en vue d'adapter la charpente à l'insertion des voûtes sur croisée d'ogives, encore expérimentales et mal conçues. C'est à partir du second quart du XIII^e siècle que le bombement excessif des voûtes sera corrigé par le rehaussement des murs gouttereaux afin de permettre aux entrails de franchir le vaisseau.

QUATREMARE (EURE), ÉGLISE SAINT-HILAIRE

NOUS N'AVONS RELEVÉ aucune mention historique se rapportant directement ou indirectement à l'église de Quatremare.

L'église paroissiale Saint-Hilaire de Quatremare se compose d'une longue nef à piliers, bordée de bas-côtés, et d'un petit chœur quadrangulaire à chevet plat, voûté en maçonnerie. Elle présente encore aujourd'hui de nombreux éléments architecturaux du XIII^e siècle malgré d'importants remaniements opérés à l'époque moderne.

Du XIII^e siècle, sa nef conserve, à l'est, quelques piliers circulaires à chapiteaux à crochets. Les autres piliers de la nef ont été refaits à la fin du Moyen Âge ainsi que les murs gouttereaux qu'ils soutiennent, la charpente voûtée et lambrissée ainsi que les maçonneries des bas-côtés.

Le chœur est une construction rectangulaire de 7,90 m de long et de 5,70 de large dans œuvre des murs, faite en blocage de moellon calcaire et de pierre de taille pour les encadrements de baies, les contreforts, les corniches et les ogives des voûtes (fig. 1). Il s'ouvre sur la nef par un arc triomphal en tiers-point à deux rouleaux délardés soutenus par trois colonnettes à chapiteaux à crochets (fig. 2). Ses murs sont épaulés à l'extérieur par de puissants contreforts saillants, à chaperon très évasé, aux angles orientaux et à mi-longueur des murs gouttereaux, au droit de la retombée des voûtes en définissant ainsi deux travées. Le voûtement du chœur est composé de deux voûtes sur croisées d'ogives retombant sur des colonnettes à chapiteaux à crochets, très restaurés pour certains (fig. 3). Les baies des murs gouttereaux



Fig. 1 : Chevet de l'église Saint-Hilaire de Quatremare (Eure).

ont toutes été refaites à l'époque moderne, seules celles du chevet plat ont été conservées en l'état. Elles se présentent sous l'aspect de deux fines baies en lancettes rapprochées, très évasées à l'intérieur, surmontées d'un oculus. Leur forme, le profil grossier à large boudin ou à tore semi-circulaire des nervures des ogives, la sculpture florale des clefs de voûtes et le style des chapiteaux évoquent une exécution dans la première moitié du XIII^e siècle. Le revêtement du mur est actuellement recouvert d'un enduit en ciment. Les claveaux de la voussure en plein cintre d'une porte



Fig. 2 : Arc triomphal s'ouvrant sur le chœur.



Fig. 3 : Voûtes sur croisées d'ogives du chœur.

murée s'observent à l'extérieur dans le mur sud de la première travée.

Au-dessus des voûtes en maçonneries du chœur, est conservée dans un état de préservation remarquable une charpente à chevrons-formant-fermes dont la mise en œuvre semble correspondre à la construction de ce chœur, c'est-à-dire dans les **premières décennies du XIII^e siècle** (fig. 4 à 6). Elle est composée de 15 fermes subdivisées en deux travées par trois fermes principales à entrait, deux aux extrémités et une au milieu, avec pour chacune des deux travées six fermes secondaires (fig. 7). Espacées en moyenne de 40 cm, ces fermes sont toutes constituées d'un couple de chevrons enfourchés en tête, raidis par un entrait retroussé assemblé par tenon-mortaise, un couple d'écharpes assemblées en tête par un mi-bois à demi-queue d'aronde et en pied par un mi-bois avec ergot (fig. 8), et par deux jambes de force tenonnées en tête

dans les chevrons. Les fermes secondaires reposent en pied sur un blochet lui-même assemblé sur un double cours de sablières à l'aide d'entailles à mi-bois tandis que les fermes principales s'assemblent par tenon-mortaise dans un entrait. Ces dernières ne comportent aucun poinçon mais présentent la particularité d'avoir un entrait tors lui permettant d'éviter l'extrados des voûtes en maçonneries (fig. 4). De tels entrails tors sont courants à cette époque dans des charpentes couvrant des voûtes sur croisées d'ogives comme celles de la chapelle des Vaux (1224d) ou de la chapelle de Chanu (1183-1192d). En effet, les voûtes de la seconde moitié du XII^e siècle et de la première moitié du XIII^e siècle sont souvent fortement bombées et pénètrent dans le comble au risque de gêner le franchissement des entrails comme ici. Pour cette raison, les entrails sont sélectionnés sont des bois courbes de façon à « enjamber » l'extrados des voûtes.



Fig. 4 : Charpente du chœur, entrain tors de la ferme principale médiane.



Fig. 5 : Fermes secondaires indépendantes raidies par une croisée d'écharpes et un faux-entrait.



Fig. 6 : Fermes du chœur.

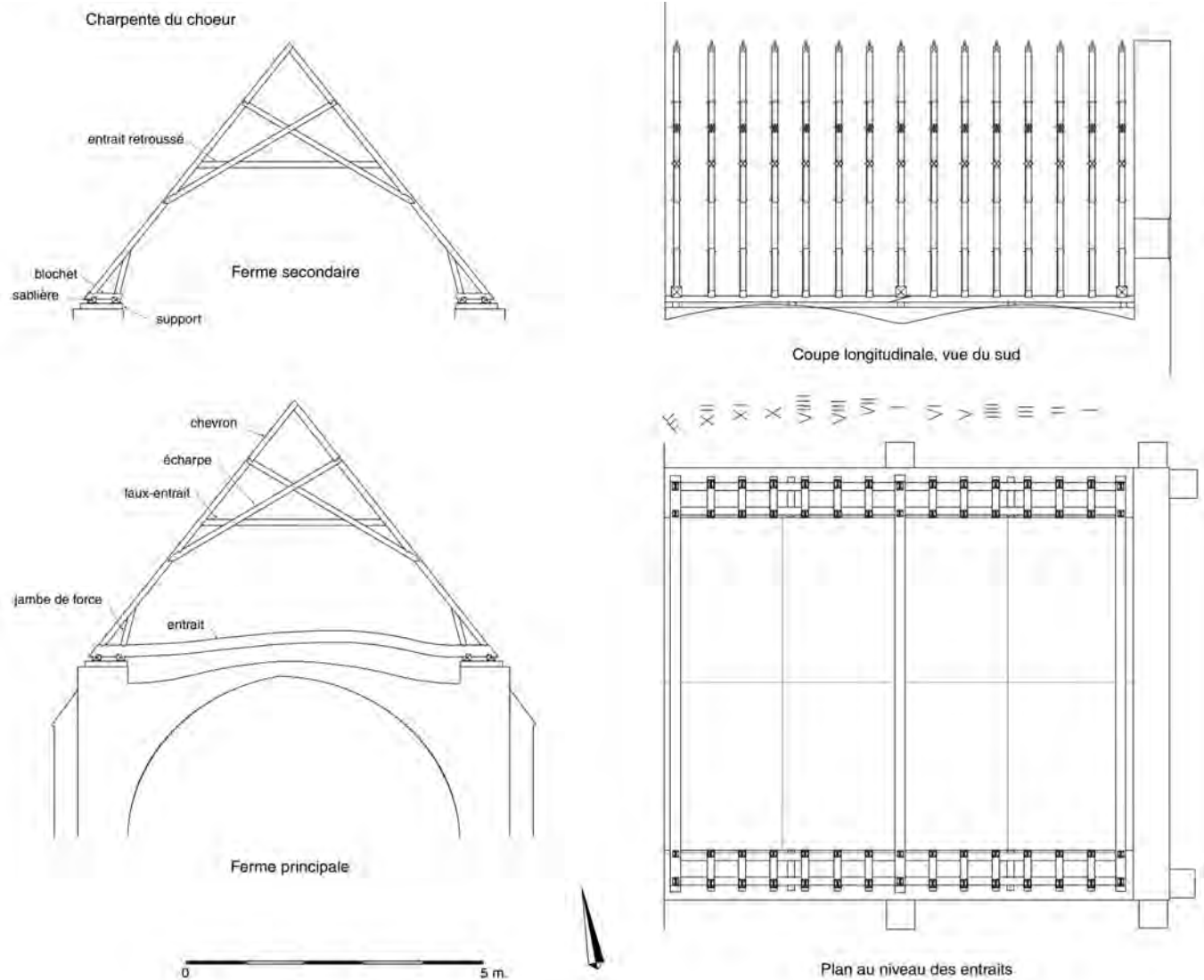


Fig. 7 : Charpente du chœur (début XIII^e siècle) : coupes et plan.

Une autre particularité est à relever au niveau des sablières puisque celles-ci sont supportées à intervalles réguliers de 1,80 m environ, c'est-à-dire sous les entrails et en milieu de travée, par des cales de bois de 10 x 14 cm de section et longues de 60 cm environ (fig. 9-10). La fonction de ce dispositif reste difficile à expliquer sinon peut-être pour rehausser davantage la charpente afin d'éviter tout contact entre les entrails et les voûtes.

La face d'établissage des fermes est orientée à l'est et l'enfoncement des chevilles s'est opéré de l'est vers l'ouest. Le

marquage des assemblages s'est donc effectué sur la face est des bois, en pied des écharpes, des jambes de force, à l'extrémité nord des entrails retroussés, en tête, en pied et au droit des écharpes sur les chevrons, et sur les blochets. Les fermes secondaires sont marquées en chiffres romains ordonnés selon une numérotation continue de I à XII en sautant les fermes principales marquées différemment : la ferme principale orientale ne présente pas de marque, la ferme médiane est marquée I et la dernière, à l'ouest, avec un signe particulier n'a pas de signification numérique.



Fig. 8 : Assemblages à mi-bois avec ergot du pied des écharpes.



Fig. 9 : Cale placée sous l'enture des sablières, au droit de la ferme principale médiane.



Fig. 10 : Cale placée sous les sablières en milieu de travée.

SAINT-MARTIN-DE-BOSCHERVILLE (SEINE-MARITIME),

CHAPELLE DES CHAMBELLANS

SITUÉE à l'angle nord-ouest de la clôture de l'abbaye Saint-Georges de Boscherville, la chapelle des Chambellans est le seul vestige subsistant d'un ensemble de bâtiments accolés aux murs de l'enclos, indépendamment des constructions conventuelles de l'abbaye.

Un procès-verbal rédigé le 16 août 1295 par Clément de Savy, agent royal, rapporte à propos de ces bâtiments que « *la nouvelle grande sale... une nouvelle cambre et une capele tenans à la dite sale, laquelle cambre est toute parfaite, et la capele estoit encore à parfaire en partie* »¹. Étudié à l'occasion de fouilles archéologiques menées sur l'abbaye entre 1978 et 1993², cet ensemble de trois édifices (*aula*, *camera* et *capella*) disposés à la suite les uns des autres, correspondait à une grande résidence aristocratique selon un modèle architectural commun à cette époque³. Cette résidence était destinée aux sires de Tancarville, chambellans de Normandie et fondateurs de l'abbaye, pour le séjour de leur famille et la réunion de leur cour⁴. La chapelle attenante aux appartements privés servait aux offices de la famille des Tancarville auxquels ces derniers pouvaient assister par une petite tribune en bois s'ouvrant directement à l'étage.

De plan carré de 10 m de côté environ hors œuvre des murs, la chapelle est une construction en moellons calcaires, renforcés aux angles par des contreforts en pierre de taille (fig. 1). La toiture

en bâtière a conservé les deux murs pignons d'origine. Celui orienté à l'est conserve une baie axiale en tiers-point et une seconde baie s'ouvrait dans le mur sud à proximité d'une porte d'entrée, toutes deux bouchées mais restituées récemment (fig. 2). Dans le mur pignon ouest, à hauteur de l'étage du logis situé au revers, s'observe encore une porte destinée à une tribune en bois dont ne subsiste plus aucune trace et qui s'ouvrait sur les appartements privés des sires de Tancarville.

En 1571, le logis est jugé « *en grande décadence et ruyne* » et la chapelle « *inutile* » par le vicaire de l'abbé, témoignant ainsi de son état d'abandon⁵. Lors de l'installation des Mauristes à Boscherville en 1659, la chapelle fut transformée en appartement pour l'hébergement d'un moine réfractaire de l'ancienne communauté bénédictine⁶. Un plancher, une cuisine, une cheminée et un four y furent aménagés et les murs percés de deux fenêtres. La baie et la porte d'entrée primitive du mur sud ainsi que la porte de la tribune du mur pignon ouest furent à cette occasion condamnées. La charpente voûtée du comble fut également adaptée par la suppression d'un entrain et d'un poinçon d'une ferme principale qui encombraient l'espace du nouvel étage.

Ce n'est qu'en 1993, suite aux restaurations entreprises par le conseil général de Seine-Maritime, que cette chapelle put recouvrer son aspect et son volume originels.

1. Texte publié dans PRÉVOST 1904, p. 552-553 et LE MAHO 1985, p. 152.

2. LE MAHO 1985.

3. IMPEY 1993 et 1997.

4. LE MAHO 1985, p. 151.

5. AD Seine-Maritime, 13 H 32.

6. AD Seine-Maritime, 13 H 44 cité dans LE MAHO 1985, p. 148.

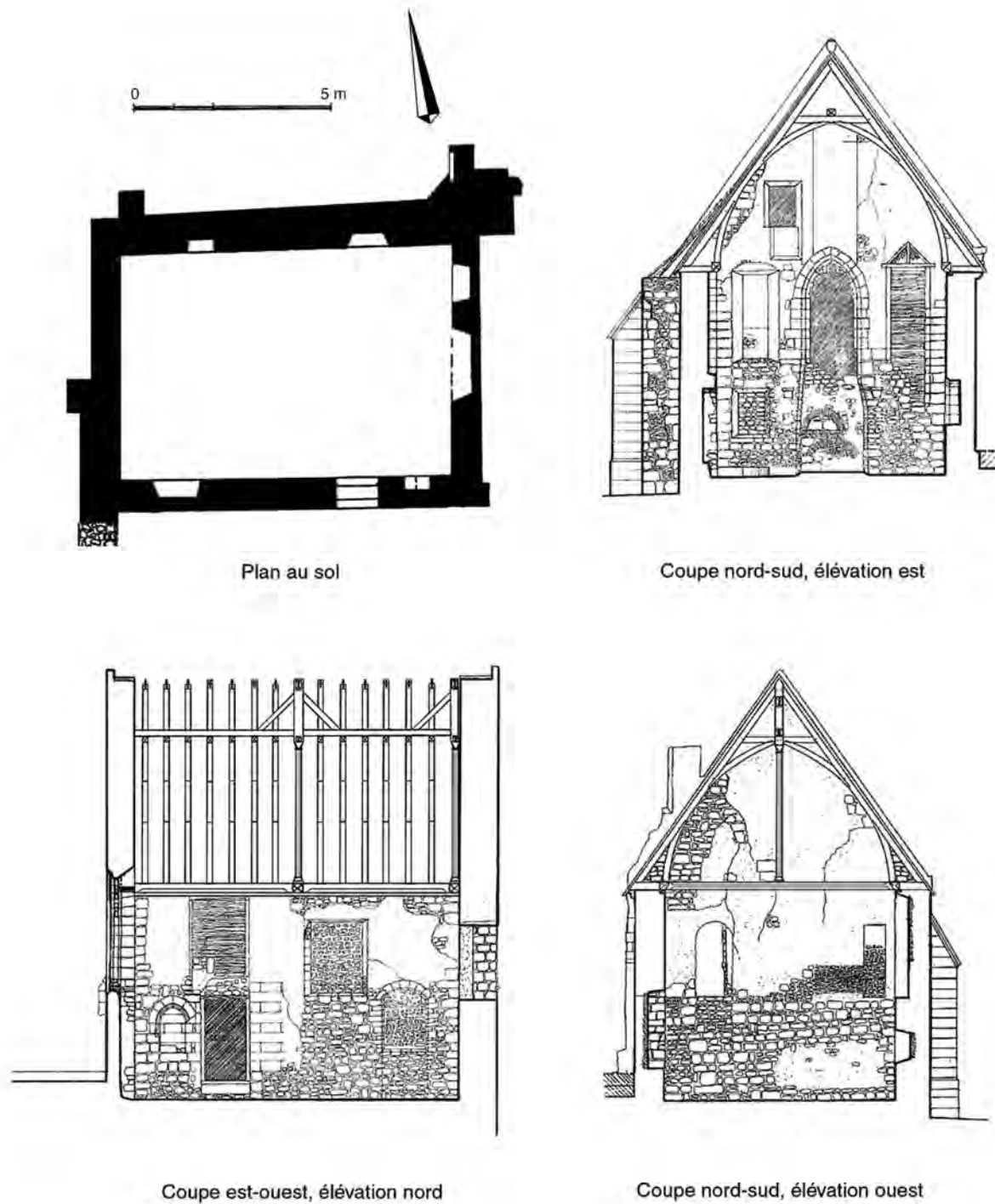


Fig. 1 : Chapelle des Chambellans, avant restauration (MOUFLE 1990), Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime).



Fig. 2 : Vue sud-est de la chapelle, après restauration.

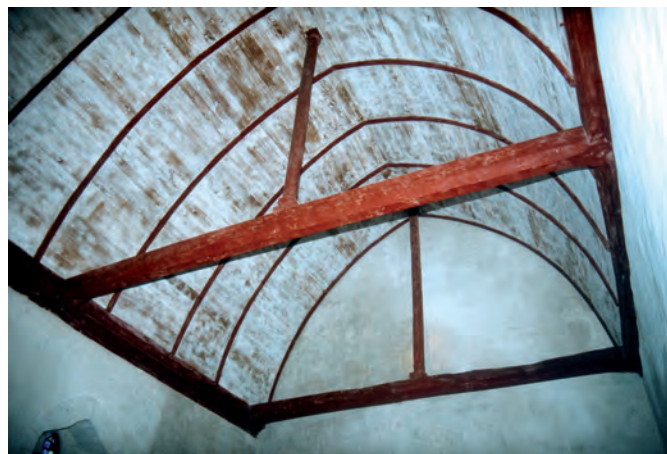


Fig. 3 : Charpente vue vers l'est, après restauration.

La charpente

La description de cette charpente est basée sur les photos et les relevés de l'étude préalable à la restauration du cabinet de l'architecte en chef des Monuments historiques Moufle, la charpente étant actuellement lambrissée et fermée au niveau de ses combles.

Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes homogène constituée de deux travées (fig. 1 et 3). On compte dans la travée ouest une ferme principale à entrait et poinçon disposée contre le mur pignon ouest et six fermes secondaires. La seconde travée comprend une autre ferme principale située au milieu de la charpente et sept fermes secondaires, soit une de plus que la précédente travée. La septième ferme secondaire, placée contre le mur pignon est, permet de dégager la baie axiale qui aurait été masquée en partie si une ferme à entrait et poinçon de fond avait dû être mise en place ici.

Le profil des fermes dessine un arc en tiers-point identique, en proportion, à celui de la baie axiale du mur pignon est. La voûte était vraisemblablement lambrissée à l'origine.

Les fermes principales sont constituées d'un entrait, d'un poinçon de fond et d'un couple de chevrons raidis par un entrait retroussé ainsi que d'un couple d'aisseliers et de jambes de force

courbes. Les relevés sur lesquels nous basons cette description ne permettent pas de distinguer correctement l'assemblage de tête des poinçons ni de savoir par conséquent s'ils travaillent en triangulation. Les seuls entrait et poinçon d'origine de cette charpente présentent des moulures à leurs extrémités.

Les fermes secondaires sont constituées à l'identique mais sans entrait ni poinçon. Une entretoise moulurée, courant sur le mur gouttereau et assemblée aux flancs des entrails, reçoit les pieds des jambes de force. Là aussi, malheureusement, les relevés ne permettent pas de savoir si les pieds de chevrons sont assemblés dans un blochet ou bien dans une sablière reliée à l'entretoise.

Une lierne d'étrésillonnage des fermes est disposée sur les entrails retroussés, assemblés par tenons et mortaises dans les poinçons. Son extrémité est semblable à s'encastrent directement dans la maçonnerie, du fait de l'absence de poinçon. Des liens de contreventement obliques s'y assemblent par tenon-mortaise.

Tous les assemblages de cette charpente sont à tenons et mortaises, à l'exception peut-être des têtes de chevrons qui s'assemblaient par enfourchement. Les marques d'assemblage n'ont pas pu être identifiées lors du chantier de restauration de cette charpente.

SAINT-MARTIN-DE-BOSCHERVILLE (SEINE-MARITIME),

ÉGLISE ABBATIALE SAINT-GEORGES

D'APRÈS UNE CHARTE délivrée par Guillaume le Conquérant, la famille des Chambellans de Normandie fonda vers 1050, sur l'emplacement d'une chapelle carolingienne dédiée à Saint-Georges, un collège de chanoines voués au service religieux de cette famille¹. Les fouilles archéologiques menées sur ce site entre 1978 et 1993 ont permis de retrouver le plan de cette collégiale, sur les fondations de la chapelle primitive dont les murs ont été réemployés en partie dans la nef². Cette collégiale adoptait la forme de la croix latine avec des absidioles aux transepts et un long chœur au chevet semi-circulaire. Les substructions d'un cloître en bois et de salles communes furent également découvertes au nord de la collégiale.

Selon un schéma courant en Normandie de la seconde moitié du XI^e siècle au début du XII^e siècle, qui cherchait à imposer plus d'ascétisme et d'austérité dans la vie monacale³, les chanoines séculiers de cette communauté furent remplacés par des moines bénédictins, transformant ainsi cette collégiale en abbaye. D'après Orderic Vital et une charte d'Henri I^{er} Beauclerc, conservée par une copie du XIII^e siècle, cette nouvelle abbaye fut fondée en 1113 par Guillaume de Tancarville, fils du fondateur de la collégiale, en faisant venir des moines de la prestigieuse abbaye de Saint-Évroult-en-Ouche⁴. Cette fondation s'accompagna de la

construction d'une nouvelle église Saint-Georges, érigée à proximité de l'ancienne collégiale qui fut conservée en élévation pendant la durée des travaux pour le maintien des offices.

Les bâtiments conventuels furent construits dans la continuité du chantier après l'achèvement de l'église abbatiale avec en priorité l'érection de l'hôtellerie, puis celle des celliers, du réfectoire, des cuisines, de la salle capitulaire et du cloître.

D'une dizaine de moines au début du XII^e siècle, cette communauté passa à une vingtaine au XIII^e siècle. C'est à cette époque que la prospérité économique de l'abbaye connut son apogée. De multiples bâtiments annexes vinrent se greffer aux précédents, tels le logis de l'abbé, l'infirmerie, une grange et de nombreux autres édifices à vocation artisanale ou agricole. À la fin du XIII^e siècle, un ensemble résidentiel comprenant une grande salle de réception (*aula*), des appartements privés (*camera*) et une chapelle (*capella*) fut construit au nord-ouest de la clôture, sur le modèle des grandes résidences aristocratiques du XIII^e siècle, pour le séjour des sires de Tancarville et la tenue d'assemblées de leur cour⁵.

Avec la guerre de Cent Ans, l'abbaye de Saint-Georges connut, comme la plupart des abbayes normandes, une période de récession économique. Il fallut attendre le début du XVI^e siècle pour que l'effectif des moines retrouve celui du XIII^e siècle et que soient réalisés certains aménagements comme la reconstruction des galeries du cloître. Toutefois, l'instauration en 1536 du régime

1. FAUROUX 1961, p. 382.

2. LE MAHO et WAZYLYSZYN 1998, p. 14-19.

3. WAZYLYSZYN 1995, p. 151.

4. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica...*, CHIBNALL (éd.) 1973, t. IV, p. 256; JOHNSON et CRONNE 1956, LXXV, cal. n° 1012, p. 324-326.

5. LE MAHO 1985, p. 151-153.

de la Commende mit fin à cet élan de prospérité. Les nouveaux abbés engagèrent de nombreux frais pour le confort de leurs appartements et délaissèrent les bâtiments conventuels dont certains tombèrent en ruine. Cette situation fut aggravée lors des guerres de Religion par des raids de pillages huguenots en 1562 et 1570. En 1590, l'ancien logis des Chambellans, transformé sous la Commende en maison abbatiale, fut détruit par un incendie, et vers le milieu du XVII^e siècle, le grand réfectoire fut démonté suite au manque d'entretien⁶. C'est à cette époque, en 1659, que la congrégation de Saint-Maur s'installa à Boscher-ville⁷. Mais il fallut attendre 1690 pour voir la reconstruction du logis conventuel et l'aménagement de jardins à la Française agrémentés de fontaines, implantés sur les coteaux dominant l'abbaye⁸.

Vendue comme bien national à la Révolution, l'abbaye devint la propriété d'un industriel rouennais qui transforma en 1818 les anciens bâtiments conventuels en filature. Cette activité dura jusqu'en 1822 où, suite à la faillite de l'entreprise, les bâtiments mauristes furent convertis en carrière de pierre. L'église abbatiale, quant à elle, fut rachetée dès 1792 par la commune de Boscher-ville pour servir d'église paroissiale.

Aujourd'hui, il ne subsiste de l'abbaye que l'ancienne église abbatiale, un bâtiment conventuel d'époque mauriste, la salle capitulaire du XII^e siècle, rachetée en 1822 par le département de la Seine-Inférieure, et la chapelle des Chambellans du XIII^e siècle. Devenue propriété du conseil général de Seine-Maritime, l'ensemble des édifices et des vestiges restant de l'abbaye a fait l'objet d'une importante campagne de restauration faisant suite à une vaste étude archéologique menée de 1978 à 1993 par le Groupe de Recherche Archéologique du pays de Caux.

Description architecturale

Édifiée, sur le même plan que l'abbatiale de sa maison mère, entre 1113 – date de fondation de l'abbaye – et 1125-1130 (d'après Maylis Baylé⁹) ou vers 1135 (selon Jacques Le Maho¹⁰), l'église Saint-Georges a conservé l'ensemble de ses élévations d'origine (fig. 1). Jacques Le Maho a remarqué que les dimensions de l'édifice respectaient un plan coté, basé sur un pied d'une valeur de 33,15 cm avec une longueur totale de l'édifice dans œuvre des murs de 200 pieds et une largeur de la nef de



Fig. 1 : Église abbatiale Saint-Georges de Boscher-ville de Saint-Martin-de-Boscher-ville (Seine-Maritime).

60 pieds. Par ailleurs, la continuité des assises de l'appareillage sur toute la longueur de la nef tend à confirmer un mode de construction par niveaux successifs, et non par travées. Enfin, l'uniformité des sculptures, du décor et des caractères architecturaux attestent que l'abbatiale a été édifiée « d'un seul jet » selon un plan prédéterminé, ce qui suppose une seule campagne de mise en place des charpentes des différentes parties de l'édifice.

L'abbatiale respecte un plan de croix latine avec une nef à collatéraux de huit travées, un transept à tribunes et pourvu d'absidioles, et un chœur de deux travées terminé par une abside semi-circulaire (fig. 2). Une haute tour-lanterne éclaire la croisée du transept selon un schéma traditionnel normand. Le massif occidental, constitué d'une étroite tribune percée de deux rangs de larges baies et pourvu de deux petites tourelles, témoigne de l'évolution des massifs de façade depuis celui de Jumièges, austère et presque aveugle doté de deux grandes tours dans le prolongement des bas-côtés. La porte principale, accolée à deux fausses portes latérales, présente une voussure surchargée d'un décor où

6. AD Seine-Maritime, 13 H 2 cité dans LE MAHO 1985, p. 146.

7. AD Seine-Maritime, 13 H 44.

8. LE MAHO et WAZYLYSZYN 1998, p. 59.

9. BAYLÉ 1997, p. 126.

10. LE MAHO et WAZYLYSZYN 1998, p. 20.

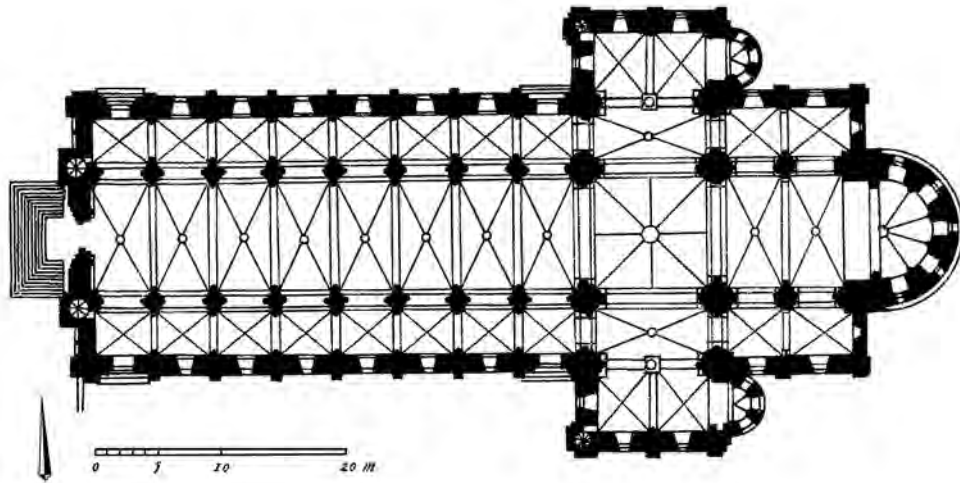


Fig. 2 : Plan de l'église abbatiale (MUSSET 1985 t. II, p. 150).



Fig. 3 : Nef romane et voûtes gothiques.

s'exprime presque tout le vocabulaire du géométrisme normand et qui retombe sur des chapiteaux historiés.

Les élévations de l'intérieur se composent d'un niveau de grandes arcades à double rouleau retombant sur des piles cruciformes de huit demi-colonnes, d'un étage d'étroites arcatures s'ouvrant sur le comble des bas-côtés et d'un niveau supérieur de grandes baies en plein cintre le long desquelles court une petite galerie de circulation selon la tradition typiquement normande du mur épais (fig. 3). La largeur de ces baies procure à tout l'édifice une grande clarté qu'il convient de nuancer du fait de l'absence des vitraux d'origine, vraisemblablement plus sombres que ceux d'aujourd'hui.

Selon une autre tradition normande fréquemment adoptée dans les églises romanes, la travée de fond des croisillons du transept est surmontée d'une tribune à vocation liturgique (fig. 4). Celle-ci est portée par des voûtes d'arêtes qui retombent sur une pile médiane cylindrique. Ces croisillons s'ouvrent sur une petite absidiole voûtée en cul-de-four. Une tour-lanterne éclaire la croisée du transept par un étage de deux baies sur chaque face, au-dessus d'un niveau aveugle. Elle est couverte d'une voûte d'ogive plus tardive, d'époque gothique.

Le chœur présente deux travées droites voûtées d'arêtes et une abside percée de grandes baies en plein cintre, sur deux niveaux, avec au dernier étage une galerie de circulation qui court derrière les colonnes cylindriques de la retombée des ogives de la voûte absidiale. Ce chœur est flanqué de collatéraux voûtés d'arêtes et terminés par un chevet plat.

Les sculptures des chapiteaux de cette église appartiennent au répertoire classique des chapiteaux à godrons, agrémentés de palmettes, d'entrelacs ou de masques, et aussi au registre des chapiteaux historiés et à motifs animaliers de la première moitié du XII^e siècle.



Fig. 4 : Tribune du croisillon nord du transept.

Les collatéraux de la nef sont voûtés d'arêtes tandis que le vaisseau de la nef et des deux bras du transept était dépourvu de voûtes à l'origine. Ils étaient couverts d'un plafond de bois formé de lattis inséré entre les entrails de la charpente des combles. La pose des voûtes maçonnées a été réalisée entre 1224 et 1227 d'après les analyses dendrochronologiques des charpentes du transept qui ont été modifiées pour ce chantier (fig. 5-6). En 1233, l'église reçut une nouvelle dédicace¹¹, pour inaugurer vraisemblablement l'achèvement du voûtement complet de l'édifice.

L'abbatiale n'a connu par la suite aucune grande reprise architecturale, à l'exception de la construction de la flèche sur la tour du transept et de modifications des charpentes aux XVII^e et XVIII^e siècles, lors de la refonte des bâtiments pour la congrégation de Saint-Maur.



Fig. 5 : Croisillon nord : voûtes gothiques peintes d'un faux-appareillage rouge sur fond blanc.



Fig. 6 : Comble du croisillon nord : arcatures romanes au-dessus des voûtes du XIII^e siècle.

Les charpentes du transept

Les charpentes des deux bras du transept ont déjà fait l'objet d'une étude sérieuse et très approfondie par Edward Impey, L. T. Courtenay et N. W. Alcock, publiée en France et en Angleterre en 1997 et 1998 respectivement¹² et dont certains relevés sont ici présentés. Plusieurs remarques seront toutefois faites en raison de nos propres observations et pour prendre en compte les datations dendrochronologiques réalisées en 2001 par Vincent Bernard du laboratoire de Rennes sur les charpentes du transept et de la nef.

Les charpentes des bras nord et sud du transept présentent une structure analogue (fig. 7 à 11). Elles sont constituées chacune d'une succession d'entrails rainurés, 12 entrails au

11. LE MAHO et WAZYLYSZYN 1998, p. 48.

12. COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 54-67; IMPEY 1997, p. 130-133.

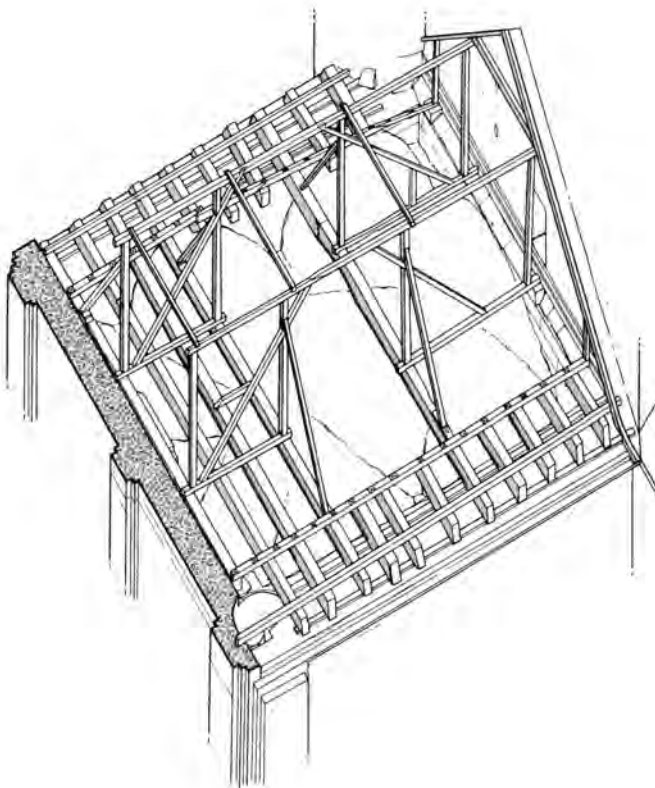


Fig. 7 : Axonométrie de la charpente du croisillon nord (COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 64).

nord comme au sud, espacés de 90 cm en moyenne d'axe en axe, d'un portique contreventé, posé sur les entrails et supportant une série de couples de chevrons indépendants des entrails et écartés de 65 cm. Il ne s'agit par conséquent ni d'une charpente à chevrons-formant-fermes, ni d'une charpente à fermes et pannes.

Nombre d'entrails d'origine ont été coupés au ras des murs gouttereaux, laissant en place seulement leurs extrémités sur les murs. Edward Impey avance l'hypothèse que ces entrails auraient été sectionnés lors de la construction des voûtes au premier tiers du XIII^e siècle, pour faciliter le travail des maçons. Il est toutefois possible d'envisager une récupération de ces entrails au XVII^e siècle lors de la reconstruction de la charpente de la nef qui a réemployé quantité de chevrons et d'entrails du XII^e siècle. Ils auraient été récupérés pour alimenter en bois d'œuvre ce chantier et peut-être celui des nouveaux bâtiments conventuels mauristes. On observe en effet en sous-face des sablières basses des portiques le négatif des entrails sectionnés, preuve d'une récupération plus tardive que la mise en place des portiques. Ce portique aurait donc été posé sur l'ensemble des entrails en place avant que ces derniers n'aient été sectionnés. Quoi qu'il en soit, les entrails qui subsistent sur



Fig. 8 : Charpente du croisillon sud.



Fig. 9 : Portique de la charpente du croisillon sud.

ces murs, amputés ou non, sont en place et présentent tous, sur leurs flancs, des rainures destinées au logement d'un lattis de plafond. Ils constituent le seul vestige en place que nous ayons en Normandie, dans l'état actuel du recensement, d'un plafond apparent sur un édifice roman.

Les analyses dendrochronologiques effectuées sur les échantillons prélevés dans ces entrails, sur les croisillons nord et sud du transept, ont permis de situer l'abattage de ces bois **entre 1112 et 1130**¹³. Cette proposition de datation rejoint celles de Maylis Baylé et de Jacques Le Maho qui situent l'achèvement de la construction respectivement vers 1125-1130 et vers 1135¹⁴. Tenant compte de l'année de fondation en 1113, qui suppose le début de la construction de l'église, la mise en place de la

13. BERNARD 2002.

14. BAYLÉ 1997, p. 126 et LE MAHO et WAZYLYSZYN 1998, p. 20.

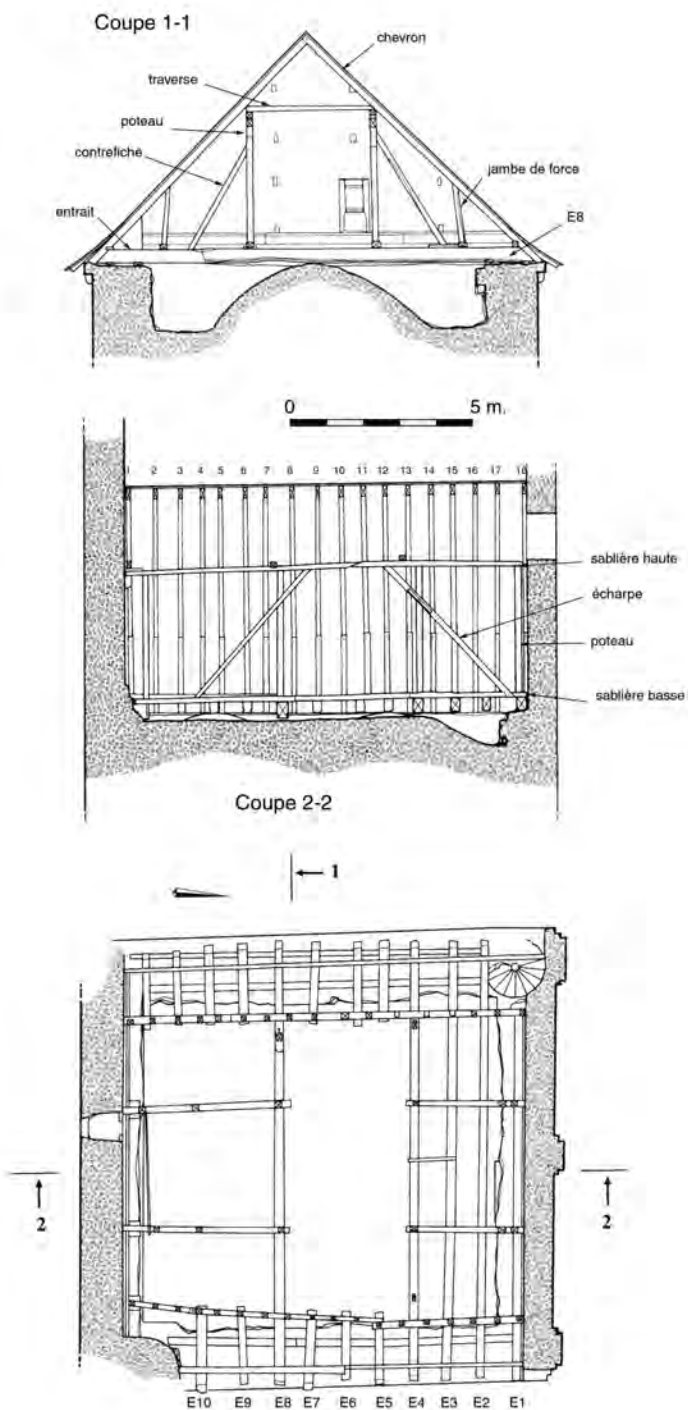


Fig. 10 : Plan et coupes de la charpente du croisillon nord (COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 61-63).

charpente sur le transept s'est probablement effectuée après 1120 et avant 1130.

Le portique qui repose sur ces entrails est constitué, dans le comble du croisillon nord comme au sud, de deux pans-de-bois

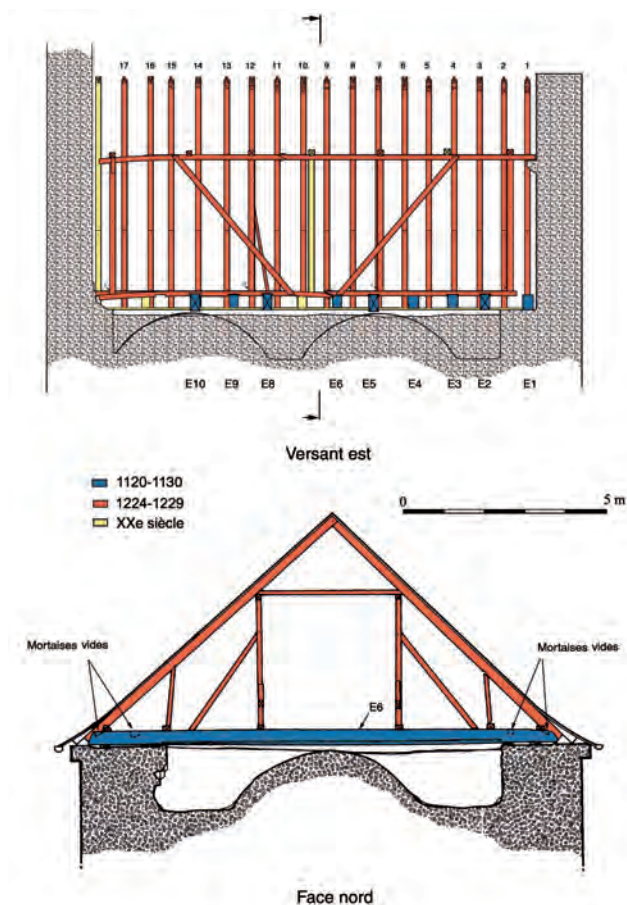


Fig. 11 : Coupes longitudinale et transversale de la charpente du croisillon sud (d'après COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 61-63).

parallèles reliés entre eux par trois traverses posées sur la sablière haute de ces pans. Chacun de ces pans-de-bois est constitué d'une sablière basse qui file sur les entrails, composée de deux pièces aboutées par une enture oblique chevillée, d'une sablière haute identique à la précédente et qui est soutenue par quatre poteaux. Ces derniers sont raidis par deux écharpes obliques qui, dans le croisillon sud, sont assemblées en pied dans la sablière basse par un mi-bois avec ergot, et en tête dans la sablière haute par un mi-bois en demi-queue d'aronde. Dans le croisillon nord la position des mi-bois est inversée avec des mi-bois à ergot en tête des contrefiches et des mi-bois à demi-queue d'aronde ou un tenon-mortaise en pied. Les pans-de-bois sont contreventés transversalement par des contrefiches obliques assises dans une encoche dans les entrails, fixées par une cheville, et en tête assemblées dans les poteaux par un tenon mortaise chevillé.

Ce portique a pour fonction de supporter les chevrons qui reposent aux deux tiers de leur longueur sur la sablière haute des pans-de-bois. La poussée engendrée par la flexion de ces chevrons sur ce portique est contrecarrée par les traverses qui sont assem-



Fig. 12 : Croisillon sud : extrémité des entrails avec leurs mortaises vides.

blées en sous-face à la sablière haute par un mi-bois à demi-queue d'aronde. La partie inférieure de ces chevrons est raidie par une jambe de force qui s'appuie sur une sablière filante sur les entrails. Il en est de même pour les pieds de chevrons qui reposent sur une sablière de toit posée sur l'about des entrails.

Selon les auteurs anglais, la mise en place du portique et des chevrons serait intervenue peu de temps après la pose des entrails suite à un éventuel changement de parti motivé par une volonté de réduire davantage l'écartement des chevrons¹⁵. En effet, sur les entrails du croisillon sud, deux jeux de mortaises vides ont été remarqués, l'un aux extrémités des entrails, destiné à la réception d'un chevron, avec une gorge inclinée à 45° et l'autre à un mètre du précédent pour une jambe de force (fig. 12). Ces mortaises étaient donc destinées à l'assemblage des pieds d'un couple de chevrons primitifs écartés de 90 cm environ tandis que les chevrons actuels sont espacés de 65 cm approximativement. Ces auteurs font remarquer que les entrails du

croisillon nord sont dépourvus de ces mortaises primitives et donc que le changement de parti a dû suivre de près l'édification de la charpente du croisillon sud puisque l'absence de mortaise suppose une mise en place contemporaine des entrails, du portique et du chevronnage.

Nous ne retiendrons pas cette hypothèse pour trois raisons. La première provient d'une contradiction : si la pose des entrails du croisillon nord est contemporaine du portique et du chevronnage, pourquoi les charpentiers auraient-ils alors disposé des entrails espacés de 90 cm sachant qu'ils n'étaient pas adaptés à la stabilité des fermes et que cela les obligeait à mettre en place un chevronnage indépendant des entrails ?

Par ailleurs, il faut remarquer que l'écartement de 90 cm des entrails est caractéristique des charpentes romanes de cette dimension et que cet espacement de fermes primitives ne correspond pas à un défaut de conception et ne saurait donc être la raison d'un changement de parti au cours du chantier¹⁶. Si reprise il y eut, elle a dû se produire après l'achèvement de la charpente primitive pour des motifs indépendants de l'écartement des fermes primitives.

La deuxième raison réside en ce que le portique-chevronnage est totalement indépendant des entrails et que cela contredit le mode traditionnel de conception des charpentes médiévales qui se caractérise par la création de fermes complètes obtenues d'après un tracé d'épure. Ces portiques et ce chevronnage apparaissent donc comme une structure rajoutée après coup sur les entrails, lors d'une seconde campagne de travaux, et non comme le fruit d'un changement de parti intervenu au cours d'un même chantier. De plus, une erreur de conception au cours d'un chantier semble difficilement acceptable. Ce portique et ce chevronnage correspondraient donc à une seconde campagne, intervenue longtemps après l'achèvement de la charpente primitive dont les entrails demeurent les seuls vestiges.

Enfin, la troisième raison repose sur la présence aux abouts de certains entrails du croisillon nord de mortaises destinées à des chevrons, confirmant la thèse d'une disposition primitive constituée de fermes véritables avec des entrails à leur base, espacées de 90 cm. Toutes les extrémités de ces entrails, dans le croisillon nord comme au sud, ont été raccourcies sur plusieurs centimètres ne laissant parfois de ce jeu de mortaises qu'un départ de gorge très détérioré aux abouts de ces pièces. La réduction en longueur de ces entrails doit être rattachée à cette seconde campagne qui a vu la mise en place de ce portique et du nouveau chevronnage.

15. COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 54-67.

16. Charpente de la nef de l'église Saint-Georges à Haguenau dans le Bas-Rhin avec un écartement de 0,88 m pour 10,10 m de portée (CRMH 1982a, pl. D.4050) ; transept de la cathédrale de Tournai dans les Hautes-Pyrénées avec 0,90 m pour 13,00 m de portée (GÉNICOT 1977, p. 143) ; transept de l'abbatiale de Floreffe en Belgique avec 0,87 m pour 13,50 m de portée et 0,90 m pour 14,00 m (HOFFSUMMER 1989, p. 106 et 110).

Les expertises dendrochronologiques pratiquées sur les bois des chevrons et du portique des deux croisillons sont venues confirmer ces hypothèses en proposant un abattage des bois du portique et des chevrons **entre 1224 et 1229**. Ces dates coïncideraient d'une part avec la mise en place des voûtes sur les deux bras du transept et sur la nef, datées par leur style du XIII^e siècle, et d'autre part à la nouvelle dédicace de l'église en 1233 faisant suite probablement à un grand chantier¹⁷. Il est fort probable qu'entre 1224 et 1233, les fermes primitives du transept ont été démontées en laissant en place les entrails pour servir de plancher de travail aux maçons et manœuvriers et permettre ainsi la construction des nouvelles voûtes. La présence des chevrons et de leurs éléments de raidissement aurait en effet constitué un handicap certain pour la mise en place d'engins de levage et leur manutention. À la fin du chantier, vers 1229, les entrails auraient été laissés en place pour asseoir une nouvelle structure de comble constituée d'un portique et d'un chevronnage, indépendants de la précédente, d'où le caractère additionnel de cette seconde charpente. Ce vaste chantier semble également lié au recouvrement de la totalité des maçonneries, murs et voûtes comprises, par un décor peint constitué d'un faux appareillage de couleur ocre dissimulant tous les joints de l'appareil maçonné (fig. 5).

Les entrails (1120-1130d)

Tous les entrails du transept sont larges de 23 cm en moyenne pour une hauteur comprise entre 30 et 43 cm. La rainure creusée sur leurs flancs est peu profonde, de l'ordre de 2 à 3 cm, et se profile rarement de manière rectiligne (fig. 13-14). Les arrachements de fibres ligneuses et les nombreux coups de ciseau à bois visibles au fond de ces rainures supposent qu'elles ont été taillées uniquement au moyen de cet outil utilisé comme levier pour le retrait des fibres (fig. 15). L'étroitesse et l'irrégularité de ces rainures semblent inadaptées à l'insertion de larges planches de bois. Leur mise en place réclame en effet une linéarité symétrique des rainures en vis-à-vis de deux entrails, ainsi qu'une profondeur suffisante nécessaire à leur glissement, ce qui n'est pas le cas présentement. Ces rainures conviendraient plus vraisemblablement à la pose d'un lattis constitué de lattes fines, étroites et minces, refendues ou débitées dans le sens du fil du bois et disposées les unes contre les autres. Leur largeur très réduite limiterait leur flexion naturelle sollicitée par une longueur comprise entre 63 et 80 cm¹⁸.

17. LE MAHO et WAZYLYSZYN 1998, p. 48.

18. L'hypothèse d'un lattis a déjà été avancée par E. Impey et Y. Lescroart dans COURTENAY, ALCOCK et IMPEY 1998, p. 60.



Fig. 13 : Rainures taillées sur le flanc des entrails du transept.



Fig. 14 : Déviations de la rainure.

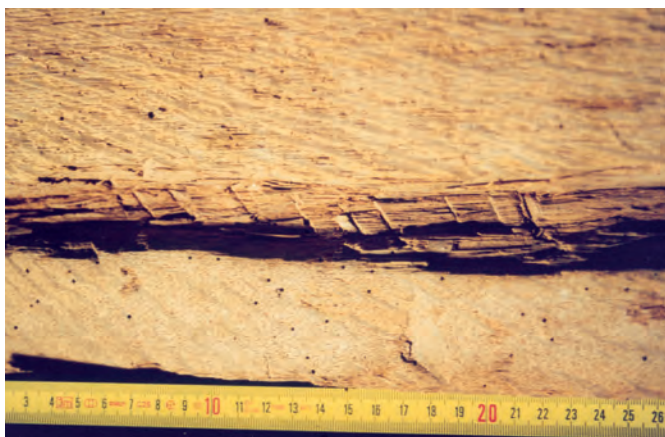


Fig. 15 : Traces de coups de ciseau à bois au fond des rainures.

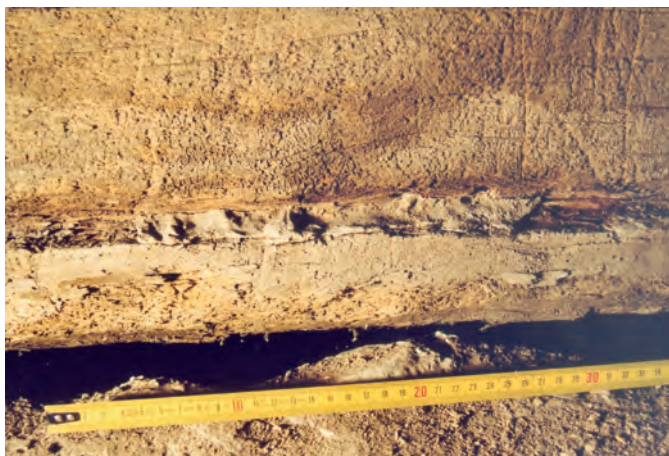


Fig. 16 : Restes de liant au fond d'une rainure.

Dans le croisillon nord comme dans le croisillon sud, des restes de liants se trouvent conservés dans le fond des rainures de certains entrails (fig. 16). Ce matériau se présente à l'état très fragmentaire dans le fond des rainures où il épouse parfaitement les incisions des coups de ciseau d'exécution de ces rainures. Ce liant a donc été appliqué intentionnellement dans ces rainures, ce qui écarte l'idée d'éventuelles projections involontaires de mortier associées à la construction des voûtes sous-jacentes au XIII^e siècle.

Ce liant de couleur beige-jaunâtre, dépourvu de sable à gros grains, apparaît comme un mélange de chaux ou de plâtre et d'argile, à la manière d'un enduit ou d'un badigeon. Il devait servir à la fixation du lattis et peut-être à son recouvrement en sous-face pour le dissimuler. On notera l'absence de toute autre trace de liant ou de peinture en sous-face des entrails de ces deux charpentes.

D'après l'emplacement des mortaises vides retrouvées sur ces entrails, ces derniers supportaient à l'origine un couple de chevrons, étayés dans le croisillon sud par des jambes de force.

L'assemblage de pied de ces chevrons et de ces jambes de force est constitué par un simple tenon-mortaise peu profond et dépourvu de cheville. Aucune autre mortaise n'a été repérée sur ces entrails ce qui suppose donc un raidissement des chevrons en partie haute par des écharpes ou des faux-entrails.

Le marquage des entrails

Dans le croisillon nord, aux extrémités ouest des entrails et sur leur flanc sud, on observe des marques, pour la plupart incomplètes et effacées, qui appartiennent cependant à une numérotation relativement cohérente (fig. 17a). Les seules marques complètes se situent sur le flanc de l'entrait 2 où l'on relève 10 bâtonnets juxtaposés, et sur l'entrait 4 avec 8 bâtonnets. Toutes les autres marques ont été tronquées mais présentent un début de série de bâtonnets. Il est donc fort probable que le marquage de ces entrails définissait une suite numérique continue de 1 à 11, débutant au sud et progressant vers le nord, composée exclusivement de bâtonnets juxtaposés, tracés à la rainette. Ce marquage identifiait les fermes par un numéro qui s'intégrait dans une numérotation continue. La ferme mise en place contre la tour-lanterne était marquée d'un bâtonnet et celle posée à l'autre extrémité de la charpente, contre le mur pignon nord, de onze bâtonnets. Cette numérotation, comme on le verra plus loin, est différente de celle des chevrons et du portique : ceci confirme que ces deux ensembles appartiennent à deux campagnes distinctes.

Dans le croisillon sud, seuls les entrails 2 à 5 présentent sur leur flanc sud, côté est, au droit du jeu de mortaises destinées aux jambes de force, une série de marques constituées chacune d'une succession de coups de ciseau à bois. Sur l'entrait 2, on compte trois coups de ciseau, quatre coups sur E3, cinq sur E4 et six sur E5. Les autres entrails ne présentent pas de marques,

Croisillon nord

| Entrait | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Largeur des entrails | 23 | 23 | 22 | 23 | 23 | 23 | 26 | 23 | 23 | 27 | ? |
| Entrevous | 69 | 69 | 76 | 63 | 72 | 70 | 66 | 76 | 66 | ? | |
| Entraxe | 92 | 92 | 98 | 86 | 95 | 94 | 90 | 99 | 91 | ? | |

Croisillon sud

| Entrait | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Largeur des entrails | 27 | 24 | 25 | 28 | 24 | 24 | 22 | 21 | 23 | 25 | 22 |
| Entrevous | | 83 | 50 | 70 | 69 | 64 | 64 | 64 | 56 | 73 | 99 |
| Entraxe | | 108 | 74 | 96 | 95 | 88 | 87 | 85 | 78 | 97 | 122 |

Tableau des espacements des entrails (valeurs en centimètres).

Croisillon nord

Marques du chevronnage

| Couple de chevrons | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--------------------|---|---|----|-----|------|------|---|---|-----|----|----|-----|------|------|----|-----|----|----|
| Marque | | ◻ | ◻◻ | ◻◻◻ | //// | //// | / | | /// | / | // | /// | //// | //// | // | /// | // | / |

Marques du portique

| | | | | | | | | |
|---------|-----|----|---|---|-------|---|-----|------|
| | Est | | | | Ouest | | | |
| Poteaux | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Marque | ◻◻ | ◻◻ | | ◻ | / | | /// | //// |

Croisillon sud

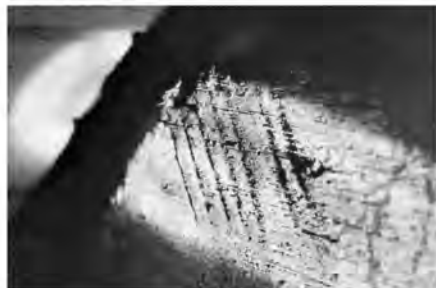
Marques du chevronnage

| Couple de chevrons | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--------------------|------|-----|----|---|------|------|-----|----|---|------|------|-----|----|----|----|----|----|----|
| Marque | X/// | X// | X/ | X | X/// | X/// | X// | X/ | X | Λ/// | Λ/// | Λ// | Λ/ | Λ | ◻◻ | | | |

Marques du portique

| | | | | | | | | |
|---------|-----|---|----|----|-------|----|---|---|
| | Est | | | | Ouest | | | |
| Poteaux | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Marque | - | = | :: | :: | ◻◻◻ | ◻◻ | ◻ | ◻ |

a. Marque d'entrait du transept



b. Marque à encoches du portique



c. Marque à coups de ciseau du portique



Fig. 17 : Tableau des marques d'assemblage des portiques et des chevrons.

soit parce qu'elles ont été effacées, soit parce qu'elles n'ont jamais existé.

Là aussi, cette numérotation répond au même principe que dans le croisillon nord puisqu'il s'agit d'une série continue progressive du sud vers le nord, marquant seulement une extrémité de l'entrait en guise de numéro de ferme.

La campagne du portique (1224-1229d) (fig. 34 et 35)

Dans les deux croisillons, les structures des portiques sont complètes et n'ont subi que peu de modifications. Seules les sablières basses dans le croisillon nord ont été amputées de leur

partie médiane certainement lors de la récupération des entrails au XVII^e siècle. Lors de ces travaux, les sablières filantes des jambes de force ont été décalées vers l'extérieur, plus près des murs, de façon à libérer les entrails pour mieux les prélever et pour faire reposer ces sablières sur les abouts d'entrait laissés en place sur les maçonneries. Le jeu existant dans l'assemblage de tête des jambes de force dans les chevrons tend à confirmer ce déplacement des sablières.

Le raidissement du chevronnage est principalement assuré par les sablières hautes du portique en dehors des jambes de force. Ces chevrons sont simplement chevillés sur ces sablières qui les reçoivent dans une légère entaille pratiquée à cet effet. On constate sur ces sablières, par l'emplacement de ces entailles et des trous de cheville de fixation des chevrons, qu'aucun autre chevronnage n'est venu reposer sur ce portique. Il n'existe pas

non plus d'autres traces d'usure sur l'arête externe des sablières hautes que celles provoquées par le chevronnage actuel. Ce portique semble donc contemporain du chevronnage qu'il supporte aujourd'hui.

Ce chevronnage, qui ne s'intègre en rien à la disposition des entrails, présente une remarquable régularité dans son exécution sur les deux bras du transept. En effet, les chevrons des deux croisillons ont exactement la même section de 16 x 14 cm et la même qualité d'équarrissage, réalisée à la hache, qui s'explique par une mise en place commune des portiques et du chevronnage sur les deux bras du transept et que confirme le marquage de leurs assemblages. Les chevrons sont espacés de 65 cm sur les deux croisillons alors que les fermes romanes étaient espacées de 90 cm environ. Cette forte réduction peut être liée à un changement de matériaux de couverture, au passage du bardeau à la tuile probablement.

Le marquage des assemblages (fig. 17)

Le croisillon nord

Tous les chevrons sont marqués en tête sur leur face inférieure d'une marque commune aux deux chevrons d'un même couple. Elles sont composées soit d'encoches, soit de bâtonnets juxtaposés. Leur distribution se répartit en trois courtes séries continues de 1 à 5 maximum, disposées alternativement entre une ou deux marques isolées. La première de ces séries emploie les deux types de marques qui se suivent dans la numérotation. Les deux séries les plus longues désignent un sens de progression sud-nord bien que la dernière série soit inversée par rapport aux deux précédentes.

Le marquage du portique s'observe en pied des poteaux et des écharpes, sur leur face nord ou sud, avec une numérotation distincte pour chacun des deux pans longitudinaux. Le marquage du pan est présente une suite continue d'encoches qui évolue du sud vers le nord en partant d'une encoche en pied du poteau 4 jusqu'à quatre encoches en pied du poteau 1. Les écharpes et les sablières de ce pan suivent cette numérotation avec des marques à encoches placées en pied des écharpes et au droit de l'assemblage des sablières hautes, en sous-face.

Le marquage du pan ouest se situe aux mêmes emplacements sur les éléments mais avec un type de marque différent. Il s'agit d'une succession de traits gravés à l'aide d'un traceret. Leur distribution s'inscrit dans une suite continue de un à quatre traits en partant au nord au poteau 1, exceptionnellement en

tête et non en pied, jusqu'au poteau 4, au sud, en pied. Les écharpes restaurées ne portent plus leurs marques tandis que les sablières hautes sont marquées d'un trait au droit de leur assemblage.

Le croisillon sud

Les chevrons sont marqués comme dans le croisillon nord sur chacun des chevrons en tête et en face inférieure, au droit de leur enfourchement. Comme précédemment, on constate un emploi de différents types de marques avec des marques à encoches pour les quatre premiers couples de chevrons au nord et de marques en chiffres romains pour tous les autres couples. Ils définissent une suite continue progressant du nord vers le sud, de 1 à 18. L'écriture de ces chiffres romains utilise l'abréviation de la quinzaine en confondant le trait du X et du V pour les marques de valeur supérieure ou égale à 15.

Là encore, le marquage du pan est du portique se distingue par le type de marque du pan ouest avec des successions de coups de ciseau à l'est et des encoches à l'ouest (fig. 121 c et d). Sur le pan est, la numérotation évolue d'un coup de ciseau à quatre, en pied des poteaux du sud vers le nord, face nord avec également un marquage en pied des écharpes mais inversé du précédent puisque l'écharpe nord est marquée d'un coup de ciseau contre deux coups sur l'écharpe sud. Les sablières hautes et basses n'ont pas conservé leurs marques d'assemblage.

Le pan ouest présente un marquage à encoches en pied des poteaux qui évolue de 1 à 4 du nord vers le sud, face sud avec un report de la marque sur la sablière basse. De même, les marques de pied des écharpes, une encoche pour l'écharpe nord et deux pour l'écharpe sud, sont reportées sur la sablière. Ce report de marque devait manifestement être de rigueur sur les autres pans mais l'état de conservation des sablières ne permet pas de le vérifier. Ces encoches sont exécutées au ciseau à bois en pratiquant deux petits coups rapprochés et en faisant sauter les fibres entre elles.

L'usage commun de marques à encoches et à traits juxtaposés pour les éléments du portique et du chevronnage confirme leur contemporanéité bien que la numérotation en chiffres romains des chevrons du croisillon sud semble relativement plus évoluée. Ce marquage à encoches et à juxtaposition de traits qui tend à disparaître dans le courant de la première moitié du XIII^e siècle est bien sûr à rapprocher de celui des entrails même si ces structures ne sont pas contemporaines.



Fig. 18 : Charpente de la nef, réemploi d'un entrain roman en panne.

La nef

La charpente actuelle de la nef a été édifiée au XVII^e siècle suite à l'installation de la congrégation de Saint-Maur à l'abbaye en 1659. La plupart des bâtiments conventuels ont été reconstruits et il est très probable que la reprise de cette charpente s'inscrit dans cette campagne de travaux. Il s'agit d'une charpente à fermes et pannes, classique pour cette époque, avec des fermes triangulées et contreventées que nous ne décrivons pas ici.

La particularité de cette charpente réside dans le fait qu'elle réemploie une grande quantité de chevrons et d'entrains de la charpente primitive. Ces chevrons, au nombre de soixante, sont réemployés en chevrons essentiellement sur le versant sud tandis que les entrains ont été réutilisés pour servir de pannes et de sablières, parfois recoupés ou rééquarris.

Les entrains (fig. 18)

Ces éléments sont reconnaissables à leur section inappropriée pour la position et la fonction qu'ils occupent dans la charpente actuelle, aux rainures visibles sur leurs flancs et à leurs mortaises vides. Ils sont pour la plupart dépourvus de leurs extrémités et rares sont les entrains complets réemployés. La mise en corrélation de toutes ces parties d'entrains réemployés – en fonction de repères tels une mortaise ou le début de rainures – a permis de reconstituer le profil type d'un entrain complet.

Leur section moyenne d'origine est de 20 cm de large pour une hauteur de 26 cm, soit une section inférieure à celle des entrains du transept (23 cm de large pour 30-43 cm de haut). La longueur maximale d'un entrain complet reconstitué avoisine



Fig. 19 : Nef, réemploi des chevrons romans en chevrons.

11,50 m pour une largeur de la nef dans œuvre des murs de 8,65 m.

Ces entrains présentent à chacune de leurs extrémités deux mortaises dont l'une, placée à l'about, est pourvue d'une gorge interne inclinée destinée à un chevron, et l'autre, située à 1,25 m environ de la précédente, à gorge droite, a été affectée à une jambe de force. Ces mortaises (16 x 6 cm) sont semblables à celles des entrains du transept par leur dimension et par l'absence de trou de cheville. Les rainures présentes sur les deux flancs de l'entrait débutent 50 cm environ avant le jeu des mortaises des jambes de force, soit approximativement au droit des murs de la nef. Ces rainures sont plus profondes et taillées de manière plus régulière que celles des entrains du transept. Aucune trace de liant n'a cependant été remarquée dans ces rainures. De même, aucune marque d'assemblage n'a été relevée sur ces entrains.



Fig. 20 : Marques d'assemblages des chevrons romans de la nef.

Les chevrons (fig. 19 à 21)

Tous les chevrons réemployés sont identiques avec une section de 19 x 18 cm et une longueur maximale de 6,30 m. Leurs extrémités sont toutes tronquées et ils présentent, sur une même face, deux entailles à mi-bois avec ergot, rarement à demi-queue d'aronde, distantes de 2,86 m l'une de l'autre, et à 1,72 m chacune d'un about. Au droit de ces entailles, sur la face correspondant à la face interne d'origine, on relève des marques d'assemblage de différents types, qui permettent d'avoir une représentation partielle du marquage des bois de cette charpente.

Six types de marquage ont été relevés. Ils se distinguent non par le système de numérotation mais plutôt par l'usage différent de l'outil de gravure, le ciseau à bois. Ainsi, le trait d'une marque peut se présenter sous l'aspect d'une rayure, obtenue à la pointe du ciseau (fig. 20a), d'une entaille de 5 à 6 cm de long faite de deux profondes rayures rapprochées au ciseau à bois (fig. 20b) ou d'un petit trait large de 1,6 cm, provoqué par un simple coup de ciseau (fig. 20c). Ces marques apparaissent aussi sous la forme d'encoches pratiquées sur la face de la pièce ou bien sur l'une de ses arêtes (fig. 21). On relève également des marques inscrites à l'aide d'une rainette. Ces modes d'inscription multiples appellent au regroupement de marques par typologie bien que certains chevrons présentent au droit de leurs mi-bois deux marques de types différents.

Ces ensembles de marques, de types distincts, traduisent une numérotation commune constituée de plusieurs séries de traits ou d'encoches juxtaposées, inférieures à six et associées à des signes particuliers sans valeur numérale. Cependant, le caractère répétitif de certaines marques comme II et III tend à contredire cette

proposition en suggérant plutôt un mélange anarchique de marques au détriment de séries continues et d'une véritable numérotation des fermes. Par ailleurs, en dépit de la présence d'un V et de X, la numérotation en chiffres romains ne semble pas avoir été appliquée du fait de l'absence d'association de ces symboles eu égard au grand nombre de marques relevées.

Sur la face externe d'origine de ces chevrons, visible aujourd'hui lorsque ceux-ci sont réemployés selon une autre face d'établissage, on relève le négatif du lattis de couverture par l'emplacement des clous de fixation des lattes et l'usure du bois dans leur entrevous. Ainsi, on constate que ce lattis était originellement constitué de lattes de 8 cm en moyenne de large espacées d'axe en axe de 13 à 16 cm, correspondant à une couverture de grandes tuiles ou de bardeaux de 43 cm de long environ.

Restitution de la charpente (fig. 22)

Grâce aux relevés des éléments réemployés les plus longs et les plus complets, il a été possible de mettre en corrélation les chevrons avec les entrails et d'obtenir ainsi le profil d'une ferme type de la charpente primitive.

Il s'avère que cette ferme correspond exactement aux dimensions du comble de la nef romane avec un entrail d'une portée de 8,65 m et des chevrons de 7,92 m de long, inclinés à 44,6°. Ces fermes sont toutes identiques et dépourvues d'éléments de contreventement longitudinal. Elles comprennent chacune un entrail à leur base et un couple de chevrons raidis en pied par des jambes de force et en partie haute par un faux-entrail. Ces éléments de raidissement s'assemblent aux chevrons par des

| | Marque | | Localisation du chevron |
|---------------------------------------|---------------|---------------|-------------------------|
| | 1ère entaille | 2ème entaille | |
| Petit coup de ciseau à bois | . | | travée 9 |
| | . | | travée 10 |
| | . | . | travée 11 |
| | .. | | travée 4 |
| | .. | .. | travée 9 |
| | .. | .. | travée 10 |
| | .. | .. | travée 11 |
| | ... | | travée 9 |
| | ... | ... | travée 11 |
|  | .... | .... | travée 3 |
|  | .... | .... | travée 4 |
|  | .... | .. | travée 11 |
|  | .... |  | travée 11 |
|  | .... | .... | travée 11 |
|  | .... |  | travée 12 |
| ..... |  | travée 10 | |
| ..... |  | travée 11 | |
| Rayure de ciseau | / | | travée 2 |
| | / | | travée 9 |
| | / | // | travée 3 |
| | // | // | travée 2 |
| | // | | travée 9 |
| | /// | /// | travée 4 |
| | /// | /// | travée 9 |
| | /// | /// | travée 12 |
| | X | | travée 4 |
| | X | | travée 9 |
| Entaille au ciseau | /// | /// | travée 5 |
| | / | / | travée 11 |
| | / | / | travée 11 |
| | / | / | travée 12 |
| | // | // | travée 12 |
| | // | | travée 10 |
| | /// | | travée 10 |
| | /// | /// | travée 12 |
| | /// | | travée 3 |
| | X | X | travée 10 |
| X | X | travée 11 | |
| Rainette | / | / | travée 8 |
| | // | // | travée 8 |
| | /// | /// | travée 3 |
| | /// | /// | travée 8 |
| | /// | | travée 9 |
| | /// | | travée 11 |
| | ∨ | | travée 4 |
| X | | travée 2 | |
| Encoche | oo | | travée 5 |
| | oo | oo | travée 5 |
| | ooo | | travée 9 |
| | oooo | | travée 12 |
| Encoche sur arête et rayure au ciseau | → | /// | travée 10 |
| | →→ | | travée 12 |

Fig. 21 : Tableau des marques d'assemblage des chevrons romans de la nef.

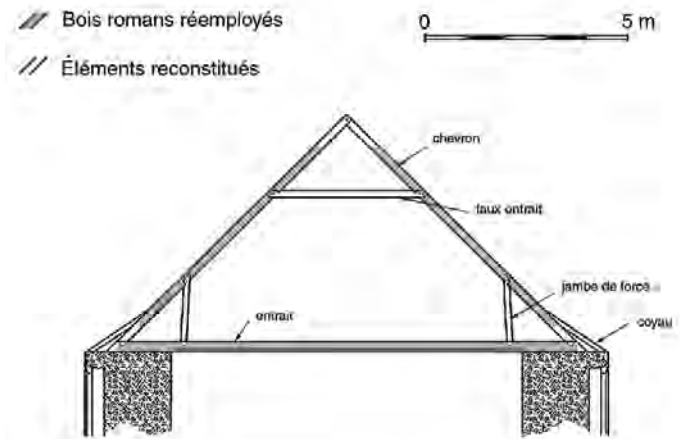


Fig. 22 : Restitution d'une ferme de la charpente romane de la nef (1120-1130d).

mi-bois avec ergot, plus rarement par un mi-bois à demi queue d'aronde. L'assemblage dans l'entrait du pied des chevrons et des jambas de force est constitué d'un tenon-mortaise non chevillé.

Ce type de cette charpente semble correspondre aux structures qui ont pu être mises en place à l'origine, dans le premier tiers du XII^e siècle, sur la nef. En effet, les dimensions des fermes, la présence d'assemblages à mi-bois, d'entrails rainurés pour un plafond apparent, comme l'absence de contreventement tendent à valider cette hypothèse. Par ailleurs, il apparaît que l'implantation des mortaises sur les entrails ainsi que leurs formes et l'absence de trou de cheville s'apparentent à ceux des entrails des deux bras du transept. Il convient donc de rapprocher la forme de cette charpente à la configuration primitive des combles du transept. De fait, il n'est pas exclu que les charpentes des deux bras du transept et de la nef aient été identiques en raison de leurs dimensions analogues et de leur contemporanéité.

La présence d'une charpente apparente sur la nef et le transept de cette église nous oblige à nous interroger sur le rapport esthétique qui existait entre ce plafond de bois et les maçonneries sous-jacentes. Concernant les deux bras du transept, le plafond de bois reposait sur l'entablement des murs gouttereaux juste au-dessus des arcatures sculptées de l'étage supérieur. Les grandes baies des murs du transept, surlignées d'une frette crénelée, sont raccordées par une arcature, sculptée à l'identique et du même profil que les baies, pour combler le nu du mur entre ces ouvertures. Les élévations internes de ce bâtiment sont entièrement vouées à la sculpture, non aux décors peints. Aucune place n'est laissée à d'éventuelles fresques et toute la surface des murs est exploitée pour que s'exprime la sculpture du géométrisme normand. De fait, il n'a pas été remarqué de traces de peintures

romanes sur les maçonneries au-dessous ni au-dessus des voûtes, dans le comble. Aucun décor peint ne venait donc souligner à l'origine la bordure du plafond.

Dans la nef, les élévations sont subdivisées verticalement par des demi-colonnes qui montent jusqu'à la naissance des voûtes du XIII^e siècle (fig. 3). Les travées ainsi définies apparaissent toutes identiques avec des piles au plan analogue. Cependant, on constate au départ des voûtes qu'une pile sur deux est couronnée d'un chapiteau roman, l'autre portant un chapiteau à crochets du début du XIII^e siècle, mis en place certainement avec les voûtes. Dans le comble, seules les demi-colonnes pourvues de chapiteaux gothiques se prolongent jusqu'au sommet des murs avec en tête un arrachement des maçonneries qui témoigne de la présence à l'origine d'un chapiteau (fig. 23).

Les demi-colonnes dotées de chapiteau roman au départ des voûtes, au niveau de la base des grandes baies supérieures, ne se prolongent pas au-dessus des voûtes et aucun arrachement n'est perceptible dans les maçonneries sus-jacentes. Cette ordonnance rythmique des demi-colonnes qui, de façon alternative, portent leur chapiteau au sommet des murs ou au niveau inférieur, à l'étage des grandes baies, trouve son pendant à l'identique sur l'élévation qui lui fait face. Ce jeu de demi-colonnes hautes et basses n'a pas de raison d'être sur le plan structurel, sinon sur le plan esthétique pour scander un rythme binaire de subdivision des travées. Il ne trouve pas non plus de justification par une éventuelle relation avec le plafond de bois roman.



Fig. 23 : Nef, demi-colonne engagée avec arrachement du chapiteau sommital.

Ce plafond de bois, dont l'ossature d'entrants était visible du sol, devait probablement s'ordonner en fonction de la trame des demi-colonnes. Il est en effet possible que les chapiteaux des demi-colonnes hautes aient supporté l'entrait d'une ferme, bien qu'il soit impossible de le prouver. Si l'on considère que des fermes étaient disposées au droit de ces demi-colonnes, la trame du plafond répondait à celle des travées de la nef.

FÉCAMP (SEINE-MARITIME), ÉGLISE ABBATIALE DE LA TRINITÉ

LA PREMIÈRE FONDATION religieuse en ce lieu remonterait au **L**VII^e siècle. Elle est attribuée à un seigneur franc du nom de Vareng qui aurait implanté, sur l'emplacement actuel de l'abbatiale, un monastère de moniales. Détruite en 842 par les Normands, l'église fut rebâtie sous l'impulsion de Richard I^{er} et dédiée, selon Dudon de Saint-Quentin, le 15 juin 990¹. Transformée en abbaye bénédictine, La Trinité devint rapidement l'un des foyers spirituels les plus importants de Normandie. Devant l'expansion économique et spirituelle du monastère, et face à l'afflux des pèlerins, l'abbé Guillaume de Ros (1080-1107) entreprit la reconstruction d'une grande partie de l'église abbatiale dont la dédicace solennelle fut proclamée en 1099².

Selon la chronique de Robert de Torigni, l'église abbatiale fut en majeure partie détruite par un incendie en 1168 et sa reconstruction fut entreprise aussitôt³. C'est au cours de ces travaux, signalés en 1171 au niveau du chœur, que fut découvert le « Précieux Sang », la relique légendaire du sang du Christ⁴. Cet important chantier de reconstruction commença sous l'abbat

de Henri de Sully (†1190) par le chevet et fut poursuivi par son successeur Raoul d'Argences (†1219). Un passage de l'*Historia abbatum Fiscannensium* attribue en effet la moitié occidentale de la nef à ce dernier abbé⁵. C'est cet édifice qui nous est parvenu aujourd'hui dans sa quasi intégralité. Seule la chapelle axiale du chœur fut reconstruite à la fin du **XV^e** siècle par le célèbre maître d'œuvre Jacques Le Roux, ainsi que la façade occidentale qui menaçait ruine en 1748.

Description architecturale

De l'abbatiale romane incendiée de Guillaume de Ros, seules deux chapelles nord du déambulatoire et une travée du bas-côté nord ont été préservées et adjointes aux reconstructions de 1168 (fig. 1). Le plan du nouveau chœur reprend celui de l'édifice précédent avec un chevet à déambulatoire pourvu de chapelles rayonnantes de plan alternativement carré et semi-circulaire. Les élévations conservent également la tripartition romane avec des grandes arcades, un niveau de tribunes aux baies plus hautes que les précédentes, et un étage de fenêtres hautes. Dans sa totalité, l'édifice mesure 127,50 m de longueur dans œuvre et comprend un chœur de trois travées avec bas-côtés, un transept couronné

1. DUDON DE SAINT-QUENTIN, LAIR (éd.) 1864, p. 290. Au sujet de l'historiographie récente sur Fécamp, voir le dossier consacré à « Guillaume de Volpiano : Fécamp et l'histoire normande (Actes du colloque tenu à Fécamp les 15 et 16 juin 2001) », en particulier BROCKHAUS 2002 et GRANT 2002.

2. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica...*, CHIBNALL, vol. VI, p. 138 et LANGFORS 1930, p. 21 cité dans BROCKHAUS 1999, p. 15.

3. ROBERT DE TORIGNI, *Chronique*, DELISLE (éd.) 1875, II, p. 3.

4. OMONT 1913-1918, p. 65.

5. AD Seine-Maritime, 7 H 43 cité dans BROCKHAUS 1999, p. 23.

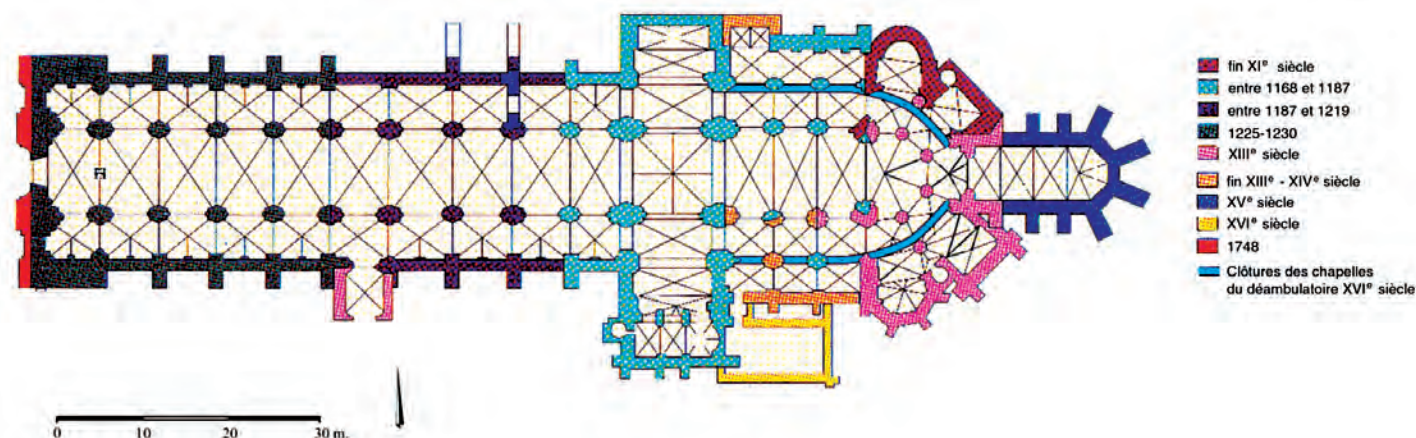


Fig. 1 : Plan de l'église abbatiale de La Trinité de Fécamp (Seine-Maritime) (d'après VALLERY-RADOT 1927, p. 407).

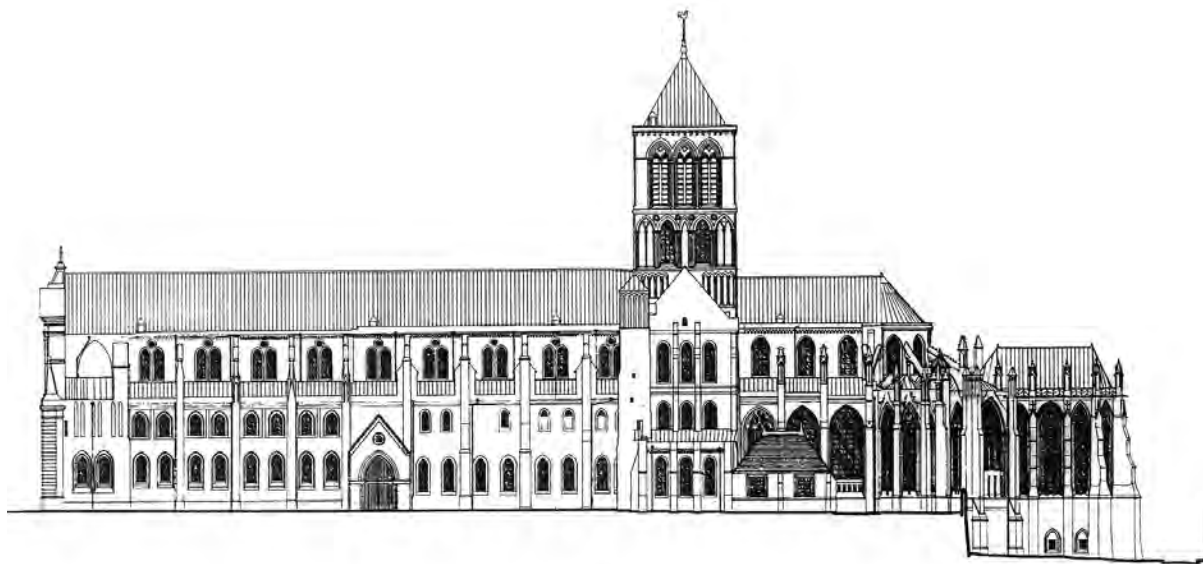


Fig. 2 : Élévations sud de l'église de La Trinité (MOUFLE 2001).

d'une tour-lanterne de croisée, et une nef de dix travées avec bas-côtés (fig. 2).

L'analyse architecturale et historique de La Trinité permet de reconstituer assez clairement la chronologie des différentes phases de construction. Le chœur, le transept et la dernière travée de la nef, contiguë à la tour de croisée⁶ ont été élevés immédiatement après l'incendie de 1168, en une seule campagne, sous l'impulsion de l'abbé Henri de Sully (1168-1190). La présence de tribunes, d'un passage mural devant les fenêtres hautes, et la division horizontale bien marquée des trois niveaux témoignent

6. Cette travée de la nef, élevée en même temps que le transept et le chœur, servait à contrebuter la tour de croisée du transept.

encore de l'architecture du premier âge gothique toujours tributaire d'une conception romane dans le traitement de l'élévation (fig. 3).

L'achèvement de la nef, réalisé sous l'impulsion de l'abbé Raoul d'Argences (1190-1219), comprend deux campagnes distinctes. La première concerne les quatre travées orientales de la nef qui succèdent à celle contiguë à la tour de croisée. Ces travées se distinguent de l'œuvre d'Henri de Sully par quelques détails de modénature, dans les moulures des chapiteaux, des bases des colonnettes et le profil des arcatures. Le traitement des élévations reste identique avec une tripartition marquée par un étage de tribunes surmontées de grandes fenêtres dotées d'un passage de circulation (fig. 4). Le raccord entre ces campagnes



Fig. 3 : Chœur et croisillon nord vus depuis la tour-lanterne.

demeure discret et ne fait pas apparaître de changement de parti radical entre ces deux chantiers (fig. 5).

La seconde campagne correspond à la construction des cinq dernières travées de la nef et des deux tours occidentales aujourd'hui disparues. Ces travaux, mentionnés dans la *Chronique des abbés de Fécamp*, reprennent le même parti que celui des travées précédentes avec des petites distinctions qui s'observent au niveau du profil des nervures, du plan des piles, des modillons extérieurs et des arcs-boutants. Le voûtement des bas-côtés et des tribunes demeure identique sur toute la longueur de la nef. Seules les maçonneries et les voûtes du bas-côté nord sur les trois travées est ont été reprises en sous-œuvre à la fin du Moyen Âge.

Le raccord entre ces deux campagnes est encore nettement visible dans les bas-côtés, les tribunes et le vaisseau principal de la nef au niveau des piles séparant la cinquième de la sixième

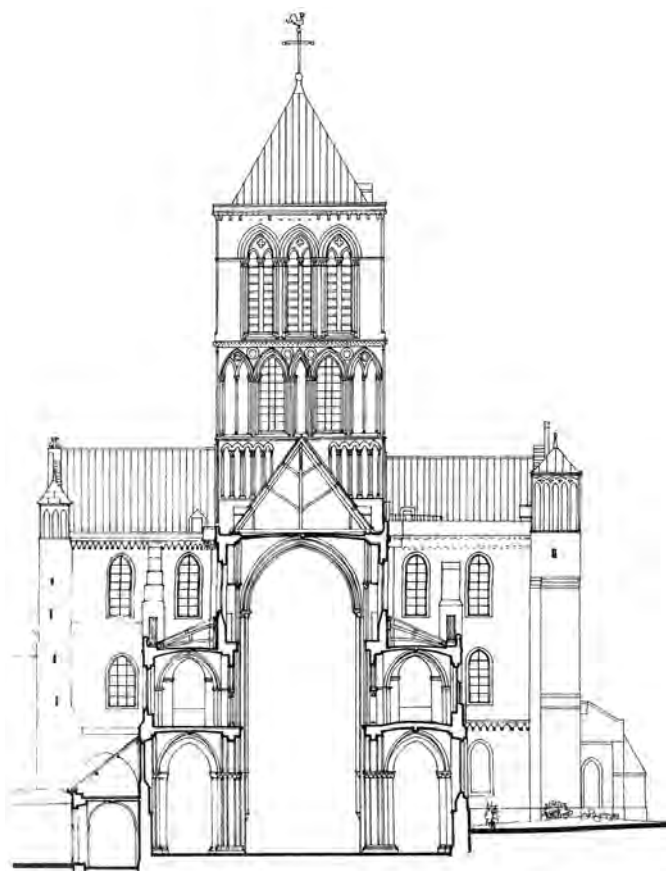


Fig. 4 : Coupe transversale de la nef (MOUFLE 2001, p. 8).

travée (fig. 5). Ces dernières sont en effet constituées de deux demi-piles et une rupture du cours des assises des maçonneries s'observe nettement à partir de ces piles jusqu'au départ des voûtes. Il est probable qu'un cloisonnement existait à ce niveau pour fermer la nef orientale, avant la construction de ces cinq dernières travées. Tout du moins, ces deux chantiers ne se sont pas suivis dans la durée et un laps de temps relativement court, peut-être de quelques années seulement, a dû interrompre ces deux campagnes. Cette interruption des travaux peut correspondre à la mort de Raoul d'Argences, survenue en 1219, et à l'attente de la nomination de son successeur pour la reprise du chantier.

Le voûtement de tout l'édifice, apparemment contemporain de la construction, ne présente que très peu de différences entre ces trois campagnes successives. Ces voûtes ont très bien pu être posées une fois la nef complètement achevée. Notons aussi, sur le pourtour de la nef, la présence dès l'origine d'arcs-boutants au droit de la retombée des voûtes. Le chœur d'Henri de Sully n'était contrebuté que par des contreforts plats. Ils furent remplacés par des arcs-boutants lors de la suppression des



Fig. 5 : Élévations de la nef : raccord entre les deux campagnes.

tribunes méridionales du rond-point et de la reconstruction des chapelles rayonnantes sud dans les premières décennies du XIII^e siècle.

Ce n'est qu'après l'achèvement de la nef que le dernier niveau de la tour-lanterne fut érigé. Son architecture comme celle des chapelles sud du chœur nouvellement construites trahissent nettement le style gothique normand du XIII^e siècle. Remarquons sur le dernier étage de cette tour-lanterne les traces d'un incendie qui correspond peut-être à celui de la flèche de 1460 mentionné par dom Le Hule dans son ouvrage de 1684⁷.

7. Dom LE HULE 1684 (rééd. 1893), p. 264.



Fig. 6 : Charpente de la nef (1217-1223d).

La charpente

Les charpentes du chœur, des deux bras du transept et des cinq travées orientales de la nef appartiennent à une campagne de reconstruction du milieu du XVIII^e siècle qui est à rattacher aux vastes travaux de rénovation et de décoration de l'abbatiale entrepris par la congrégation des Mauristes⁸. Les charpentes des bas-côtés et des chapelles ont été, quant à elles, entièrement refaites au XIX^e siècle ou au début du XX^e siècle.

Seuls les éléments placés sur les cinq travées occidentales de la nef conservent encore des bois d'origine. Ces travées correspondent précisément à la seconde campagne de travaux initiée par

8. Abbé RENEULT 1924, p. 41-46.



Fig. 7 : Lierne axiale et liens de contreventement.

Raoul d'Argences (1190-1219) à la fin du XII^e siècle ou au début du XIII^e siècle (fig. 6 à 9).

La première travée occidentale de cette charpente a été démontée et entièrement refaite en 1748 lors de la démolition des deux tours gothiques et de leur remplacement par une façade classique.

Les structures en place de cette charpente sont donc localisées entre la seconde et la cinquième travée occidentale de la nef. Divers autres remaniements, datés du XVIII^e et du XIX^e siècle, se remarquent au niveau des pieds de certaines fermes et des entrails des fermes principales qui ont tous été changés. Un seul entrail d'origine a été préservé. Remplacé au XIX^e siècle, cet entrail provient de la ferme 40, d'après ses marques d'assemblage, et a été déposé en travers sur les entrails des fermes 50, 55 et 60 peut-être dans le but de le conserver en tant qu'échantillon.

Des analyses dendrochronologiques ont été réalisées en mars 2001 et corrigées en 2006 par le laboratoire de Rennes sur les bois en place de cette charpente à partir de 30 échantillons⁹. Grâce à la présence de nombreux aubiers complets, la date d'abattage de ces bois a pu être déterminée précisément entre 1217 et 1223 situant ainsi l'achèvement de la partie occidentale de la nef et la pose de cette charpente.

Celle-ci présente une structure mixte combinant le chevron-formant-ferme au système des fermes et pannes. En effet, elle se compose de fermes principales à entrail et poinçon de fond qui supportent des pannes, et de couples de chevrons qui, par leur



Fig. 8 : Partie haute des fermes.

9. BERNARD 2001a.

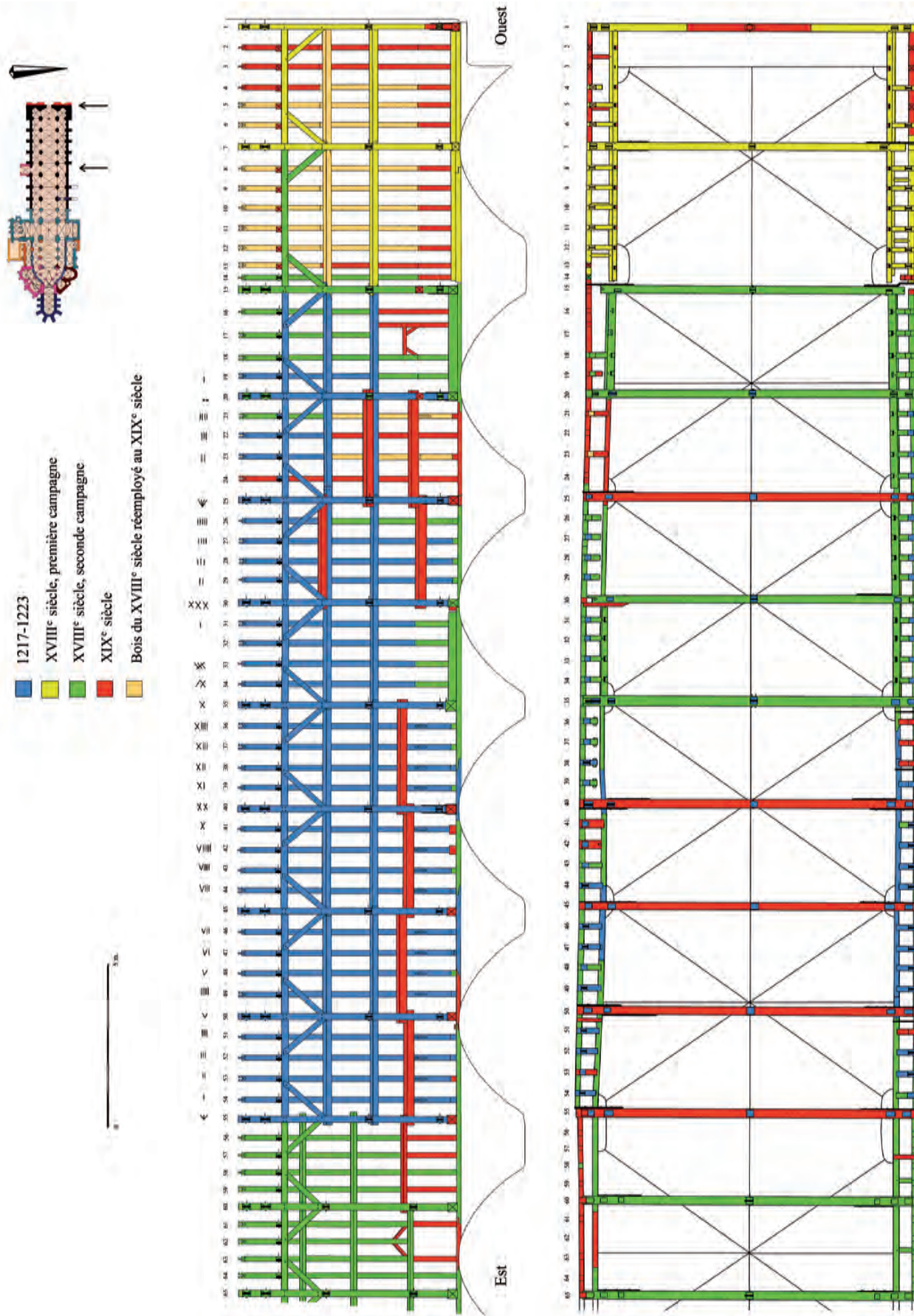


Fig. 9 : Coupe longitudinale vue du nord (en haut), et plan de la charpente de la nef (en bas).

raidissement en tête par un entrait retroussé et en pied par une jambe de force, sont assimilables à des fermes secondaires. La pente de la toiture est de 53,5°.

Elle comprend aujourd'hui huit fermes principales réparties en huit travées de quatre fermes secondaires chacune (fig. 10). L'espacement entre ces fermes varie entre 45 et 50 cm avec une moyenne de 47,7 cm ce qui fait un entraxe moyen de 63,7 cm, soit deux pieds pour une valeur de pied de 31,85 cm. L'entraxe moyen des travées à l'entraxe des fermes principales vaut 315,3 cm ce qui revient à un entraxe moyen par ferme de 63,1 et une valeur de pied de 31,15 cm.

| Travées | Espacement à l'entraxe des fermes principales |
|-----------|---|
| F20 – F25 | 315 cm |
| F25 – F30 | 315,5 cm |
| F30 – F35 | 317,5 cm |
| F35 – F40 | 315 cm |
| F40 – F45 | 313,5 cm |
| F45 – F50 | 313,5 cm |
| F50 – F55 | 317 cm |

Les fermes principales, sur lesquelles sont transmises les charges des fermes secondaires, sont réparties en fonction de la trame du vaisseau, au droit des piliers et de l'extrados des arcs formerets c'est-à-dire aux points les plus résistants des murs porteurs. Le poids de la couverture en plomb ne permettait pas aux charpentiers de réaliser des travées de 6 m de portée, avec des fermes disposées uniquement à l'aplomb des piliers, mais seulement de 3 m environ, ce qui est relativement peu pour une charpente de cette taille. La faible longueur des travées de charpente se remarque aussi sur d'autres édifices gothiques couverts en plomb comme les cathédrales de Beauvais et d'Amiens.

Chaque ferme principale est constituée d'un entrait, d'un poinçon de fond, d'un couple d'arbalétriers et de chevrons, et de deux couples de contrefiches (fig. 10). Les arbalétriers et les chevrons, assemblés en tête sur les flancs du poinçon, permettent à ce dernier de travailler en traction sur l'entrait selon le principe de la triangulation.

Le poinçon, dans sa disposition d'origine¹⁰, s'assemblait à l'entrait au milieu de sa portée par un tenon à demi-queue d'aronde calé dans la mortaise par un rossignol et par deux chevilles. Cet assemblage était donc prévu pour travailler en traction et répondait parfaitement aux contraintes de la triangulation. Tous les autres assemblages de ces fermes principales sont

à tenon et mortaise. Ces derniers sont tous chevillés dans le sens est-ouest.

Le couple d'arbalétriers supporte sur chaque versant deux cours de pannes retenues par des échantignoles assemblées par tenon-mortaise à l'arbalétrier et au chevron. Au droit de ces pannes, les arbalétriers sont raidis par des contrefiches obliques inclinées à 36° assemblées en pied dans le poinçon.

| Pièces | Section* en cm |
|-------------------|----------------|
| Poinçon | 20 x 20 |
| Entrait | 6 x 28 |
| Arbalétrier | 16 x 18 |
| Chevron | 16 x 16 |
| Contrefiche | 17 x 17 |
| Panne | 18 x 17 |
| Entrait retroussé | 16 x 16 |
| Lierne | 19 x 18,5 |
| Lien | 19 x 18,5 |

* Le premier chiffre correspond soit aux faces supérieure-inférieure soit aux faces nord-sud de la pièce.

Ces fermes principales sont étrépillonnées en partie haute par une lierne assemblée au poinçon au-dessous de l'assemblage des arbalétriers. Deux liens obliques assurent le contreventement de cet étrépillonnement entre chaque ferme. Ils sont assemblés en tête dans la lierne par un mi-bois avec ergot dont la face d'établissage se trouve toujours orientée vers le nord et en pied dans le poinçon par un tenon-mortaise.

Cette lierne a pour fonction première de soulager la tête des fermes secondaires et de transmettre leurs charges sur les fermes principales. Ces fermes secondaires présentent en partie haute un entrait retroussé, assemblé aux chevrons par des mi-bois à demi-queue d'aronde, et qui s'appuie en milieu de portée sur la lierne. Ces entrails retroussés destinés à raidir les couples de chevrons servent également à les décharger du poids des matériaux de couverture en partie haute des fermes. Les liernes récupèrent donc ces charges et les transmettent aux poinçons par l'intermédiaire des liens obliques qui travaillent en compression, contre la flexion de la lierne. La face d'établissage de tous les mi-bois des entrails retroussés est toujours orientée vers l'est et ces derniers sont tous chevillés dans le sens est-ouest. Ce cours de liernes assure aussi indirectement l'étrépillonnement longitudinal des fermes principales.

Outre cette lierne haute, le soulagement des fermes secondaires est assuré par deux cours de pannes et une jambe de force en pied des chevrons. Ces points de décharges sont répartis sur la longueur du chevron en quatre points équidistants de 1,60 m environ. Les chevrons sont tous assemblés en tête par enfourchement.

10. L'assemblage de pied du poinçon se voit sur le seul entrait d'origine conservé, celui de F40 déposé dans le comble, et qui garde encore le tenon scié du poinçon à l'intérieur de la mortaise.

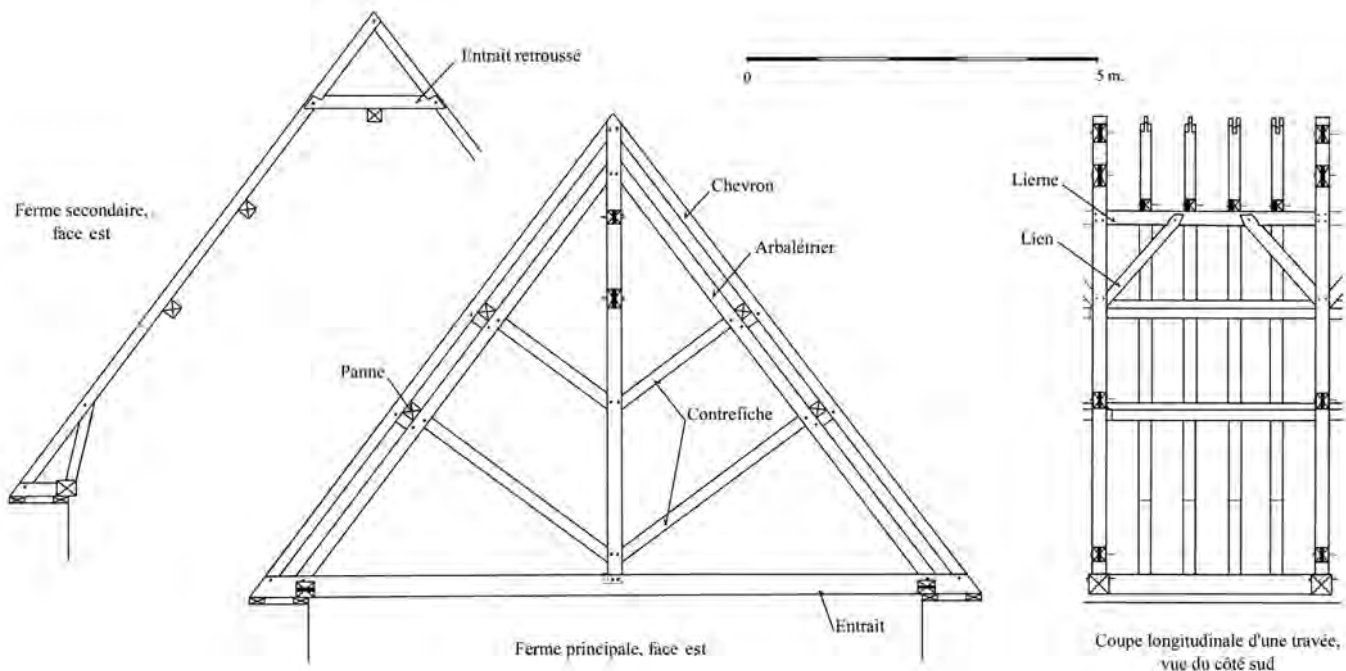


Fig. 10 : Fermes et coupe longitudinale d'une travée (1217-1223d).

Les deux cours de pannes de chaque versant participent, avec les entrails retroussés, au transfert des charges des fermes secondaires sur les fermes principales. Elles reportent d'une façon homogène sur les arbalétriers, au droit des assemblages des contrefiches, le poids des matériaux de couverture des chevrons des fermes secondaires. Elles contribuent également, avec la lierne axiale assemblée aux poinçons, au contreventement longitudinal de toute la charpente. Il n'a cependant pas été remarqué d'élément de fixation comme des chevilles entre les chevrons des fermes secondaires et ces pannes pour assurer l'étrésillonnement de celles-ci¹¹. Le poids des chevrons suffisait manifestement pour créer une pression contre ces pannes et pour maintenir ainsi l'écartement des fermes secondaires. De même, l'étrésillonnement des fermes principales par les pannes se faisait uniquement au moyen des forces de compression qui s'opèrent entre les chevrons et les arbalétriers, raidis par les contrefiches, et qui assurent ainsi la cohésion statique de ces fermes.

Chaque panne mesure en moyenne 6,40 m et court sur deux travées. Elles débutent à la ferme 55, la ferme la plus orientale de cet ensemble, et s'assemblent les unes aux autres au droit des fermes principales par une enture biaise bloquée par deux chevilles (fig. 11). L'enture s'appuie face contre l'arbalétrier c'est-à-dire

que les forces de compression en cet endroit circulent transversalement à l'assemblage, dans le sens du chevillage. Le sens de recouvrement des pannes au niveau de l'enture est identique pour tous les cours de panne. Pour le versant sud, le recouvrement des pannes se fait dans le sens est-ouest pour le cours supérieur, dans le sens ouest-est pour le cours inférieur, et pour le versant nord, dans le sens ouest-est pour les deux cours de pannes.

Au droit de la ferme principale 25, sur le cours supérieur des pannes du versant sud, l'assemblage entre les deux pannes n'est pas posé sur l'arbalétrier de la ferme principale (fig. 12). Il est situé à une cinquantaine de centimètres au-delà de la ferme, à l'ouest, à un endroit qui n'est donc repris par aucune pièce de décharge. Cet assemblage qui récupère le poids des chevrons présente donc le handicap de porter « dans le vide ». Cette disposition résulte manifestement du défaut de longueur de la panne ouest qui était trop courte pour venir s'appuyer à son extrémité sur l'arbalétrier de F25. L'assemblage de ces deux pannes est donc prévu pour récupérer le poids transmis par la panne ouest tout en assurant son blocage verticalement et latéralement. Ainsi, l'extrémité de la panne ouest est taillée en forme de cône pyramidal sur 41 cm de long et dont l'axe se confond avec l'arête supérieure de la pièce. Elle s'engage dans la panne est dans un évidement qui reproduit le profil inverse de l'extrémité de l'autre panne. L'ensemble est immobilisé par deux chevilles enfoncées perpendiculairement l'une à l'autre au milieu de l'enture. L'extrémité de la panne ouest s'appuie donc sur celle de la panne est ce qui permet de

11. Des chevilles en fer maintiennent ces chevrons sur les pannes rapportées au XIX^e siècle.



Fig. 11 : Enture biaise des pannes au droit de l'arbalétrier.

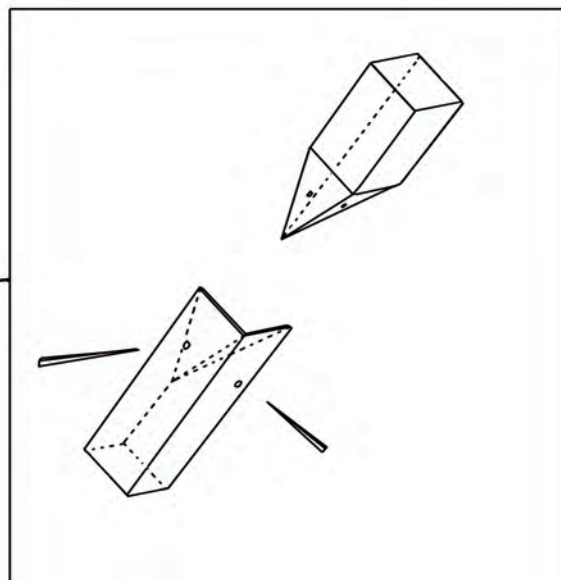


Fig. 12 : Enture pyramidale de deux pannes en surplomb de la ferme.



Fig. 13 : Blochets des chevrons avec tenons sciés destinés à l'origine à une entretoise.

transmettre correctement les charges des chevrons longitudinalement à la ferme principale 25.

Les jambes de force, fortement inclinées vers l'intérieur de la ferme, devaient être assemblées en pied dans une entretoise comme en témoignent les traces de tenon visibles en bout des blochets d'origine laissant supposer un assemblage avec une pièce longitudinale (fig. 13). Cette poutre devait s'assembler sur les flancs des entrails et recevoir le pied des jambes de force tandis que les blochets s'assemblaient à cette poutre par un tenon-mortaise. Entretoise et blochets reposaient sur un double cours de sablières dont subsistent encore par endroits des éléments de la sablière interne. Ces sablières étaient assemblées entre elles par une enture en sifflet et la plus longue conservée mesure 7,30 m. En supportant également les entrails, ces sablières assuraient une répartition relativement homogène des charges transmises aux murs par les fermes principales et secondaires.

Les bois de cette charpente sont tous des bois de brin, en chêne, équarris à la doloire. La très grande majorité de ces bois sont parfaitement rectilignes et ne présentent aucun défaut naturel. L'aubier ne s'observe qu'en bout supérieur des pièces, en tête des chevrons et des arbalétriers, et aux arêtes des poinçons qui sont de plus forte section que les autres bois.

Le marquage des assemblages

La numérotation des fermes principales

La numérotation des fermes principales est distincte de celle des fermes secondaires (fig. 14). Les marques des fermes principales sont de trois sortes. F25, F50 et F55 sont marquées à partir de la base V, F30, F35 et F40 à partir de la base X et F20 à partir du système à encoches. F45 est quant à elle vierge de toute marque ce qui constitue tout de même à un signe de distinction.

Il semble ne pas exister d'ordonnancement particulier de ces fermes en fonction de la valeur numérique de ces marques au sein du plan de la charpente. Les marques à base V ne présentent pas d'ailleurs de caractère numéral. De plus, ces différents types de marques sont répartis dans la charpente de façon aléatoire, sans suite logique.

Il apparaît donc que ces marques n'ont servi qu'à distinguer les fermes entre elles en trois lots particuliers et non à permettre un agencement des fermes principales entre elles selon un plan défini par une numérotation générale préétablie.

La localisation des marques sur les pièces est identique pour chaque ferme principale. Elles sont localisées systématiquement

| Fermes secondaires | Marque | Valeur | Système | chevron | | | | blochet | | Entrait retroussé | | | | |
|--------------------|--------|--------|----------------|---------|---|------|---|---------|------|-------------------|---|-----|------|---|
| | | | | Sud | | Nord | | Sud | Nord | 1 | 2 | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | Sud | Nord | 1 | 2 |
| 54 | I | 1 | Rainette | O | | | O | O | O | + | | | + | |
| 53 | II | 2 | | | | | | | | O | + | | | + |
| 52 | III | 3 | | | | | | | | O | + | | | + |
| 51 | IIII | 4 | | | | | | | | O | + | | | + |
| 49 | IIII | 5 | | | | | | | | O | + | | | + |
| 48 | V | 5 | | | | | | | | O | + | | | + |
| 47 | VI | 6 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 46 | VII | 7 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 44 | VIII | 8 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 43 | IIIIII | 9 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 42 | VIIII | 10 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 41 | X | 10 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 39 | XI | 11 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 38 | XII | 12 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 37 | XIII | 13 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 36 | XIIII | 14 | | | | | | | | X | + | | | X |
| 34 | XV | 15 | | | | | | | X | + | | | X | |
| 33 | XVI | 16 | | | | | | | X | + | | | X | |
| 32 | | | | | | | | | X | + | | | X | |
| 31 | V | 1 | Coup de ciseau | X | | | X | | | | | | | |
| 29 | II | 2 | | X | | | X | | | X | | | | |
| 28 | III | 3 | | X | | | X | | | X | | | X | |
| 27 | IIII | 4 | | X | | | X | | | X | | | X | |
| 26 | IIIIII | 5 | | X | | | X | | | X | | | X | |
| 24 | | | | | | | | | X | | | | | |
| 23 | II | 2 | Rainette | | X | | | | | | | | | |
| 22 | III | 3 | | | X | | | X | | | | | | |
| 21 | IIII | 4 | | | X | | | X | | | | | | X |
| 19 | I | 1 | | | X | | | X | | | | | | X |

X : face d'établissement O : face inférieure ou nord + : face supérieure ou sud

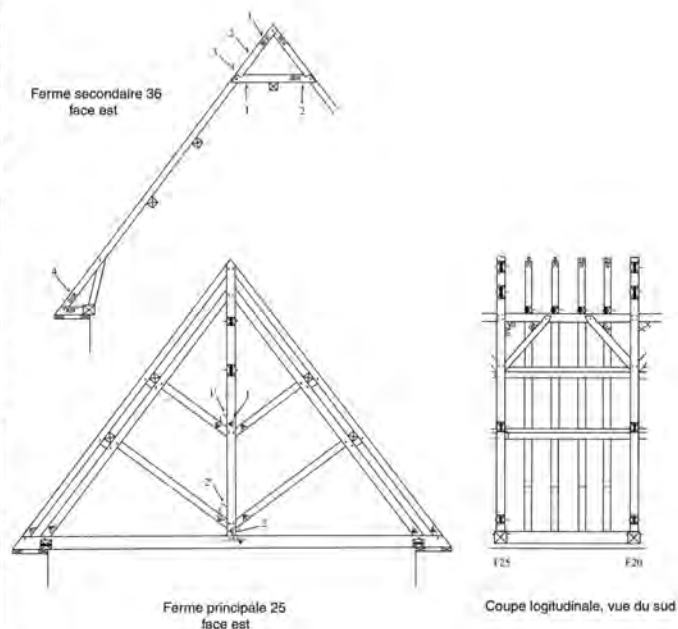


Schéma de localisation des marques sur les pièces

| Fermes principales | Marque | Valeur | Chevron | | Arbalétrier | | Poinçon | | | | Contrefiche | | | | |
|--------------------|--------|--------|---------|------|-------------|------|---------|------|------|------|-------------|------|------|------|---|
| | | | Sud | Nord | Sud | Nord | 1 | 1' | 2' | 2 | Sud | Nord | Inf. | Sup. | |
| | | | Inf. | Sup. | Inf. | Sup. | Inf. | Sup. | Inf. | Sup. | Inf. | Sup. | Inf. | Sup. | |
| 55 | V | | | | | X | | X | | X | X | X | X | X | X |
| 50 | V | 5 | | | | X | | X | | X | X | X | X | X | X |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | XX | 20 | | | | X | | X | | X | X | X | X | X | X |
| 35 | X | 10 | | | | | | | | | | | | | X |
| 30 | XXX | 30 | | | | | | | | X | X | X | X | X | X |
| 25 | V | | | | | | | | | | | | | | X |
| 20 | oo | 2 | | | | | | | | | | | | | X |

Fig. 14 : Tableaux de répartition des marques d'assemblages des fermes secondaires et principales.

sur la face est, en pied de pièce pour les chevrons, les arbalétriers et les contrefiches (fig. 15). Les marques sont reportées au droit des assemblages des contrefiches sur le poinçon et sur l'entrait au pied du poinçon¹².

Pour distinguer, au sein d'une même ferme, les contrefiches nord de celles qui sont au sud, une marque supplémentaire est inscrite sur la face supérieure des contrefiches sud, en pied. Cette marque, le plus souvent un I, est reportée sur le poinçon sur sa face sud. Sur F35, la contremarque est incluse dans la marque de la ferme et les contrefiches sud ne présentent donc

qu'une seule marque, différente de celle des contrefiches nord, en position de contremarque. En théorie, il n'était pas nécessaire d'inscrire une marque supplémentaire sur les contrefiches pour les distinguer entre elles puisque l'inclinaison de l'épaulement des assemblages et la marque de la ferme gravée par convention en pied de pièce suffisaient au charpentier levageur pour orienter correctement la contrefiche au sein de la ferme. Cette marque supplémentaire devait malgré tout faciliter cette opération et permettre de gagner encore plus de temps lors du levage des pièces. Ces marques sont gravées à l'aide d'une rainette sauf la marque à deux encoches de F20, inscrite à l'aide d'un ciseau à bois.

12. D'après le seul entrait retrouvé, provenant de F30.

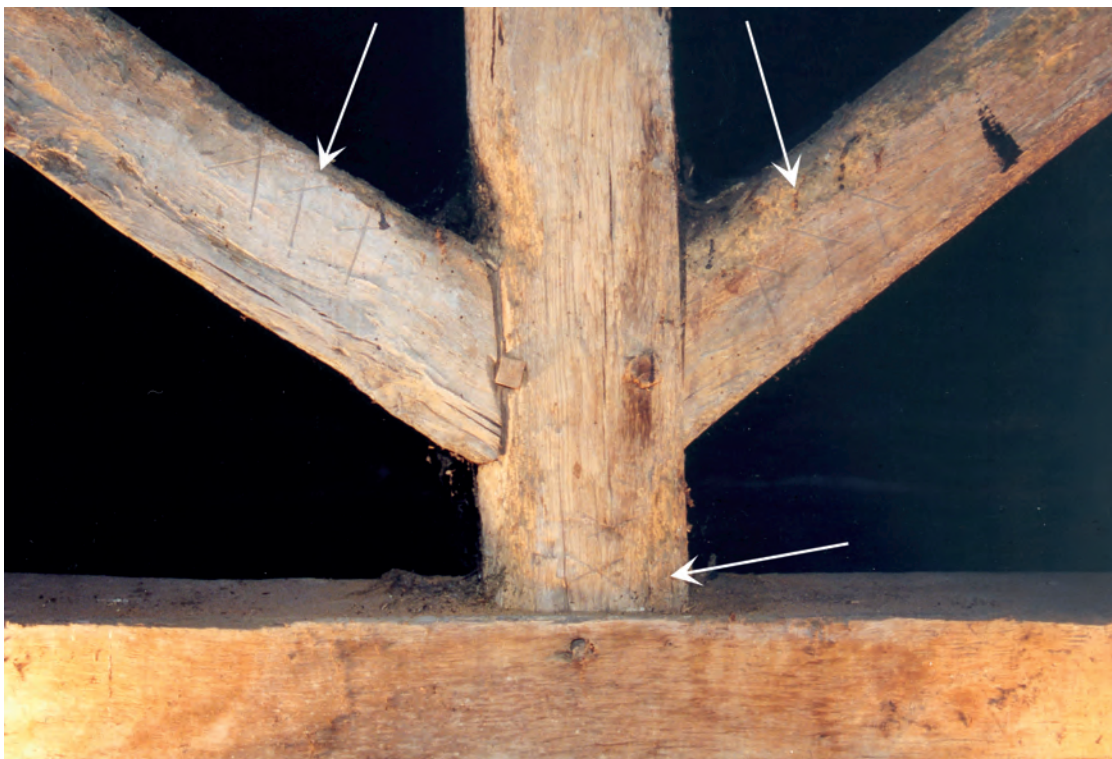


Fig. 15 : Marques d'assemblage XXX en pied de pièces.

La numérotation des fermes secondaires

Les fermes secondaires sont marquées en chiffres romains selon une numérotation progressive allant de l'est vers l'ouest. Cette numérotation se subdivise en trois séries continues, une première de F55 à F32, une seconde de F31 à F26 et une troisième de F24 à F19. Ces trois séries ignorent la numérotation des fermes principales qui s'intercale dans celle des fermes secondaires sans en modifier l'évolution.

La première série est continue et évolue de 1 à 17 de l'est vers l'ouest. Elle utilise le système du bâtonnet pour la valeur 5 (IIIII) et 10 (VIII) bien que ces marques soient suivies respectivement du V et du X. Les valeurs cinq et dix sont donc doublées. Le 15 fait confondre le X et le V en un seul chiffre, de même pour le 16 et probablement pour le 17 (peu lisible). L'absence de combinaison des chiffres pour le 9 (parfois représenté avec un X combiné avec un I) fait associer ici un V avec quatre bâtonnets.

L'écriture de ces marques s'est faite à l'aide d'une rainette selon deux modes distincts. Le premier concerne les marques comprises entre I et IIIII. Elles sont inscrites sur la face interne des pièces tandis que celles du second mode, qui concerne toutes les autres marques de cette série, sont inscrites sur la face est des bois. Toutes ces marques sont inscrites en pied et en tête des chevrons, reportées en pied sur les blochets nord et sud, et parfois au droit des assemblages de l'entrait retroussé. Ce dernier est

marqué soit au nord, soit au sud, soit aux deux extrémités à la fois.

La deuxième série succède à la première et évolue de I à IIIII, de F31 à F26, de l'est vers l'ouest. Là aussi, le cinq s'écrit par une succession de bâtonnets juxtaposés et non par le chiffre romain. La grande particularité de cette série réside dans l'écriture même de ces marques. Elles sont en effet toutes inscrites avec la pointe d'un ciseau à bois. La relative difficulté de graver à l'aide de cet outil explique peut-être la longueur très limitée de cette série.

L'emplacement de ces marques sur les bois reprend la disposition précédente avec un marquage sur la face est de l'assemblage du pied et de tête du chevron, au nord comme au sud, et de celui de l'extrémité sud de l'entrait retroussé. Pour ce dernier, la marque n'est pas reportée sur le chevron, peut-être là aussi en raison de la difficulté de graphisme de ce type de marque.

Enfin, la troisième série, amputée à l'ouest par les restaurations du XVIII^e siècle, débute vraisemblablement à F24, dont les marques sont toutes masquées aujourd'hui, et évolue de l'est vers l'ouest. On observe une inversion en F19 avec un I après le IIIII mais il peut très bien s'agir d'une ferme déplacée en raison de la proximité des éléments restaurés à l'époque moderne. Inscrites à la rainette, sur la face est des bois, ces marques sont localisées non plus aux extrémités des chevrons mais entre l'assemblage des entrants retroussés et l'enfourchement de tête des chevrons.

Il apparaît assez délicat d'analyser ces différents marquages dans la mesure où de nombreuses marques ne sont pas lisibles, que le nombre de fermes par série reste relativement réduit, et que la troisième série est incomplète. Il faut également souligner que le nombre très réduit d'assemblages par ferme limite considérablement l'étude sérielle du marquage. Les charpentiers n'ont pas utilisé une seule numérotation mais trois en continu dans le sens croissant des chiffres romains. Il n'y a pas de grandes différences de marquage bien visibles entre ces séries sinon par l'emploi d'un outil de taille différent (rainette/ciseau) ou par l'emplacement des marques sur les chevrons (entre la deuxième et la troisième série), mais toujours sur la même face. Par ailleurs, on constate une différence bien nette de marquage au sein de la première série avec les marques de F54-F49, inscrites sur la face interne des bois, et celles des autres fermes sur la face est. Cette distinction qui ne correspond pas à un changement de numérotation laisse à penser qu'il n'y a pas eu de volonté délibérée de distinguer ces deux lots de fermes. En ce qui concerne les deux autres séries, l'emploi d'outils distincts semble s'accompagner

d'une différenciation d'emplacement des marques, du moins pour les chevrons, bien qu'elles soient toujours situées sur la face est.

La distinction entre chacune de ces séries n'est donc pas évidente et nous pouvons nous interroger sur la réelle signification de ces séries au sein de cette charpente. En effet, comment considérer la présence de la deuxième série au regard de la première qui est trois fois plus longue? Peut-il s'agir d'un travail exécuté par une équipe de charpentiers très réduite ou bien d'un essai de marquage avorté et repris par la troisième série? De même, l'inscription des marques en face interne des bois pour les cinq fermes de la première série correspond-elle au travail spécifique de quelques charpentiers au sein d'une équipe ou bien à un avatar de marquage mal adapté qui aurait été repris en face est des bois par la suite pour le reste des fermes? Il semble que cette dernière hypothèse soit la plus plausible et qu'il ne faille pas de ce fait considérer systématiquement une différence de marquage comme un signe de distinction entre le travail exécuté par plusieurs équipes de charpentiers.

Les éléments longitudinaux

| | | | | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Travée | F55-F50 | F50-F45 | F45-F40 | F40-F35 | F35-F30 | F30-F25 | F25-F20 | F20-F15 |
| Marque | I | II | III | III | V | VI | VII | X (?) |

Le dispositif longitudinal de la charpente (liernes axiales et liens obliques) présente un marquage homogène et continu de ses assemblages. Il s'agit d'une numérotation en chiffres romains, indépendante de celle des fermes, qui évolue graduellement par travée de I à VII de l'est vers l'ouest, de F55 à F20. Entre F20 et F15, ces éléments longitudinaux sont marqués du chiffre X mais il peut s'agir de pièces réemployées au XVIII^e siècle provenant de l'ancienne dernière travée, la dixième de cette charpente. Le cinq est ici représenté en chiffre romain et non par une succession de bâtonnets.

Pour chaque travée, la lierne est marquée en sous-face à l'est, au droit de son assemblage avec le poinçon sur lequel la marque est reportée. Les liens obliques sont tous marqués en face supérieure en tête sans report de la marque sur la lierne. Seul le lien oblique est de la première travée (F55-F50) est marqué en pied avec un report de la marque sur le poinçon.

Ce marquage est donc minimal puisque les pièces ne comportent qu'une seule marque. Toutes gravées à la rainette, ces marques témoignent de l'homogénéité de cette charpente et de la cohérence de sa structure.

Le lignage et le piquage des bois

Plusieurs tracés du lignage s'observent encore. Sur les fermes principales, ils sont conservés en sous-face des contrefiches (F50 et F55), sur les faces est et sud des poinçons (F50) et sur les fermes secondaires en pied des chevrons, en sous-face, au niveau de l'assemblage des jambes de force (F49 nord, F52 sud). Certaines liernes (F30-F35) en possèdent également sur la face inférieure.

Ce lignage se présente sous la forme de deux lignes parallèles, tracées au noir de carbone, dans le prolongement des bords de la mortaise des assemblages. Tracées avec un cordeau que l'on tend pour frapper le bois, ces lignes semblent ne pas se prolonger sur toute la longueur de la pièce, sauf pour les plus courtes comme les contrefiches.

Les traces de piquage des assemblages s'observent encore sur la plupart des pièces. Il est réalisé à l'aide d'un traceret, petite pointe métallique ou plus rarement au noir de carbone comme au droit de l'assemblage des jambes de force sur F54.

La mise en place de la charpente

La face d'établissage des fermes est orientée vers l'est. Les mi-bois des entrants retroussés des fermes secondaires s'assemblent du côté est et tous les assemblages des fermes secondaires et principales sont chevillés dans le sens est-ouest. Ces fermes ont donc été mises en place de l'est vers l'ouest ce qui correspond au sens de la numérotation du marquage des fermes et des éléments longitudinaux.

Les fermes principales ont été montées en premier, étrépillonnées par les pannes et les liernes, avant la mise en place des fermes secondaires entre chacune de ces fermes principales. Les premières fermes ont été levées en prenant appui contre la charpente des travées précédentes ce qui suppose l'achèvement de cette dernière avant leur mise en place. En effet, les charpentiers levaient les éléments des fermes en prenant appui sur celles déjà montées.

Indices chronologiques

Outre les datations dendrochronologiques, quels sont les indices qui permettent d'affirmer que cette charpente est contemporaine de la construction des cinq travées occidentales de la nef?

Ces cinq travées correspondent très exactement à la seconde campagne de construction de cette nef dont le début est

matérialisé par le décrochement des maçonneries entre la cinquième et la sixième travée. Cette campagne marque une distinction bien nette avec la première campagne, limitée aux quatre travées contiguës à la dernière travée orientale de la nef. Des différences s'observent en plusieurs endroits bien que le parti général reste inchangé avec un étage de tribunes et des fenêtres hautes traversées par une galerie de circulation.

La charpente débute au droit du raccord entre ces deux campagnes et s'interrompt à la dernière travée occidentale, au niveau des restaurations modernes. Il est fort probable qu'elle se prolongeait à l'origine jusqu'au mur pignon ouest, d'autant plus que certains bois réemployés possèdent des marques provenant d'une dixième travée, disposée selon la trame originelle contre l'ancienne façade occidentale.

Il se peut que la mise en place de la charpente du XVIII^e siècle à l'est de cette charpente, sur les cinq autres travées de la nef, ait amputé cette dernière de plusieurs fermes, la faisant débiter plus loin qu'au niveau du raccord de ces deux campagnes. Or la numérotation des fermes de cette charpente commence également en cet endroit au chiffre I et progresse en continu vers l'ouest dans le sens croissant. Par ailleurs, les extrémités des pannes qui s'appuient sur la première ferme de cette charpente à l'est, au début de cette numérotation, présentent toutes un about droit d'origine, et non une enture destinée à prolonger le cours des pannes vers l'est. Cette charpente débutait donc bien à cette ferme au droit de la reprise des maçonneries de la seconde campagne de Raoul d'Argences.

LISIEUX (CALVADOS), CATHÉDRALE SAINT-PIERRE

INSCRITE dans le vaste mouvement de reconstruction des églises normandes dans la première moitié du XI^e siècle, la réédification de la cathédrale de Lisieux est attribuée à l'évêque Herbert (1022-1043) et à son successeur Hugues d'Eu (1050-1070) qui l'acheva¹. De cet édifice, il ne subsiste plus aucune maçonnerie apparente contrairement à l'opinion d'Alain Erlande-Brandenburg et de Georges Huard qui voient dans le massif occidental et dans le transept des vestiges de la cathédrale du XI^e siècle². Les murs occidentaux des deux bras du transept posent effectivement de sérieux problèmes d'interprétation qui seront présentés plus loin. Le plan actuel de la cathédrale semble reprendre celui de la cathédrale romane qui témoigne de la présence d'un massif occidental à deux tours, d'une tour-lanterne sur la croisée du transept et d'un chœur à déambulatoire doté de chapelles rayonnantes, à l'image de certaines autres églises normandes achevées dans les décennies 1060-1070.

Reconstruite vraisemblablement sur les mêmes fondations, la cathédrale Saint-Pierre a été érigée en deux campagnes successives dont la première, réalisée dans le premier style gothique français sous l'épiscopat d'Arnoul (1141-1182), a concerné la nef, le transept et la partie occidentale du chevet, et la seconde, de style gothique normand, les dernières travées orientales du

chœur et la façade occidentale dans le premier tiers du XIII^e siècle.

L'attribution de la reconstruction de la cathédrale à l'évêque Arnoul est confirmée par plusieurs textes relatant d'importants travaux sous son épiscopat³ et par Robert de Torigni dans un texte reconnaissant le mérite de cet évêque d'avoir réédifié la cathédrale⁴. Le début de la reconstruction semble se situer après la seconde croisade (1147-1148) que finança en partie l'évêque Arnoul et à laquelle il participa⁵. Les analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes sur l'ensemble des charpentes de la cathédrale ont permis de dater l'achèvement de la nef en 1183, le bras nord entre 1192 et 1202, le bras sud entre 1199 et 1208 et le chœur entre 1200 et 1206, le déambulatoire ayant été achevé quant à lui entre 1196 et 1206.

La nouvelle cathédrale gothique présente une nef de huit travées barlongues, un transept profond de trois travées pourvues de bas-côtés à l'est et un chœur de quatre travées à collatéraux (fig. 1). Ce chœur se termine par une abside à déambulatoire, ouverte sur deux chapelles rayonnantes semi-circulaires et une chapelle axiale dédiée à la Vierge.

Les élévations tripartites de la nef, des murs est du transept et des deux travées occidentales du chœur traduisent l'homogénéité

1. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica...*, LE PRÉVOST et DELISLE (éd.) 1838-1855, t. II, p. 308.

2. ERLANDE-BRANDENBURG 1978, p. 140-145; HUARD 1919, t. II, p. 1-36.

3. Textes rapportés par HUARD 1919, t. II, p. 1-36.

4. ROBERT DE TORIGNI, *Chronique*, DELISLE (éd.) 1872-1873, t. II, p. 107.

5. LECOY DE LA MARCHE 1868, p. 296.

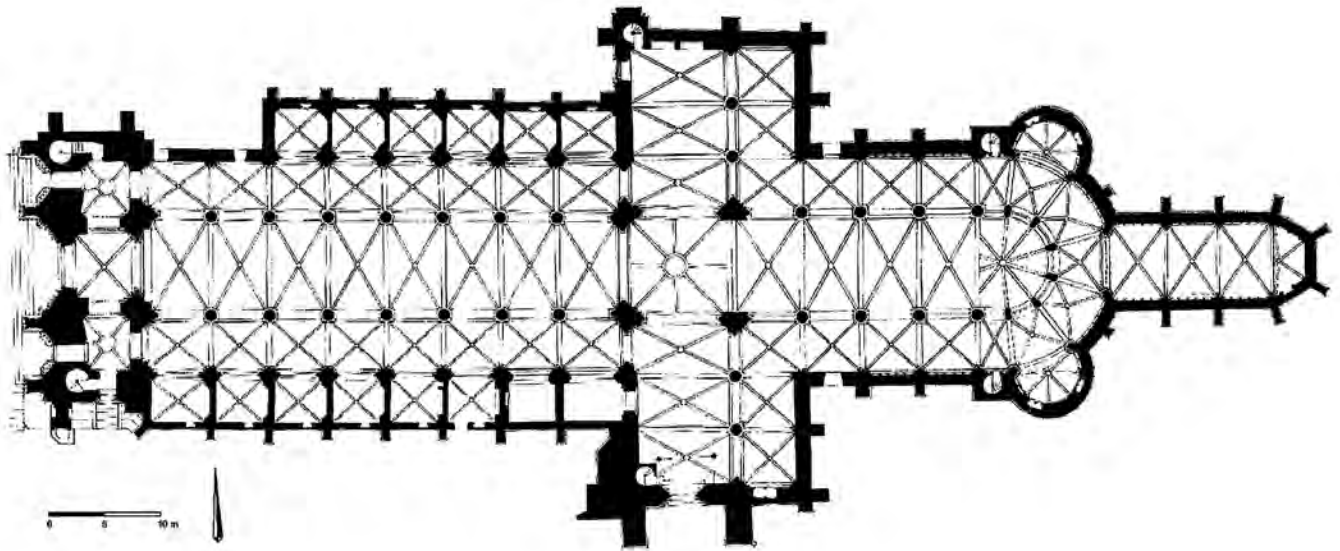


Fig. 1 : Plan de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux.



Fig. 2 : Élévations de la nef.

du programme de construction marqué par l’empreinte du style gothique d’Île-de-France (fig. 2-3). Au-dessus des grandes arcades aux piles circulaires, s’ouvrent les baies géminées d’une fausse tribune sur le comble des collatéraux, en dessous d’un troisième niveau de fenêtres hautes au mur mince, dépourvues de galerie de circulation.

Les maçonneries de la première travée occidentale de la nef viennent se greffer sur les piliers d’un narthex qui sert de support aux nouvelles constructions gothiques de la nef. Il apparaît, par les sculptures des chapiteaux, que ce narthex est antérieur de plusieurs décennies à la campagne de la nef, ce qui laisse à penser que le massif occidental roman fut préservé jusqu’à l’achèvement de la nef.

Alain Erlande-Brandenburg suggère que le bas-côté nord fut élevé en premier d’ouest en est, suivi par le bas-côté sud d’est en ouest et enfin par les piliers de la nef également d’est en ouest⁶. Les fausses-tribunes et l’étage des fenêtres hautes de cette nef semblent, d’après William Clark et Alain Erlande-Brandenburg, avoir été construits de l’ouest vers l’est⁷.

Des arcs-boutants d’une seule volée venant s’appuyer sur de longues culées reprennent les charges des voûtes quadripartites (fig. 4). Ces arcs-boutants, qui compensaient l’absence de véritables tribunes, sont cependant placés trop en hauteur et répondent incorrectement au report des charges des voûtes, ce qui a provoqué une déformation des murs au niveau des reins des voûtes, corrigée au siècle dernier. À noter également les chapiteaux

6. ERLANDE-BRANDENBURG 1978, p. 152-153.

7. CLARK 1997, p. 169.



Fig. 3 : Nef et croisillon nord.



Fig. 4 : Arcs-boutants du bas-côté sud de la nef et tours de façade occidentales.

recevant les ogives des voûtes qui sont disposés perpendiculairement aux murs et non en diagonale comme cela se pratique encore au XII^e siècle en Normandie. Les analyses dendrochronologiques situent l'abattage des bois de la charpente de la nef durant l'automne-hiver 1182-1183d et donc l'achèvement de ce vaisseau en 1183 par la pose de sa toiture.

Les deux bras du transept ont des élévations composites avec à l'est des murs qui reprennent le parti des élévations de la nef et du chœur (fig. 5) et à l'ouest des murs qui s'en différencient complètement (fig. 3). Ils présentent en effet un niveau de petites baies derrière lesquelles courent un passage de circulation voûté en berceau et un niveau de fenêtres hautes. Leur épaisseur est plus conséquente que celle des murs est, notamment pour le bras nord. De nombreuses ruptures d'assises se lisent dans l'appareillage, signifiant une discontinuité entre ce chantier et celui de la tour de croisée au nord et du voûtement du transept au sud. Il est assez difficile d'établir une chronologie entre ces différents chantiers. Alain Erlande-Brandenburg considère le noyau de ces maçonneries comme des éléments appartenant à la cathédrale du XI^e siècle bien qu'il demeure difficile d'entrevoir le raccord entre l'appareillage externe du XII^e siècle et d'éventuelles maçonneries intérieures du XI^e siècle. Nous nous rapprocherons plutôt de l'hypothèse⁸ d'une campagne primitive du début du XII^e siècle concernant ce transept,

8. Hypothèse formulée par François Saint-James lors d'une visite de la cathédrale en février 2001.



Fig. 5 : Croisillon nord et chœur.

plus précoce que celle de la nef, selon un parti inspiré des élévations du XI^e siècle d'une nef encore conservée. La campagne de l'évêque Arnoul conserva alors une partie de ces murs lors de la reconstruction du transept.

La reconstruction du transept, à l'exception des murs inférieurs ouest, les deux travées ouest du chœur, la tour-lanterne et leur voûtement semblent appartenir à une même campagne, dans la poursuite de la nef (fig. 5 à 7). En effet, on remarque dans leurs maçonneries l'emploi en abondance d'un calcaire particulièrement foncé, matériau que l'on n'observe pas dans la nef et seulement de façon résiduelle dans les dernières travées du chœur. La tour-lanterne semble avoir été élevée avec le transept et non après l'achèvement du chœur comme le suggère Alain Erlande-Brandenburg⁹. Les deux travées ouest du chœur, construites avec le transept, suffisaient pour assurer son contrebutement. Par ailleurs, les deux piliers est de la croisée sont parfaitement adaptés à l'édification d'une tour-lanterne tandis que les piliers ouest, construits avec la nef et prévus pour une voûte de croisée selon le style d'Île-de-France, ont été réaménagés lors des travaux du transept. Malgré les dimensions réduites de la tour-lanterne, ces piliers ne supportèrent pas un tel poids et il fallut les reprendre en sous-œuvre d'abord au XV^e puis au XIX^e siècle¹⁰.

9. ERLANDE-BRANDENBURG 1978, p. 157.

10. VASSEUR 1881, p. 30-38.

Les datations dendrochronologiques des charpentes situent l'achèvement du bras nord entre 1192 et 1202 et celui du bras sud entre 1199 et 1208, prouvant ainsi la continuité du nord vers le sud de ces deux chantiers. L'achèvement de la campagne du transept est marqué dans les maçonneries du chœur, au niveau de la deuxième travée, par une rupture d'appareillage qui s'observe parfaitement jusque dans le comble. Pourtant, la charpente du chœur a été datée entre 1200 et 1206 avec son déambulatoire achevé entre 1196 et 1206 ce qui suppose que le chœur est presque contemporain du bras sud, en dépit de cette rupture d'appareillage. D'autre part, la poursuite du chantier sur le chœur s'est opérée sous la conduite d'un autre architecte qui imposa le style gothique normand au détriment de celui d'Île-de-France, employé jusqu'à présent (fig. 7). Ce nouvel architecte conserva néanmoins la même élévation avec un étage de fausses-tribunes au-dessus des grandes arcades, surmonté par un niveau de fenêtres hautes, sans alternance des piles et avec des voûtes barlongues quadripartites épaulées par des arcs-boutants d'une seule volée. Le style normand se manifeste ici par la modénature avec notamment des chapiteaux au tailloir circulaire à la retombée des voûtes, par la présence de tourelles d'escalier à la naissance du rond-point, un mur épais sur le rond-point caractérisé par une galerie de circulation devant les fenêtres hautes et un doublement des piliers du rez-de-chaussée. On remarque également un retrait des fenêtres hautes derrière une arcade plus basse que



Fig. 6 : Vue nord de chœur et du croisillon nord du transept.



Fig. 7 : Élévations nord du chœur.

l'archivolte de la baie. Enfin, le mur épais s'applique aussi au niveau des fausses-tribunes du rond-point qui autorise ici un passage de circulation contre le mur de cloisonnement de ces baies aveugles, presque à la manière d'un triforium. L'adoption de ce mur épais pour les fausses-tribunes et les fenêtres hautes est strictement limitée au rond-point : les travées droites du chœur, quoique de style normand, présentent un mur mince.

Ces traits architecturaux – très proches de ceux du chevet de Saint-Étienne de Caen, des cathédrales de Coutances ou de Bayeux – trahissent cette volonté délibérée d'adapter la décoration de la cathédrale au nouveau goût du jour par un style régional qui se démarque nettement du style français au lendemain de la reconquête de la Normandie par Philippe Auguste. Ce changement de style peut être attribué au nouvel évêque de Lisieux, Jourdain du Hommet (1202-1218).

Quoiqu'il en soit, malgré ces ruptures d'appareillage et de style entre le transept et le chœur, il semble que l'achèvement du chœur ait suivi de très près celui du bras sud, avant 1208.

Le terme de cette campagne normande fut marqué par la reprise du massif occidental avec le percement des portails latéraux, l'aménagement d'une grande baie à trois lancettes au-dessus du portail central et la reconstruction des deux tours. Seule la tour nord subsiste aujourd'hui dans son état originel. Ces constructions témoignent d'une plus grande maîtrise de la stylistique de l'architecture normande avec des longues lancettes à arcs aigus et une profusion décorative de quadrilobes et de rosaces taillés dans le nu du mur, relativement proches du bras sud du transept de Bayeux. Il convient de placer ce chantier et donc l'achèvement de la cathédrale gothique vers 1220, sous l'épiscopat de Guillaume de Pont-de-l'Arche (1218-1250).

Quelques modifications intervinrent aux siècles suivants avec l'adjonction de chapelles aux bas-côtés de la nef dans la première moitié du XIV^e siècle, la consolidation des piliers de la croisée vers 1424¹¹ et la reconstruction de la chapelle axiale du chœur vers 1435 par l'évêque Pierre Cauchon dont les armes se lisent sur la clé de voûte de l'abside. Entre 1503 et 1506, le bras sud du transept fut renforcé par deux puissants contreforts sur la façade sud, réunis par une grande arcade et surmontés d'une galerie, et la voûte sud fut refaite. Les voûtes de la dernière travée du chœur et de l'abside ont également été reconstruites au XV^e ou au XVI^e siècle d'après leur clé en sautoir.

En 1554, la tour sud de la façade occidentale s'effondra provoquant d'importants dégâts sur le narthex et les quatre premières travées de la nef dont les voûtes furent refaites aussitôt après entre 1556 et 1559¹². La reconstruction de la tour fut entreprise dans

un style archaisant imitant le gothique primitif et fut achevée dans les années 1588¹³ (fig. 4).

D'importants travaux de restauration au XIX^e siècle affectèrent les différentes parties de l'édifice. Sur la façade, les portails latéraux, les voûtes sous les deux tours, la baie surmontant le portail central furent refaits entre 1840 et 1858, tout en assurant la consolidation des deux tours qui présentaient de nombreux désordres¹⁴. Entre 1840 et 1842, le bras sud du transept fut consolidé et de nombreux autres contreforts et arcs-boutants repris vers 1853-1856. Entre 1869 et 1874, les travaux de restauration se portèrent sur le chevet en de nombreux endroits. Enfin, vers la fin du XIX^e siècle, la tour-lanterne et sa voûte furent consolidées¹⁵.

La cathédrale de Lisieux possède la quasi-totalité de sa charpente d'origine sur la nef, les deux bras du transept et le chœur. Restaurées au XVI^e siècle, ces structures conservent cependant leurs dispositions d'origine et semblent avoir très peu souffert de remaniements ultérieurs. Les charpentes des toitures des bas-côtés, des chapelles et du déambulatoire ont été refaites au XIX^e siècle avec parfois quelques réemplois d'éléments médiévaux. La préservation de ces structures offre la possibilité exceptionnelle d'une approche archéologique du chantier de construction de l'ensemble de la cathédrale gothique à travers l'étude de ses charpentes.

La charpente de la nef

La charpente de la nef, du type chevrons-formant-fermes, est composée de 68 fermes réparties en huit travées (fig. 8). La structure tramée de la charpente s'articule en fonction de la trame des voûtes avec des fermes principales disposées au droit des piliers de la nef.

Les travaux de restauration concernant les reprises liées à l'écroulement de la tour sud en 1554 sont parfaitement identifiables dans la charpente et concernent précisément les fermes 1 à 22, sur les trois travées ouest de la nef. En effet, l'équarrissage des bois à la scie de long et le marquage des assemblages s'apparentent avec les techniques en usage à cette époque. Ces fermes ont donc été mises en place vers 1556-1559 en remplacement de celles brisées par les éboulis de la tour. Pour cette restauration, les charpentiers ont tenu à remettre en place des fermes strictement identiques aux précédentes en s'inspirant de la même épure et des mêmes dispositifs structurels comme l'absence de contreventement ou de triangulation.

11. VASSEUR 1881, p. 36-37.

12. *Ibid.*, p. 59.

13. VASSEUR 1881, p. 72-73.

14. HARDY 1926, p. 40; ERLANDE-BRANDENBURG 1978, p. 170.

15. *Ibid.*, p. 170-172.

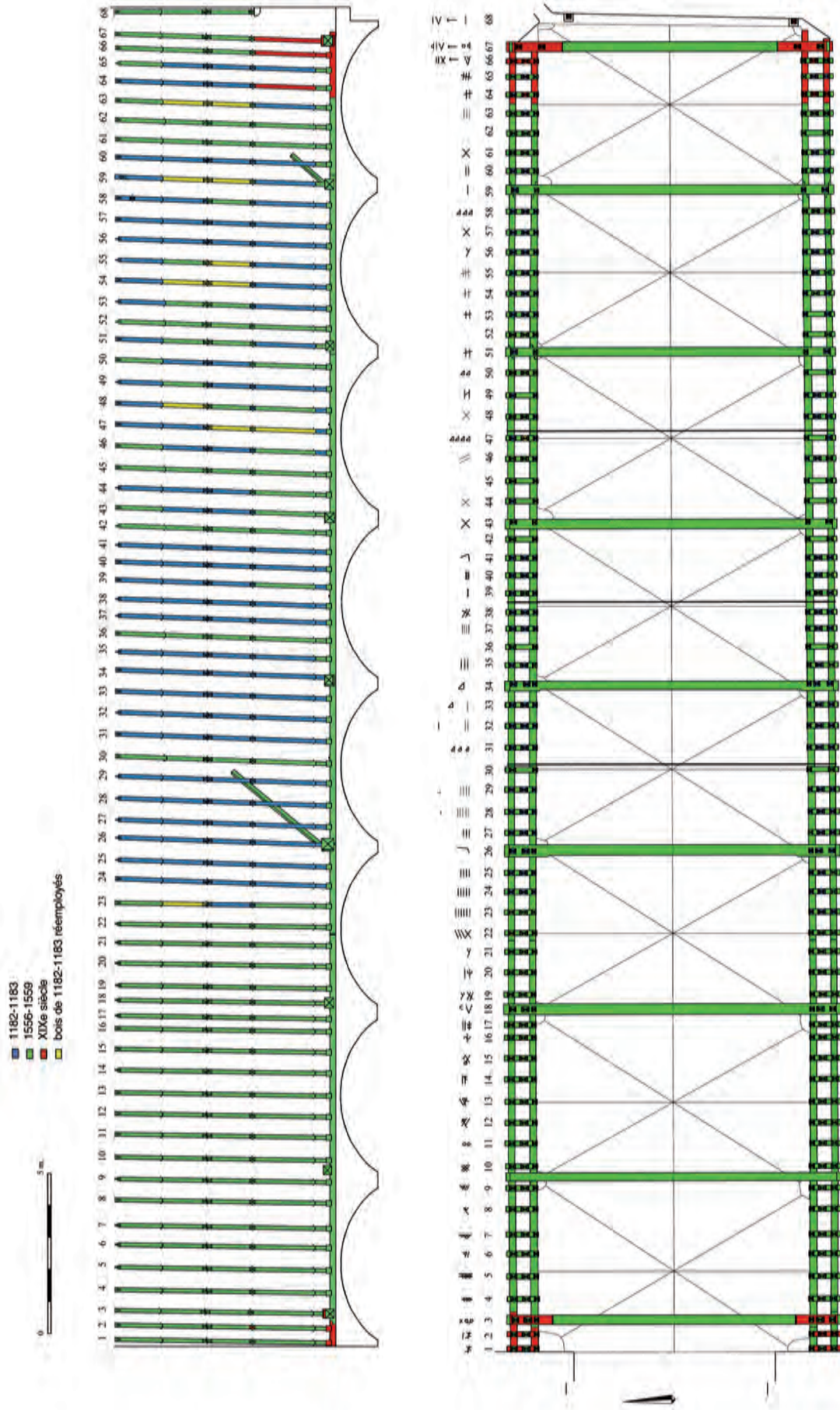


Fig. 8 : Charpente de la nef : coupe longitudinale ouest-est et plan au niveau des entrails.

Ces travaux de restauration ne se sont pas limités à cette partie de la nef et ont touché tous les pieds de fermes à savoir les sablières, les blochets et tous les entrants des fermes principales. Plusieurs fermes ont été également remplacées (F30, F36, F42, F45, F52, F62, F66 et F68)¹⁶, d'autres retouchées partiellement. Il apparaît néanmoins, au regard des chevilles d'origine encore en place que, d'une part, ces travaux n'ont pas entraîné le démontage des fermes autres que celles des trois travées occidentales et que, d'autre part, le remplacement des éléments de pieds des fermes s'est opéré entièrement en sous-œuvre. Quelques éléments de contreventement provisoires, mis en place lors de ces travaux, s'observent encore sur les fermes 26 à 30 et 59-60.

Des analyses dendrochronologiques ont été réalisées en novembre 2001 par le laboratoire de Rennes sur les bois en place de cette charpente¹⁷. La présence de cambium¹⁸ sur certains prélèvements et le bon état de conservation du dernier cerne de croissance sur un échantillon ont permis de situer l'abattage de ces bois durant l'automne-hiver 1182-1183. Cette date permet de placer la **mise en place de cette charpente en 1183** et confirme donc la réalisation de cette nef sous l'épiscopat de l'évêque Arnoul (1141-1181).

Structure de la charpente

Toutes les fermes d'origine de cette charpente sont identiques (fig. 9-10). Elles sont chacune composées d'un couple de chevrons, inclinés à 53,2°, assemblés en tête par enfourchement et raidis par un réseau interne particulièrement complexe et original (fig. 11). Un entrant retroussé assemblé par tenon-mortaise au premier tiers de la longueur des chevrons supporte une croisée de grandes écharpes destinées à raidir le haut de la ferme. Les écharpes s'assemblent en pied comme en tête par des mi-bois à demi-queue d'aronde et le mi-bois de la croisée de ces écharpes est chevillé.

Cette croisée d'écharpes raidit les chevrons et empêche leur flexion en transformant le couple de forces obliques transmis par les chevrons à la croisée en une force verticale reportée sur l'entrant retroussé. Elle contribue donc à la flexion de cet entrant retroussé qui, pour cette raison, se voit renforcé aux extrémités par de courtes contrefiches. Ces dernières, entièrement assemblées par mi-bois à demi-queue d'aronde, confortent la fixation de l'entrant retroussé aux chevrons bien qu'elles lui transmettent aussi des charges verticales.

Le raidissement de la moitié inférieure des chevrons est assuré par des sous-chevrons assemblés en tête dans les contrefiches et par mi-bois à l'entrant retroussé. Ils participent aussi au raidissement du pied de la ferme en s'assemblant par mi-bois à la jambe de force et en prenant appui dans un blochet.

Tous les pieds de ferme ont été refaits au XVI^e siècle, à l'identique probablement de ceux d'origine, avec un blochet recevant par tenon-mortaise la jambe de force, le pied du chevron et du sous-chevron.

Tous les assemblages à mi-bois sont exécutés sur la face ouest des fermes. La mise en place des éléments assemblés à mi-bois s'est donc faite par l'ouest et le chevillage de ces assemblages s'est opéré de l'ouest vers l'est. Toutes les marques d'assemblages ont été gravées sur la face ouest des bois, ce qui correspond à la face d'établissement des fermes.

Il n'existe aucun dispositif d'étré sillonnement longitudinal des fermes et par conséquent aucun contreventement de la charpente. Ce défaut structurel permet d'expliquer aujourd'hui le déversement de toutes les fermes vers l'est, lesquelles sont maintenues dans cette position par le lattis de la couverture et, par endroits, par des pièces de bois placées en biais dans le plan des chevrons au XVI^e siècle (fig. 8).

Aucune ferme ne présente d'assemblage prévu pour un éventuel poinçon qui aurait pu être démonté. Les fermes principales étaient donc dépourvues de poinçon et rien ne les distinguaient des autres fermes sinon la présence d'un entrant à leur base. Le remplacement de tous ces entrants et la reprise des pieds de toutes les autres fermes au XVI^e siècle ne permettent pas d'identifier précisément les fermes principales. Seules quelques petites différences structurelles et l'analyse des marques d'assemblage permettent de les retrouver. Leur positionnement répond de toute façon aux mêmes contraintes que les fermes principales actuelles à savoir une hauteur de voûte autorisant le passage de l'entrant ce qui permet de penser que l'emplacement des fermes principales actuelles, mises en place au XVI^e siècle, correspond à celui des fermes principales d'origine. Dans cette disposition, on constate de fait que la trame de la charpente s'organise en travées régulières de sept fermes secondaires chacune.

Il faut souligner le lien de cause à effet entre l'absence de dispositif d'étré sillonnement longitudinal et l'absence dans les fermes principales de poinçon ou de poteau servant à la fixation de ces éléments longitudinaux de contreventement.

Certaines dispositions particulières de pièces ou d'assemblage au sein de quelques fermes retiennent l'attention. En effet, sur F43, F49, F51 et F53 les sous chevrons sont assemblés par un mi-bois avec ergot ou à demi-queue d'aronde directement dans la jambe de force alors que ceux des autres fermes sont tenonnés dans les blochets. Ces anomalies s'expliqueraient par le fait que F49, F51 et F53 portent toutes trois la même marque et qu'elles peuvent être logiquement réalisées par les mêmes charpentiers avec leur propre technique d'assemblage.

16. Sur la face est de l'entrant retroussé de F52, on peut relever un graphito réalisé au noir de carbone qui désigne un nom de personne et dont la graphie correspond à l'écriture du XVI^e siècle.

17. BERNARD et LE DIGOL 2001c.

18. Assise génératrice dont l'observation atteste de la présence du dernier cerne de croissance de l'arbre.



Fig. 9 : Charpente de la nef (1182/1183d).



Fig. 10 : Fermes placées contre la tour-lanterne de la croisée du transept.

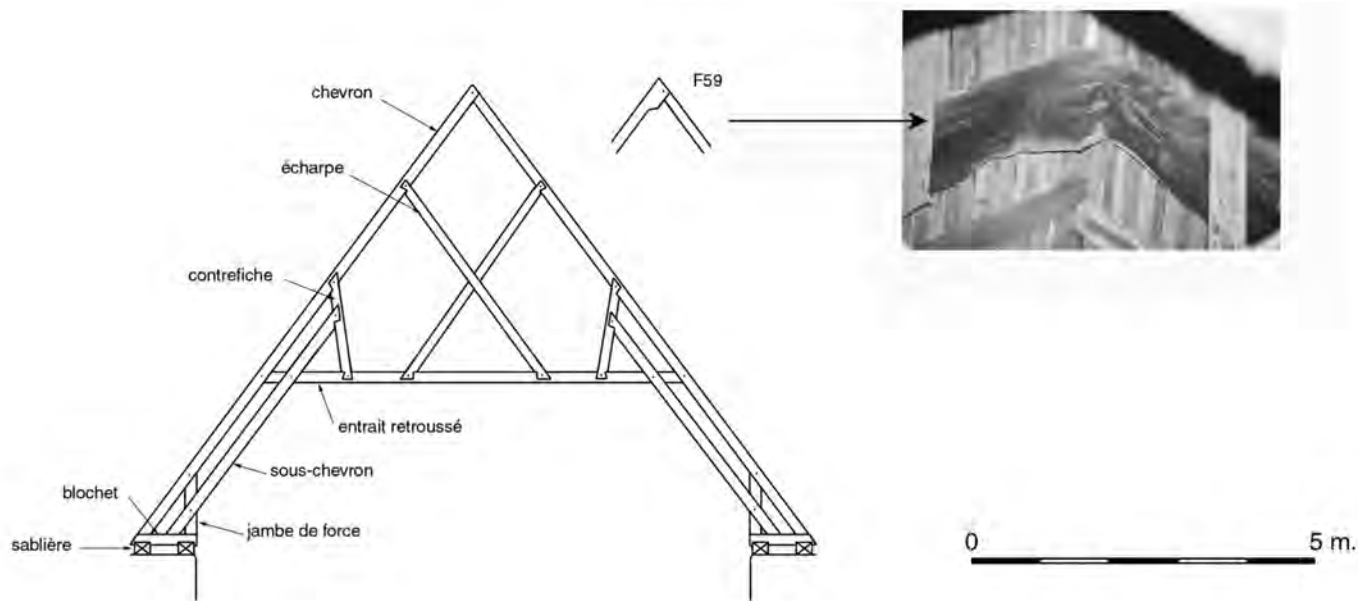


Fig. 11 : Ferme de la nef.

F24 présente en tête du chevron nord une greffe d'un about assemblé au chevron par un simple tenon d'enfourchement, dans le prolongement du chevron comme en extrémité du sous-chevron nord de F32. De même, en tête de F59, le chevron nord comporte un ressaut pour porter plus bas la mortaise destinée au chevron sud qui est également mortaisé pour contenir un faux-tenon (fig. 11). Ces anomalies peuvent être attribuées à des défauts du bois, telle la présence d'un nœud qui ne pouvait être conservé dans le cas de F24 ou bien celle d'une fourche naturelle mise à profit pour l'assemblage de F59. Effectivement, on remarque que l'extrémité supérieure des chevrons de la ferme 58 présente une légère déformation naturelle, fragilisant leur assemblage de tête et, pour remédier à ce défaut, un petit faux-entrait a été assemblé par mi-bois en partie haute de la ferme. Les chevrons employés pour cette charpente comportaient donc, dès l'origine, certains petits défauts naturels qui ont été rectifiés par une greffe, un réajustement de l'assemblage ou par le rajout d'une pièce de renfort.

Espacement des fermes

Il est peu probable que l'espacement actuel des fermes corresponde exactement, au centimètre près, à celui d'origine en raison de la reprise des sablières et de tous les pieds de fermes au XVI^e siècle. Seule la valeur moyenne d'espacement des fermes peut renvoyer à une valeur effective d'une mesure réelle d'origine puisque le nombre de fermes et leur disposition générale n'ont pas varié. Il semble en effet difficile, au cours d'une reprise de sablières en sous-cœuvre, de modifier

l'espacement de plusieurs dizaines de fermes étayées. Les sablières mises en place au XVI^e siècle ont été adaptées à l'emplacement des fermes d'origine et ne les ont que très faiblement modifiées.

Le relevé des espacements des fermes d'origine, en excluant donc celles du XVI^e siècle, a permis de mettre en évidence l'usage de plusieurs mesures différentes selon les travées. Ces mesures ont été établies sur la base d'un blochet large de 15 cm.

| Travée | Espacement moyen des fermes | Écart arithmétique moyen |
|---------|--------------------------------|-----------------------------|
| F26-F34 | 50,2 cm | 0,6 cm |
| F34-F43 | 39,9 cm | 0,4 cm |
| F43-F51 | 49,9 cm | 1 cm |
| F51-F59 | 47,3 cm | 0,6 cm |
| F59-F67 | 44,2 cm | 0,9 cm |

Tableaux des espacements des fermes de la nef

Il apparaît ainsi clairement que pour chaque travée une mesure particulière a été respectée pour l'espacement des fermes. La définition du plan de la charpente d'origine a individualisé les travées par des mesures d'espacement de fermes qui leur sont propres. Le plan de chacune de ces travées a été conçu indépendamment des autres, en les considérant chacune comme des éléments distincts, non transposables.

En considérant l'entraxe des fermes, avec une largeur constante des fermes de 14 cm, ces mesures peuvent se traduire par la subdivision logique de la longueur de chaque travée par le nombre de ses fermes.

| Travée | Longueur des travées | Subdivision par le nombre de fermes | Entraxe moyen mesuré des fermes |
|---------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| F26-F34 | 5,21 m | 65,1 cm | 64,2 cm |
| F34-F43 | 4,99 m | 55,4 cm | 53,9 cm |
| F43-F51 | 5,24 m | 65,5 cm | 63,9 cm |
| F51-F59 | 5,10 m | 63,7 cm | 61,3 cm |
| F59-F67 | 4,45 m | 55,6 cm | 58,2 cm |

Un écart négligeable, de 1 à 2 cm environ, se mesure entre l'entraxe des fermes et le chiffre obtenu en divisant la longueur des travées par le nombre de ses fermes.

Il ressort de ces données que l'espacement des fermes dépend uniquement de l'emplacement des fermes principales qui définissent la longueur des travées et donc, par subdivision, l'entraxe des fermes. Ces valeurs permettent d'écarter l'hypothèse de l'emploi d'une valeur liée au pied dans la conception du plan de la charpente. En effet, l'entraxe des fermes correspond approximativement à deux pieds avec une valeur comprise entre 27 cm et 32,1 cm. La position des fermes est donc directement liée à l'emplacement des piliers du vaisseau central, au droit desquels reposent les fermes principales.

Les bois

On peut noter une relative homogénéité dans la section des bois de cette charpente. Seul l'entrait retroussé présente une épaisseur plus grande que les autres pièces, en raison du travail de flexion auquel il est soumis. En effet, les forces de compression, transmises à cet entrait retroussé par la croisée d'écharpes et les contrefiches, ne sont pas reprises, sinon aux extrémités par les sous-chevrons. Seule une surépaisseur du bois permet de répondre correctement à ces contraintes et d'éviter une trop forte flexion de l'entrait retroussé.

| Pièce | Section |
|-------------------|------------|
| Chevron | 17 x 14 cm |
| Jambe de force | 15 x 14 cm |
| Sous-chevron | 16 x 14 cm |
| Entrait retroussé | 17 x 14 cm |
| Écharpe | 15 x 14 cm |
| Contrefiche | 16 x 13 cm |

*Tableau des sections des bois**

* Le premier chiffre correspond à la face ouest ou est, le second à la largeur de la pièce.

Soulignons aussi la précision dans l'exécution de la taille de ces éléments qui présentent tous une même largeur de 14 cm. Lorsque le bois n'a pas une section suffisante, il est équarri de telle sorte que sa face d'établissage, la face ouest, soit de plan avec les autres bois. La face d'établissage détermine l'orientation des pièces et leur équarrissage selon un plan commun à toutes celles d'une ferme. C'est également sur cette face que sont inscrites toutes les marques d'assemblage et taillés les assemblages à mi-bois.

Toutes les pièces sont des bois de brin (bois qui conserve le cœur de l'arbre) qui présentent de l'aubier sur au moins deux arêtes avec, pour certains, de l'écorce en about de pièce. L'équarrissage a donc été minimal et la section des arbres abattus correspondait précisément aux nécessités des charpentiers. En se basant sur la longueur d'un chevron pour évaluer la longueur maximale d'une grume, on comptabilise 5 grumes pour la réalisation d'une ferme, 20 pour les sablières et donc 340 grumes de 21 cm de diamètre (16 x 14 cm) pour la construction de cette charpente. L'homogénéité des sections de ces bois suppose que les charpentiers n'ont pas eu à pâtir du problème de la sélection des arbres et que les forêts prospectées étaient suffisamment garnies pour pouvoir abattre tous les bois de leur choix.

Cet équarrissage a été réalisé exclusivement à la hache, aucune trace de sciage n'ayant été relevée sur les bois portant des marques d'assemblage médiévales.

Le marquage des bois

La lecture des marques d'assemblages est dans l'ensemble relativement aisée dans la mesure où la plupart des éléments sont encore en place et qu'ils n'ont pas été trop altérés au cours des siècles. Notons cependant une perturbation du marquage d'origine au pied de certaines fermes lors des restaurations du XVI^e siècle, qui imposa un second marquage. Celui-ci consiste en un rajout de marques constituées de bâtonnets gravés à la pointe du ciseau sur certains bois qui ont dû être démontés puis remontés au cours de ces travaux. Nous n'en tiendrons pas compte pour cette étude.

L'emplacement des marques (fig. 12)

L'emplacement des marques d'assemblages répond avec une certaine régularité à un principe de marquage identique et homogène au sein de toutes les fermes de cette charpente. Ce principe consiste à marquer une pièce à son extrémité inférieure sur la face ouest, c'est-à-dire sur la face d'établissage des fermes. En effet, on les rencontre systématiquement au pied des écharpes, des contrefiches, des chevrons, des sous-chevrons et des jambes de force. Ces marques ne sont pas reportées au droit de l'assemblage sur l'autre pièce, sauf pour de rares cas. Elles étaient davantage destinées à identifier une pièce plutôt qu'un

| Ferme | Marque | Description | Chevron nord | Entrait retroussé | | | | | | Chevron sud |
|-------|--------|-----------------------------------|--------------|-------------------|---|---|---|---|---|-------------|
| | | | a' | a | b | c | d | e | f | f' |
| 23 | \|\|\|\| | 6 coups de ciseau | | | X | | | | | |
| 24 | \|\|\|\| | 5 coups de ciseau | | | X | | | | | |
| 25 | \|\|\|\| | 4 coups de ciseau | | | X | | | | | |
| 26 | └ | Entailles au ciseau | | | X | | | X | | |
| 27 | ''' | 3 coups de ciseau | | | X | | | | | |
| 28 | ' | 1 coup de ciseau | | | X | | | | | |
| 29 | '' | 2 coups de ciseau | | X | | | | | | |
| 31 | PPP | 3 encoches sur arête | | X | | | | | | |
| 32 | \| | 1 entaille d'assemblage au ciseau | X | X | | | | | | |
| 33 | ∇ | 1 encoche sur arête | | ? | ? | X | X | ? | | |
| 34 | ∇ | 1 encoche sur arête | | X | | | | | | |
| 35 | \|\|\| | 3 entailles au ciseau | X | X | | | | | | |
| 37 | \|\|\|\| | 4 griffures au ciseau | | | | | | | | |
| 38 | ⌘ | Rainette | | | | | | X | | |
| 39 | \| | 1 entaille au ciseau | | X | | | | | | |
| 40 | \|\| | 2 entailles au ciseau | | X | | | | | | |
| 41 | ✓ | Entailles au ciseau | | | | | | | X | X |
| 43 | ⌘ | Entailles au ciseau | | | | | | | | |
| 44 | ⌘ | Griffures au ciseau | | | | | | | | |
| 46 | /// | 2 griffures au ciseau | | | | | | | | |
| 47 | oooo | 4 encoches au ciseau | | | | | | | | |
| 48 | ⌘ | Griffures au ciseau | | | X | | | | | |
| 49 | ∩ | Entailles au ciseau | | | X | | | | | |
| 50 | ∪ | 2 encoches sur arêtes | | | | | | | | |
| 51 | ⌘ | Entailles au ciseau | | | | | | | | |
| 53 | ⌘ | Entailles au ciseau | | | | | | | | |
| 54 | ⌘ | Griffures au ciseau | | | X | | | | | |
| 55 | ⌘ | Griffures au ciseau | | | X | | | | | |
| 56 | ⌘ | Rainette | | | | | | | | |
| 57 | ⌘ | Rainette | | | X | | | | | |
| 58 | ooo | 3 encoches sur arête | | | | | | | | |
| 59 | \| | 1 entaille au ciseau | | | | | | X | | |
| 60 | \| | 1 entaille au ciseau | X | X | | | | | | |
| 61 | ⌘ | Entailles au ciseau | | | | | | | | |
| 63 | \|\|\| | 3 griffures au ciseau | | | | | | | | |
| 64 | ⌘ | Entailles au ciseau | | | | | | | X | |
| 65 | ⌘ | Entailles au ciseau | | | | | | | X | |

Blanc : absence de marque

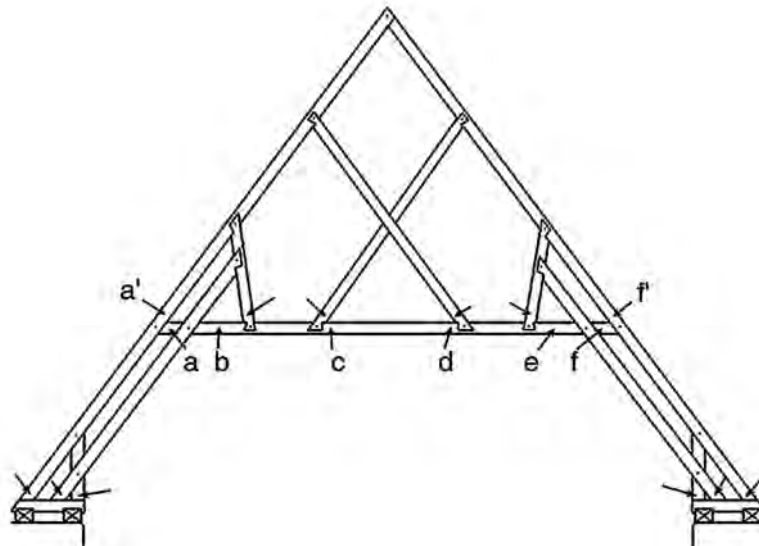


Fig. 12 : Tableau des marques d'assemblage des fermes de la nef avec schéma de localisation.

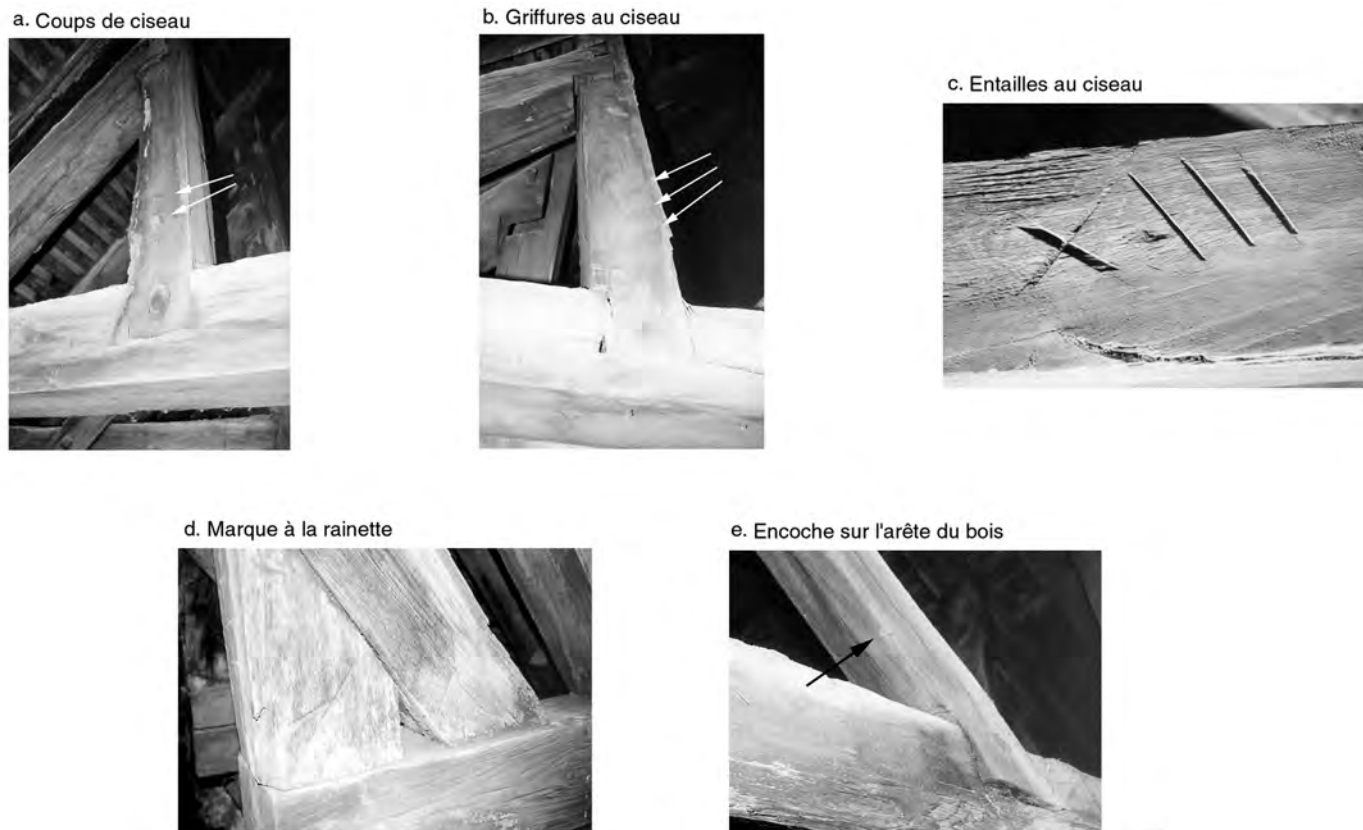


Fig. 13 : Types d'inscription de marques d'assemblage.

assemblage. Il serait alors plus logique de les désigner comme « marques de pièces » au lieu de « marques d'assemblages ».

Les entrants retroussés sont marqués en grande majorité sur leur extrémité nord, toujours sur la face ouest. On constate cependant plusieurs emplacements différents selon les fermes ou certains lots de fermes tels F23-F28, F29-F40 en excluant F33 et F38 ou encore F48-F57. D'autres fermes comportent un entrant retroussé avec un marquage bien distinct des précédents comme F33 qui présente un report des marques des écharpes sur l'entrant retroussé ou F26, F38, F41, F60 et F64-F65 dont l'entrant retroussé est marqué sur l'extrémité sud. Là aussi, on constate qu'il s'agit d'un marquage de l'entrant retroussé et non de ses assemblages, sauf pour F32 et F33.

F32 semble être en effet un cas à part puisque sa marque, constituée d'un seul trait, est réellement une marque d'assemblage dans le sens où ce trait chevauche systématiquement l'assemblage pour marquer les deux pièces ensemble. De plus, les écharpes et les contrefiches sont marquées en tête, non en pied.

Les marques (fig. 13)

Plusieurs modèles de marques ont été utilisés pour les fermes de cette charpente. Tous les éléments d'une même ferme portent la

même marque, désignant ainsi l'appartenance de ces pièces à telle ferme ou à telle autre selon la marque. On peut dénombrer quatre ou cinq types de marques différentes selon l'outil utilisé ou selon l'emploi de cet outil.

Le premier type correspond à une suite de petits coups de ciseau à bois dont le nombre de coups désigne le numéro de la ferme (4 coups de ciseau pour le chiffre 4). Ces coups sont très peu profonds, larges de 2 cm, et ont été donnés en faisant varier l'inclinaison du ciseau à bois de façon à faire ressortir les fibres ligneuses et à rendre plus apparente la marque (fig. 13a). Ce marquage permet de numéroter les fermes en séries comme pour les fermes 23 à 29, marquées dans le sens décroissant de 6 à 1 avec une inversion au début de la série entre 1 et 2, et une intercalation entre F25 et F27 d'une marque particulière.

Le deuxième type de marque se présente sous la forme de griffures fines et profondes, longues de 7 à 8 cm, obtenues à l'aide de la pointe d'un ciseau à bois bien affûté (fig. 13b). Ces griffures sont disposées en traits parallèles, en croix, et en deux ou trois traits parallèles barrés. Les fermes ainsi marquées sont dispersées dans la charpente et ne sont pas regroupées en lots.

Un autre type est obtenu avec le même outil, de la même façon mais en griffant plus vigoureusement le bois de deux traits

juxtaposés de manière à obtenir une entaille profonde longue de 7 à 8 cm (fig. 13c). Là aussi, ces marques apparaissent sous la forme de traits parallèles, de un à trois, barrés ou non, de croix et de signes en forme de L.

On rencontre également des marques sous le même graphisme, avec un lambda en F56, mais toutes gravées à la rainette comme en témoigne le fond incurvé de leurs traits (fig. 13d).

Enfin, on constate l'existence d'un dernier type de marque particulièrement rare : il se présente sous la forme de petites encoches, d'1 cm de long chacune, pratiquées au ciseau à bois sur l'arête d'une pièce (fig. 13e). Ces marques sont discrètes et fragiles puisqu'elles sont parfois inscrites sur l'aubier. Il s'agit là d'un marquage à numérotation chiffrée, comme le premier, en raison du nombre d'encoches qui définit le numéro de la ferme.

De toutes ces marques, seules celles du premier type servent à regrouper des fermes en une série numérotée continue. Les autres n'ont pas cette fonction, elles sont uniquement destinées à l'identification des éléments de fermes et non des fermes elles-mêmes au sein du plan de la charpente, bien que les marques à encoches permettent une répartition numérotée des fermes entre elles. Elles ne servent pas non plus à identifier les fermes principales, à les distinguer par rapport aux fermes secondaires. La dispersion des différents types de marques prouve qu'ils ne sont pas destinés à l'élaboration d'un plan de charpente préalablement établi : les fermes peuvent s'intervertir, quelle que soit leur marque, exceptée la série F23-F29 où les marques servent à coordonner les fermes selon une numérotation continue et à identifier les fermes principales.

L'identification des pièces par ferme était, également, relativement limitée dans le sens où plusieurs fermes portent la même marque, aux mêmes emplacements, et que la confusion entre les éléments de ces fermes pouvait poser problème. Outre le repérage des bois, il apparaît que ces types de marquage pouvaient servir aussi à distinguer le travail exécuté par différentes équipes de charpentiers si celles-ci respectaient effectivement un type de marque qui leur était propre. Il semble en effet que ce fut la seule méthode pour comptabiliser les travaux d'exécution entre différentes équipes sur un même chantier.

Notons enfin que les coups de ciseau relevés sur la série F23-F29 correspondent aux fermes dont le marquage de l'entrait retroussé est homogène tandis que celui des entrails retroussés des autres fermes reste relativement aléatoire. Cette rigueur liée au caractère sériel de cette numérotation mérite d'être relevée au regard du désordre apparent du marquage des autres fermes.

Aucune trace de lignage n'a été relevée sur les bois d'origine de cette charpente. Seules des traces de piquage ont été observées au droit des assemblages. Elles témoignent de l'emploi du traceret pour le tracé de l'emplacement des assemblages.

Le levage de la charpente

Le chevillage des assemblages s'est opéré de l'ouest vers l'est, face aux mi-bois. Les chevilles d'origine se reconnaissent à leur tête de section carrée. On peut observer autour de certains trous de cheville les nombreux essais de percement qui se présentent sous l'aspect de petites cavités circulaires en forme de cupule et qui révèlent l'emploi d'une gouge.

Le sens d'enfoncement des chevilles indique un levage de la charpente dans le sens ouest-est, évoluant de la façade occidentale vers la tour-lanterne. En effet, pour une charpente de ce type, les charpentiers chevillent les assemblages à mi-bois en étant face à eux, appuyés sur les fermes précédentes déjà levées, celles-ci étant montées les unes après les autres et servant d'appui aux charpentiers.

On constate, au milieu de tous les entrails retroussés d'origine, un percement circulaire traversant, destiné au passage d'une cheville de 2 cm de diamètre environ. Tous ces trous sont vides à l'exception de celui de F27 qui conserve encore un reste de cheville à l'intérieur du percement. Ces trous, placés dans l'axe de la pièce et de la ferme, devaient servir à la mise en place de chevilles ou de perches suffisamment longues et résistantes pour maintenir provisoirement l'écartement des fermes au cours du levage. Montées les unes après les autres, sans dispositif d'étré-sillonnement longitudinal, les fermes étaient maintenues dans un équilibre instable dans l'attente de la pose du voligeage. Ces chevilles devaient assurer cet étré-sillonnement provisoire au cours du levage de la charpente jusqu'à la pose des voliges qui succédait rapidement au montage des fermes. Il est possible aussi que ces trous et ces chevilles aient servi au moment du levage des bois pour fixer les cordages. La position médiane de ces trous suppose que ces points de fixation ont pu servir au levage d'un couple de chevrons assemblés à leur entrait retroussé. Les écharpes, contre-fiches et sous-chevrons auraient alors pu être assemblés dans un second temps grâce à leur mi-bois.

La ferme 64, située à quelques mètres de la tour de croisée du transept, présente certaines particularités qui méritent d'être évoquées ici. Les éléments de cette ferme ont une section disproportionnée par rapport aux autres fermes (fig. 152 : 5^e ferme avant le mur). Les écharpes ont une section de 18 x 16 cm contre 15 x 14 cm et l'entrait retroussé une section de 25 x 16 cm contre 17 x 14 cm. De plus, ses écharpes sont percées sur toute leur longueur de nombreux trous de cheville, de 3 cm de diamètre, répartis à intervalle régulier, et l'entrait retroussé présente plusieurs mortaises et entailles à mi-bois en faces inférieure et supérieure. La présence sur ces bois de marques d'assemblage appartenant au registre des marques des autres fermes d'origine plaide en faveur d'un dispositif contemporain de la mise en place de cette charpente. Il pourrait donc s'agir d'éléments de support à une cloison faite en partie supérieure de planches fixées contre les écharpes au moyen de

chevilles et en partie basse d'un pan de colombage assemblé à l'entrait retroussé et peut-être à une sablière en partie basse de la ferme. Certaines entailles de cet entrait retroussé semblent avoir également servi à la pose, sur la face supérieure, d'un engin de levage puisque, d'une part, elles ne semblent aucunement liées à cette cloison et que, d'autre part, elles sont disposées sur une pièce de très grosse section.

La présence très probable d'une cloison en cet endroit, à 2,30 m de la tour-lanterne, laisse à penser que celle-ci était alors en cours de construction avec des échafaudages sur son pourtour. Il semble en effet difficile de concevoir l'existence de cette cloison si la tour-lanterne romane était encore en place, la charpente de la nef serait venue s'y accoler.

Les fermes disposées entre cette cloison et la tour-lanterne peuvent donc avoir été mises en place après l'achèvement de la tour-lanterne. Leurs marques d'assemblage, identiques aux fermes précédentes, témoignent cependant d'une exécution contemporaine des autres fermes de la nef. Ces fermes auraient été exécutées au cours du chantier de la nef et déposées dans l'attente de l'achèvement de la tour-lanterne.

Relevons la présence d'un réemploi dans la ferme 49. L'écharpe sud présente en effet, sur l'une de ses faces, les traces d'un voligeage et, en pied, la marque d'assemblage de la ferme témoignant de sa mise en place d'origine. Ces traces de voligeage sont matérialisées par des rangs d'un ou de deux clous chacun, régulièrement espacés de 16-17 cm. Il ne peut donc s'agir que d'un chevron provenant d'une charpente de comble de moyenne ou de grande dimension en raison de l'absence d'assemblage sur sa longueur (3,31 m) et de la section de cette pièce (16 x 15 cm). L'espacement des rangs de clous permet de supposer que le lattis supportait une couverture de tuiles de grand module, de plus de 30 cm de longueur, ou de bardeaux.

La charpente du bras nord du transept

La charpente du bras nord du transept présente approximativement les mêmes caractéristiques que celle de la nef. Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes composée de 22 fermes indépendantes dont 4 principales à entrait disposées selon une trame de trois travées inégales : deux travées de cinq fermes secondaires à chaque bout et une travée médiane de sept fermes (fig. 14-15). Entre le mur pignon nord et la première ferme principale, sont disposées trois fermes secondaires et entre la tour-lanterne et la première ferme principale, une ferme secondaire reposant sur des corbeaux.

D'importantes restaurations ont marqué cette charpente au niveau des sablières, des fermes aux extrémités nord et sud, et des

entraits de F2, F8 et F22. L'état d'érosion des bois et leurs tracés d'établissage permettent d'attribuer une partie de ces travaux de restauration au XVI^e siècle, et une autre partie au XIX^e siècle. Ces travaux ont su préserver la plupart des blochets et surtout l'entrait principal de F16, le seul en place de toutes les charpentes de cette cathédrale.

Les analyses dendrochronologiques effectuées en novembre 2001 sur les charpentes du transept ont montré que l'abattage des bois du bras nord fut effectué entre 1192 et 1202, précédant de peu celui des bois du bras sud entre 1199 et 1208¹⁹. Ces datations attestent donc de la proximité des chantiers de la nef et du transept qui se caractérisent par l'emploi du style gothique d'Île-de-France.

La trame

La trame actuelle de la charpente respecte en partie celle d'origine. L'examen des marques d'assemblage montre que les fermes 2, 8 et 16 sont bien les fermes principales d'origine en place bien que les entrants de F2 et F16 aient été remplacés. Toujours d'après le marquage des assemblages, la quatrième ferme principale, F 22, était à l'origine une ferme secondaire et F23 était pourvue d'un entrait.

Cette trame était donc parfaitement adaptée aux voûtes avec des fermes principales disposées au droit des piliers du transept. Les différences de longueur entre ces trois voûtes, mesurées sur leur extradados, se trouvent en conséquence reproduites dans la charpente.

| Travées d'origine | Nombre | Longueur de fermes secondaires | Entraxe moyen des travées mesuré des fermes secondaires |
|-------------------|--------|--------------------------------|---|
| F2-F8 | 5 | 3,68 m | (perturbé) |
| F8-F16 | 7 | 5,08 m | 63 cm |
| F16-F23 | 6 | 4,32 m | 62 cm |

Tableau des espacements des fermes du bras nord du transept

Il apparaît qu'ici une seule valeur, voisine de 63 cm, a été utilisée pour l'espacement des fermes et ce malgré l'irrégularité de la trame de la charpente.

19. BERNARD et LE DIGOL 2001c.

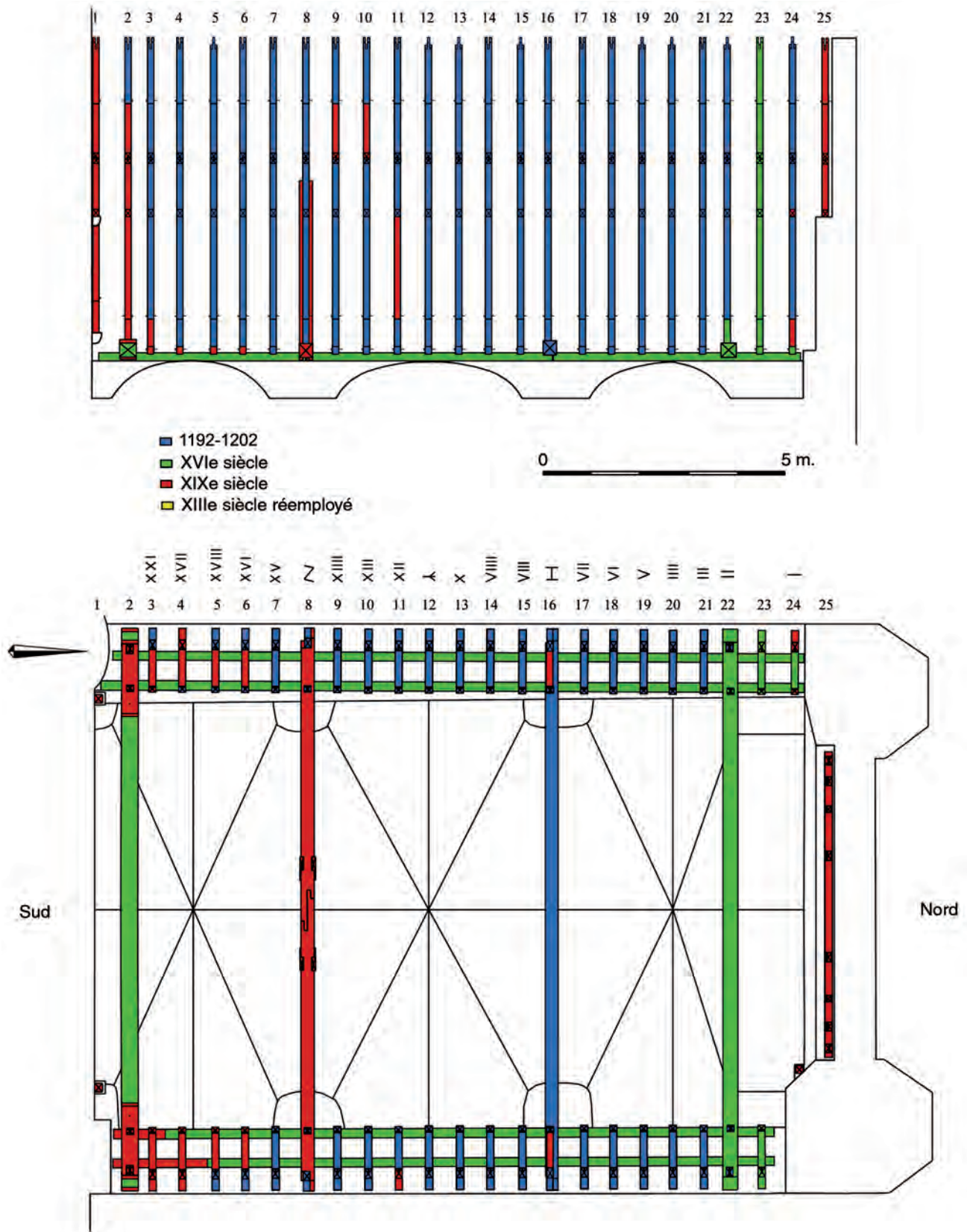


Fig. 14 : Charpente du croisillon nord (1192-1202d) : coupe longitudinale sud-nord et plan au niveau des entrails.

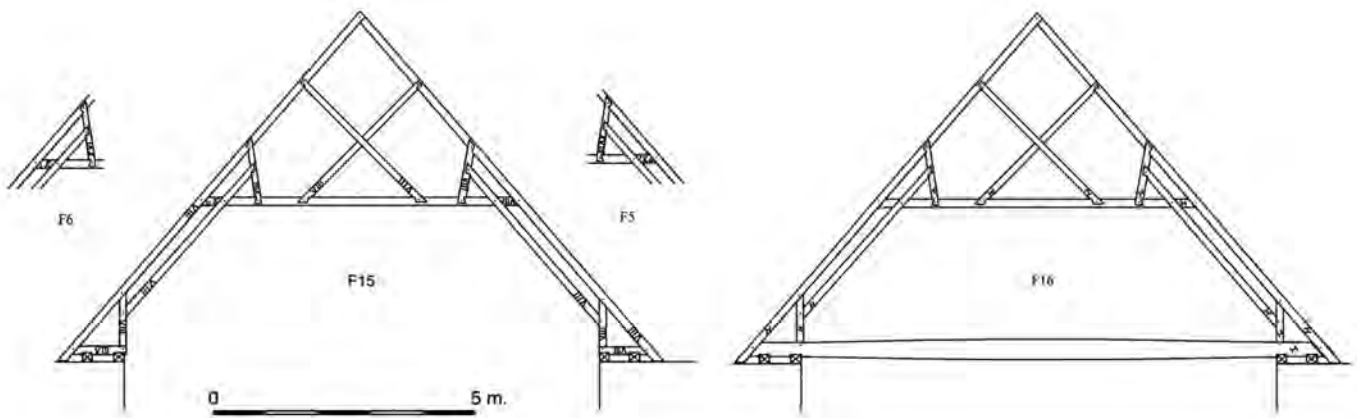


Fig. 15 : Fermes secondaire et principale du croisillon nord.



Fig. 16 : Charpente du croisillon nord (1192-1202d).

Les fermes

La composition des fermes est strictement identique à celle des fermes de la nef (fig. 15). Elles sont en effet pourvues d'un couple de chevrons raidis par un entrait retroussé, deux écharpes croisées, deux contrefiches, deux sous-chevrons et deux jambes de force. Les fermes principales se distinguent des secondaires par l'adjonction, à leur base, d'un entrait. Aucun dispositif d'étré-sillonnement longitudinal ne vient solidariser les fermes entre elles.

Bien que la composition de ces fermes soit identique à celles de la nef, leur épure est complètement différente. En effet, le bras nord du transept est plus large que la nef avec 9,08 m à la deuxième travée contre 8,45 m pour la nef dans œuvre des murs. La hauteur de ces deux charpentes étant similaire, avec un faîte de 6,75 m environ, cette différence de largeur a été compensée par un rabaissement de l'inclinaison des chevrons à 49° contre 53,2° pour la nef. En raison d'une différence de largeur entre les vaisseaux de l'édifice, la pente des bras nord et sud du transept est plus douce que celle de la nef.



Fig. 17 : Croisillon nord, pieds de fermes secondaires.

Cette différence d'inclinaison des chevrons et d'écartement de la base des fermes a donc modifié complètement le tracé d'épure de ces fermes par rapport à celui des fermes de la nef (fig. 29, p. 42). Ce nouveau tracé explique le rehaussement du niveau de l'entrait retroussé et la nouvelle position des assemblages des écharpes, des contrefiches et des jambes de force. La composition de ces fermes reste ainsi presque identique à celles de la nef, mais la disposition de leurs éléments répond à deux tracés d'épure différents.

Par ailleurs, on remarque que le mur ouest est plus épais de 32 cm que le mur est avec 1,46 m de large contre 1,14 m à l'est. Cette variation d'épaisseur des maçonneries, liée visiblement au réemploi de murs romains, a su être exploitée au mieux par le maître charpentier en adaptant la charpente à la largeur de ses murs porteurs. Les pieds de fermes sont en effet plus larges à l'ouest qu'à l'est, avec un écartement des sablières et une longueur de blochets plus importants. Il a donc su profiter de cette anomalie structurelle pour concevoir une assiette plus stable aux pieds de fermes ouest tout en conservant la symétrie d'une épure adaptée à la largeur du vaisseau.

Outre cette épure modifiée des fermes, notons quelques petites différences avec les fermes de la nef. Les pieds des sous-chevrons s'assemblent directement aux jambes de force par tenon-mortaise et non plus dans le blochet. Ces derniers sont tenonnés dans la face inférieure du chevron qui se prolonge jusqu'aux maçonneries (fig. 17 et 20). Ce prolongement du

chevron offre l'avantage, en l'absence de chéneau comme ici, de faire descendre la couverture le plus bas possible, jusqu'à déborder l'arase supérieure des murs. Il est fort probable que la même technique a été utilisée pour les fermes de la nef dont les blochets ont tous été remplacés. Remarquons aussi que, sur ces fermes, l'assemblage à mi-bois de la croisée des écharpes n'est jamais chevillé, contrairement aux fermes précédentes.

Les assemblages des autres pièces de ces fermes sont identiques à ceux des fermes de la nef avec des mi-bois à demi-queue d'aronde aux extrémités des écharpes, des contrefiches et en tête des sous-chevrons. Les autres assemblages utilisent le tenon-mortaise ou encore l'enfourchement en tête des chevrons.

Quelques assemblages anormaux ont été relevés notamment sur F10 en tête du sous-chevron est qui présente un tenon bâtard logé dans une petite entaille à mi-bois dans l'entrait retroussé ou encore le pied de l'écharpe est avec un mi-bois à demi-queue d'aronde désabouté. La forme de ces assemblages semble témoigner d'une longueur insuffisante de la pièce utilisée puisque ces assemblages apparaissent comme raccourcis, comme s'il leur manquait au moment de leur taille seulement quelques centimètres. La longueur de ces bois aurait été insuffisante pour exécuter correctement les assemblages.

Les faces des assemblages à mi-bois sont toutes sur la face sud des fermes. Cette face correspond donc à la face d'établissage de

ces fermes. Seules les fermes 1 et 2, refaites presque entièrement au XIX^e siècle, ont une face d'établissage au nord, ce qui est justifié par la présence du mur de la tour-lanterne contre laquelle la ferme 1 s'appuie et qui empêchait l'enfoncement des chevilles dans les mi-bois par leur face sud. Pour toutes les autres fermes, l'enfoncement des chevilles s'est donc opéré dans le sens sud-nord. La mise en place des fermes de cette charpente se serait donc effectuée en partant de la tour-lanterne vers le mur pignon nord. La présence de cette tour aurait été en effet mise à profit comme support à des engins de levage pour monter les premières fermes.

La plupart des chevilles d'origine sont encore en place et se reconnaissent par leur tête de section carrée. La réfection complète des sablières de cette charpente au XVI^e siècle s'est donc pratiquée en sous-œuvre, sans démontage des fermes, ce qui paraît logique en raison du surcoût que cela aurait représenté pour ce chantier de restauration.

La ferme principale F16

F16 est la seule ferme principale des charpentes de cette cathédrale à avoir conservé à sa base son entrait d'origine et donc à être complète (fig. 15-16). À l'image de toutes les autres fermes principales, celle-ci ne se distingue des fermes secondaires que par la présence d'un entrait. Ce dernier, non repris au milieu de sa portée par un poinçon, était donc susceptible de fléchir sous son propre poids. Conscient de ce risque, le maître charpentier a usé d'un subterfuge ingénieux pour compenser l'absence de triangulation. Lors de l'équarrissage de la pièce, il a conservé une surépaisseur de bois dans la partie médiane de l'entrait avec une section de 38 x 28 cm en milieu de portée contre 29 x 30 cm aux extrémités. La section rectangulaire de l'entrait, plus haute que large, ainsi que son profil bombé, garantissaient une meilleure résistance aux fibres ligneuses pour lutter contre d'éventuels cisaillements du bois ou un fléchissement de la pièce. Aucune fente n'a en effet été observée sur les flancs de l'entrait. Cette technique très astucieuse, en l'absence de triangulation et pour des portées d'entrait importantes, semble paradoxalement très risquée puisqu'elle est supposée alourdir l'entrait en milieu de portée alors que c'est justement ce surplus de fibres qui lui permet de mieux résister au cisaillement. Ce type de taille se rencontre également pour les entrails de la charpente de la grange de Saint-Lazare de Beauvais en 1220d.

Cette technique apparaît comme la dernière manifestation d'une tradition typiquement romane qui consistait à employer exclusivement dans les fermes non triangulées des entrails de section plus haute que large avec des sections de 26 x 17 cm à Neuf-Marché ou de 40 x 22 cm à Saint-Georges de Boscherville. Cette surépaisseur contribuait à empêcher le fléchissement de l'entrait, soumis à de

fortes contraintes de compression. Ce que nous voyons ici à Lisieux peut donc être considéré comme le reliquat d'une technique romane devenue désuète avec l'avènement de la triangulation et des structures tramées.

L'entrait est assemblé à chaque extrémité aux chevrons par un mi-bois chevillé qui permet à ces derniers de se prolonger jusqu'à l'arase des maçonneries, comme pour les fermes secondaires, et de faire porter la couverture au plus bas possible.

Les bois

On constate très peu de différences entre la section des bois de cette charpente et ceux de la nef. L'entrait retroussé reste toujours plus haut que large pour résister aux efforts de compression transmis par les écharpes.

| | Nef | Bras nord |
|--------------------------|------------------|------------|
| Chevron | 17 x 14 cm | 15 x 14 cm |
| Bloch | ? | 17 x 15 cm |
| Jambe de force | 15 x 14 cm | 15 x 15 cm |
| Sous-chevron | 16 x 14 cm | 14 x 15 cm |
| Entrait retroussé | 17 x 14 cm | 17 x 14 cm |
| Écharpe | 15 x 14 cm | 15 x 14 cm |
| Contrefiche | 16 x 13 cm | 14 x 14 cm |
| | Bras nord | |
| Entrait | 29-38 x 28-30 cm | |

*Tableau des sections des bois**

* Le premier chiffre correspond à la face nord ou sud, le second à la largeur de la pièce.

Tous les bois sont de brin équarris à la hache, conservant beaucoup d'aubier aux arêtes. Leur taille demeure approximativement rectiligne. Aucune trace de lignage des assemblages n'a été relevée. Seules des traces de piquage au traceret au droit des assemblages ont pu être observées. Notons là aussi une très grande homogénéité des sections relevées sur les différents types de pièces de cette charpente.

Le marquage des bois

Inscrites sur la face d'établissage des fermes (face sud), les marques d'assemblages semblent répondre à un système cohérent du point de vue des emplacements, avec une numérotation relativement homogène (fig. 15 et 18).

| Ferme | Marque | Entrait retroussé | | | | Chevron ouest | | Chevron est | |
|-------|--------|-------------------|---|---|---|---------------|---|-------------|---|
| | | a | b | c | d | a | b | a | b |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | XXI | | | X | | X | | / | |
| 4 | XVII | | | X | | / | | / | |
| 5 | XVIII | | | | | X | | X | |
| 6 | XVI | X | | | | X | | X | |
| 7 | XV | | | | X | X | | X | |
| 8 | N | | | | X | X | | X | |
| 9 | XIII | | | | X | X | | X | X |
| 10 | XIII | X | | | X | X | X | X | X |
| 11 | XII | X | | | X | X | X | X | |
| 12 | ▲ | | X | X | | X | X | X | X |
| 13 | X | | X | X | | X | X | X | X |
| 14 | VIII | | | | X | X | | X | |
| 15 | VIII | X | | | X | | X | X | |
| 16 | H | X | | | X | X | | X | |
| 17 | VII | | | | X | | | X | |
| 18 | VI | X | | | X | X | X | X | |
| 19 | V | X | | | X | X | X | X | X |
| 20 | III | X | | | | X | X | X | |
| 21 | III | | X | | X | X | X | X | X |
| 22 | II | X | | | X | | X | | X |
| 23 | | | | | | | | | |
| 24 | I | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | |

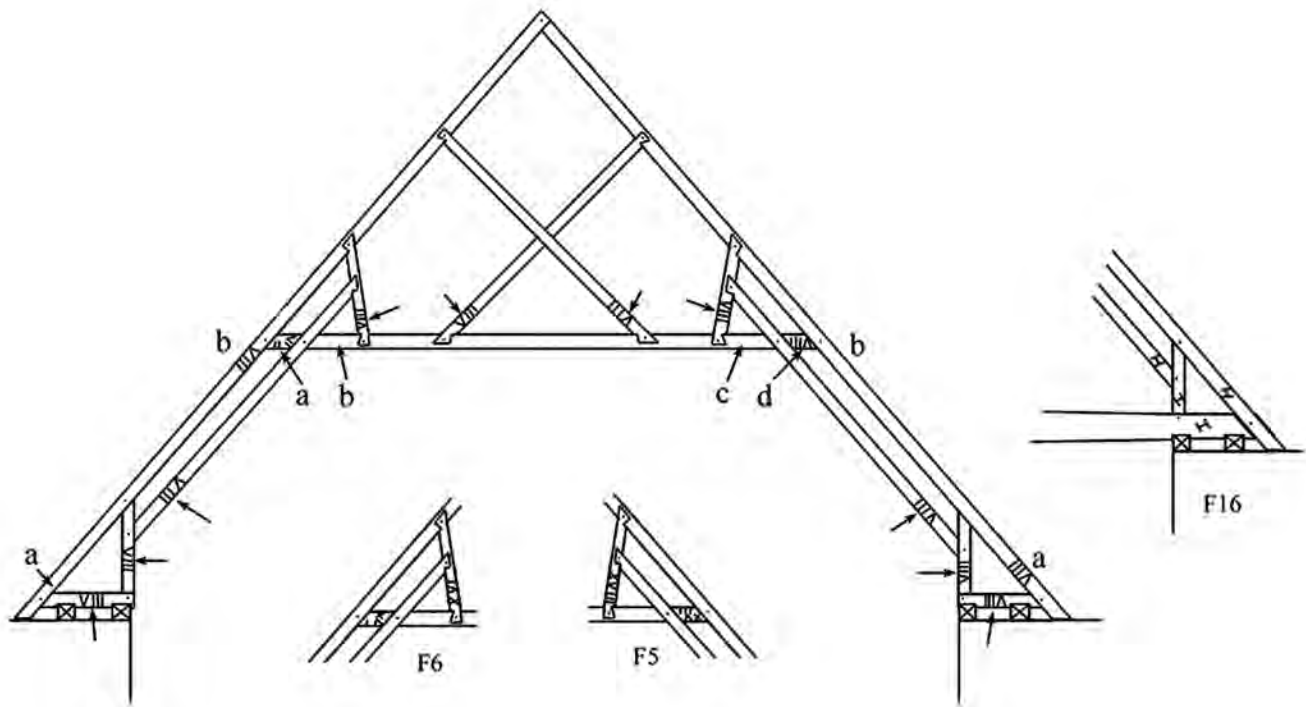


Fig. 18 : Tableau des marques d'assemblage des fermes du croisillon nord avec schéma de localisation.

La numérotation des fermes au sein du plan de la charpente se présente sous la forme d'une suite continue de chiffres romains évoluant du nord vers le sud de I jusqu'à XXI avec une petite perturbation en fin de série dans les fermes 3 à 5. Seules les fermes secondaires sont marquées avec des chiffres romains et leur numérotation est continue, ne tenant pas compte de la présence des fermes principales qui sont marquées avec des signes particuliers. Ce système utilise deux numérotations indépendantes : l'une continue et respectant en grande partie la gradation des chiffres romains pour les fermes secondaires ; l'autre, sans aucune gradation, pour les fermes principales.

Ce système de marquage permet de reconnaître en F23 l'ancienne ferme principale, entièrement refaite au XVI^e siècle, et le travestissement de l'ancienne ferme secondaire F22 en ferme principale. La perturbation de la numérotation en chiffres romains sur F3-4-5 semble cependant être difficilement attribuable à une restauration ou à un quelconque déplacement tardif de ces fermes. En effet, la ferme 3 ne peut prendre place contre la tour-lanterne en raison de la présence de massifs de maçonneries au niveau des pieds de fermes, et rien ne justifie, au cours d'une restauration, la permutation des fermes 4 et 5. Les fermes principales d'origine correspondent donc aux fermes 2, 8, 16 et 23.

L'écriture de ces chiffres romains ne fait intervenir aucune forme d'abréviation ; ni jonction du X et du V, ni association du V, du X et d'un I. Notons cependant la marque de F12 en forme de patte-d'oie (censée représenter le 11) qui appartient au registre des marques particulières des fermes principales. Il s'agit pourtant d'une marque de ferme secondaire puisque les blochets de cette ferme sont bien conservés et que la numérotation en chiffres romains ne « saute » pas F12, mais prend correctement en compte la valeur numérale 11 de cette marque. Rien ne permet d'expliquer l'usage de ce signe au sein de la numérotation en chiffres romains des fermes secondaires si ce n'est, avec beaucoup de réserve, son emplacement au milieu de la charpente, à l'aplomb même de l'axe transversal des voûtes.

Toutes ces marques ont été inscrites « par la même main », selon une unique méthode qui consiste à creuser une profonde entaille pour chaque trait d'un chiffre à l'aide de la pointe d'un ciseau à bois. Le profil triangulaire du fond de ces entailles résulte de deux incisions profondes faites avec un ciseau maintenu en position inclinée.

L'emplacement de ces marques au sein des fermes répond en majeure partie au même principe de marquage, quelles que soient les fermes. Elles se rencontrent systématiquement sur la face sud des éléments de fermes, en pied de pièces. Toutes les écharpes, les chevrons, les sous-chevrons, les contrefiches et les jambes de force sont marqués sur leur extrémité inférieure ou, plus généralement, dans leur partie inférieure. Cette nuance est importante puisqu'il n'y a pas de report de la marque au droit de l'assemblage de bout sur l'autre pièce sauf pour quelques assemblages d'about des



Fig. 19 : Marque du blochet recoupée par l'entaille de la sablière.

entraits retroussés sur quelques fermes (F9, 10, 11, 13, 15, 18-22). Aucun autre assemblage n'est marqué avec un report de la marque sur les deux pièces, à leur jonction même. Elles sont pour la plupart inscrites relativement loin de l'assemblage d'about, voire au tiers inférieur de la pièce.

Les jambes de force et les blochets sont quant à eux marqués en milieu de pièce. Il apparaît donc que ce marquage est davantage constitué de marques de pièces que de marques d'assemblages, limitées à quelques abouts d'entraits retroussés. Ces marques étaient destinées uniquement à l'identification des éléments de fermes et non à celui de leurs assemblages, cette double fonction étant assurée par les assemblages d'about des entraits retroussés.

L'écriture de ces chiffres romains ne semble pas respecter un sens déterminé, c'est-à-dire que le sens de lecture soit orienté plus dans une direction que dans une autre (par exemple vers le haut ou vers le bas pour les écharpes). Le manque de place sur le bois aux abouts des entraits retroussés, entre l'assemblage du chevron et celui du sous-chevron, a parfois obligé le charpentier à décomposer les chiffres romains en superposant certains chiffres à d'autres. Ce type de contrainte reste bien sûr lié à l'outil de marquage qui, ici, nécessite un minimum de place pour tracer des chiffres romains.

Le blochet est de la ferme 14 présente une marque (VIII) qui se trouve recoupée par l'entaille destinée à l'assemblage de la sablière externe (fig. 19). Cet assemblage en forme de trave en queue d'aronde a été réemployé au XVI^e siècle pour la mise en place d'une nouvelle sablière. Il n'apparaît en effet aucune trace de retaille de cet assemblage comme sur les autres traves des blochets d'origine. Par ailleurs, il est difficilement concevable que ces entailles en queue d'aronde aient pu être taillées en sous-œuvre, ce qui tend à confirmer que ces assemblages sont bien ceux d'origine. Cette marque a donc été inscrite avant la taille de ces

assemblages, dès l'origine. La réalisation de ces sablières s'est faite, dans le mode opératoire, après le marquage et la mise dedans des éléments des fermes.

La charpente du bras sud du transept

L'expertise dendrochronologique réalisée sur les charpentes du transept a permis de déterminer que l'abattage des bois du bras sud s'est effectué entre 1199 et 1208 peu après celui des bois du bras nord et que ces deux chantiers se sont donc succédé rapidement²⁰.

Effectivement, sur le plan structurel, cette charpente est presque identique à celle du bras nord du transept. Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes composée de 26 fermes indépendantes disposées selon une structure tramée (fig. 21). La disposition des fermes principales résulte d'un remaniement des entrails intervenu au début du XVI^e siècle et ne correspond pas à celle d'origine. Les fermes principales primitives se situaient au droit de la retombée des voûtes comme dans les charpentes précédentes. Ces remaniements ont non seulement interverti la position des entrails mais également transformé la charpente à ses deux extrémités. Au sud, les fermes 1 à 6 ont été entièrement refaites, de même au nord avec les fermes 24 à 26 et toutes les sablières ont été remplacées. Ces travaux de charpenterie appartiennent à la campagne de restauration du mur sud, qui a vu la construction, dans les années 1503-1506, de deux puissants contreforts surmontés d'une arcade et d'une galerie, ainsi que la reprise de la voûte sud²¹.

Entre les années 1840 et 1842, des tirants métalliques sont encore venus renforcer ces maçonneries au sud et sur les murs gouttereaux. Enfin vers la fin du XIX^e siècle, les travaux de consolidation de la tour-lanterne ont perturbé les fermes contiguës à son mur sud²².

La partie de charpente d'origine restée intacte, bien que retravaillée en sous-œuvre pour le remplacement des sablières, se trouve donc cantonnée aux fermes 7 à 23. La portée d'entrait, dans œuvre des murs, est de 9,20 m exactement, soit 10 cm de plus que dans le bras nord, pour une hauteur de comble quasi identique (6,75 m). La pente des versants de toiture est par conséquent similaire à celle du bras nord avec 49,3° contre 49°. On relèvera toutefois une épaisseur de maçonnerie équivalente entre le mur gouttereau ouest, qui comprend, comme dans le croisillon nord, un étage roman rappareillé, et le mur est du premier âge gothique.



Fig. 20 : Chevron du croisillon sud se prolongeant au-delà du blochet.

La trame

Les fermes principales d'origine se situaient au droit de l'actuelle ferme 2 ou 3, de F11, de F19 et de F25. Si les pieds de la ferme 11, noyés dans une maçonnerie du XVI^e siècle, dissimulent toutes traces d'un éventuel assemblage avec un entrait, F19 présente en l'occurrence des traces nettes d'un assemblage à mi-bois en pied des chevrons pour un entrait comme en pied de F16 de la charpente du bras nord du transept, et ce malgré la reprise de cet assemblage pour l'entrait actuel, datant du XVI^e siècle. L'un de ces entrails d'origine, de forme bombée comme celui conservé dans le bras nord, a été néanmoins réemployé comme entrait en pied de la ferme secondaire 13. La mortaise destinée au tenon de ses blochets primitifs s'observe encore parfaitement en pied des chevrons.

Cette charpente présentait donc trois travées de 5 à 7 fermes secondaires qui enjambaient chacune des trois voûtes de ce croisillon.

20. BERNARD et LE DIGOL 2001c.

21. VASSEUR 1881, p. 36-37.

22. ERLANDE-BRANDENBURG 1978, p. 170-172.

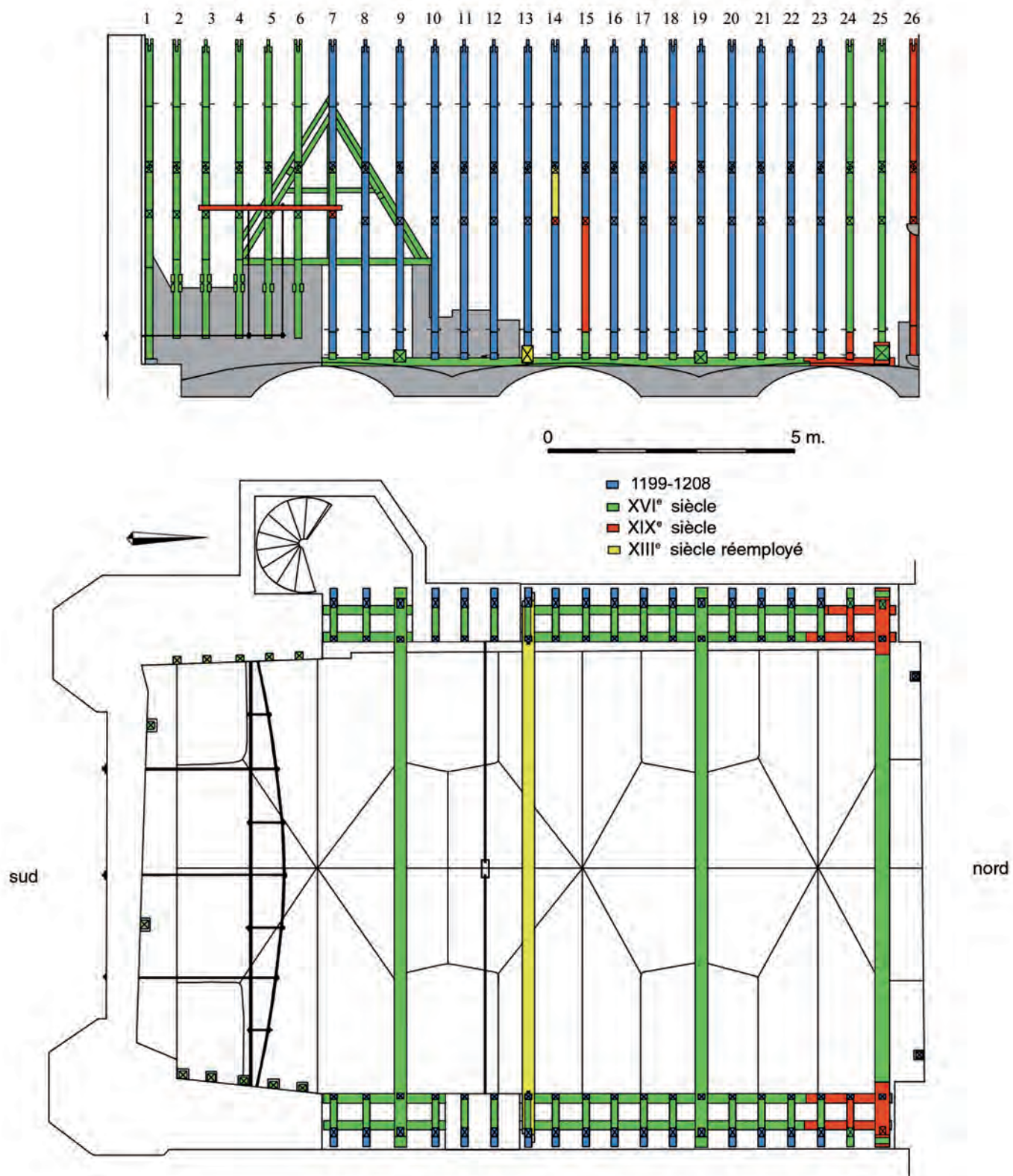


Fig. 21 : Charpente du croisillon sud (1199-1208d) : coupe longitudinale sud-nord et plan au niveau des entrails.

| Travées d'origine | Nombre de fermes secondaires | Longueur des travées | Entraxe moyen des fermes secondaires |
|-------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| ? -F11 | ? | ? | 65,5 cm |
| F11-F19 | 7 | 4,83 m | 60,4 cm |
| F19-F25 | 5 | 3,66 m | 61 cm |

Tableau des espacements des fermes du bras sud du transept

Les travées de cette charpente sont de longueurs inégales, à l'image des voûtes qu'elles surmontent avec une voûte médiane plus longue que celle contiguë à la tour-lanterne. La voûte sud est une construction du XVI^e siècle²³. L'espacement entre les fermes secondaires est d'une régularité approximative selon les travées, de l'ordre de 44 cm pour les travées F11-F19 et F19-F25, et de 51 cm pour la travée sud.

En considérant comme valeur de base le pied médiéval dans le calcul des longueurs de travées, on obtient 30,2 cm pour la travée médiane (483 / 16) et 30,5 cm pour la travée nord (366 / 12). Il est donc probable que ces valeurs ont été utilisées pour déterminer le plan de cette charpente dans l'entraxe des fermes et la longueur des travées.

Les fermes

Les fermes principales et secondaires ont été exécutées, à quelques centimètres près, à partir de l'épure des fermes du croisillon nord (fig. 22). La structure interne de ces fermes, la position et l'inclinaison des éléments, la hauteur de l'entrait retroussé, les assemblages et la section des bois sont identiques à celles des fermes du bras nord. On remarque l'absence de chevillage de la croisée des écharpes, contrairement aux fermes de la nef.

L'entrait réemployé en F13 est, également, similaire à celui du bras nord, avec un profil bombé, plus haut que large à mi-longueur et de section carrée aux extrémités. Il a toutefois été grossièrement entaillé en sous-face lors de son déplacement de façon à pouvoir être placé au-dessus de la voûte médiane. On observe encore aux abouts de l'entrait les traces du mi-bois destiné à l'assemblage du pied de ses chevrons d'origine. En sous-face, on remarque les entailles vides d'une trave simple destinée à un double cours de sablières qui filaient sur les murs gouttereaux. Notons aussi, sur la face supérieure de cet entrait, deux mortaises peu profondes (3 cm), chacune placée respectivement à 1,53 m et à 1,85 m des jambes de force et destinées à la pose d'un engin de levage.

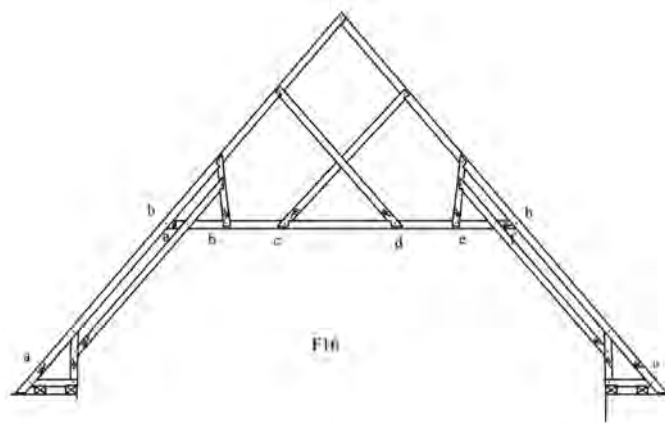


Fig. 22 : Ferme du croisillon sud avec localisation des marques d'assemblage.

Bien que la différence de portée d'entrait ne soit que de 10 cm environ entre le bras sud et le bras nord du transept, la structure de leurs fermes est quasiment identique. Cette ressemblance s'explique par l'exécution rapprochée de ces deux charpentes, vraisemblablement par les mêmes équipes de charpentiers.

La face d'assemblage des mi-bois de ces fermes est orientée vers le nord avec un sens d'enfoncement de leur cheville nord-sud à l'exception toutefois des fermes 1 à 6, datées du XVI^e siècle, qui ont une face d'établissage à l'opposé. Les fermes d'origine 7 à 23 ont donc été mises en place en partant de la tour-lanterne vers le mur pignon sud, en exploitant là encore la hauteur de la tour pour asseoir des engins de levage et procéder au montage des premières fermes. Leurs chevilles à tête carrée, visiblement d'origine, semblent attester une mise en place contemporaine de l'exécution de ces fermes.

Comme certains bois de la charpente du bras nord, on rencontre ici quelques assemblages en pied d'écharpes (F10, F11, F22) dont le mi-bois est désaboté voire en forme de tenon bâtard, signe du réajustement d'un bois trop court.

Les bois

Comme précédemment, l'observation faite sur les bois du bras nord prévaut également pour ceux de cette charpente puisque leurs sections sont voisines. Il est donc possible d'envisager un approvisionnement commun en bois d'œuvre pour les deux charpentes du transept, résultant d'une unique commande. Les nombreuses traces de coups de hache, visibles sur la surface des bois de brin, témoignent d'un équarrissage effectué à la doloire.

23. VASSEUR 1881, p. 59.

| | Bras sud | Bras nord | Nef |
|-------------------|---------------|------------------|------------|
| Chevron | 15 x 14 cm | 15 x 14 cm | 17 x 14 cm |
| Bloch | 15 x 15 cm | 17 x 15 cm | ? |
| Jambe de force | 15 x 15 cm | 15 x 15 cm | 15 x 14 cm |
| Sous-chevron | 14 x 16 cm | 14 x 15 cm | 16 x 14 cm |
| Entrait retroussé | 17 x 15 cm | 17 x 14 cm | 17 x 14 cm |
| Écharpe | 14 x 14 cm | 15 x 14 cm | 15 x 14 cm |
| Contrefiche | 14 x 14 cm | 14 x 14 cm | 16 x 13 cm |
| Entrait | 25-36 x 26 cm | 29-38 x 28-30 cm | |

*Tableau des sections des bois**

* Le premier chiffre correspond à la face nord ou sud, le second à la largeur de la pièce.

Les nombreuses traces de traceret au droit des mi-bois confirment l'emploi de cet outil pour le piquage des assemblages.

Les sous-chevrons est de la ferme 14 et ouest de la ferme 15 ainsi que son entrait retroussé conservent sur leur face inférieure les traces d'un lignage réalisé au graphite (fig. 23). Celui-ci se présente sous la forme d'un trait axial, d'un bout à l'autre de la pièce, passant par le fond des entailles des assemblages à mi-bois et dans l'axe des tenons des abouts. Il n'a pas été remarqué d'autres traits de lignage sur ces bois, ceux-ci ayant été vraisemblablement effacés.

Le marquage des bois (fig. 24)

Les marques d'assemblages de cette charpente appartiennent au registre des signes particuliers et non à celui des chiffres romains. Ces signes, à l'exception de ceux de F7 et F8, n'ont aucune valeur numérale et ne servent donc pas à localiser une ferme par rapport à une autre ou par rapport à un plan prédéterminé de la charpente. Chaque ferme est interchangeable si l'on ne se fie qu'à sa marque. Ce principe d'identification est toutefois nuancé ici par les différents outils utilisés pour leur inscription et aussi par leur localisation sur les pièces au sein des fermes.

Toutes ces marques sont distinctes les unes des autres et ne permettent pas d'identifier les fermes principales par rapport aux fermes secondaires. Les bâtonnets de F7 et F8, signifiant respectivement 3 et 5, ne semblent pas non plus répondre à une numérotation ordonnée puisque les chevilles d'origine de ces fermes sont bien en place et que ces dernières n'ont pu être entièrement déplacées.

Au regard des outils de marquage, il s'avère qu'au moins trois techniques ont été utilisées. Pour les fermes 7 à 10, les marques ont été gravées à l'aide de coups de ciseau à bois, dont l'entaille profonde et triangulaire laissée dans le bois est bien caractéristique. Les deux fermes 11 et 19 présentent des marques inscrites à l'aide



Fig. 23 : Trait noir de lignage au graphite.

de la pointe d'un ciseau sous la forme de fines griffures, parfois difficiles à voir. Enfin, les marques des fermes 12 à 23, sauf F19, ont été gravées à l'aide d'une grosse rainette qui laisse un fond d'entaille au profil circulaire.

L'usage de ces différents outils répond à une répartition des marques au sein des fermes qui leur est spécifique. Inscrites sur la face d'établissement des fermes, face sud, les marques se rencontrent de façon systématique en pied des écharpes, des contrefiches, des chevrons, des sous-chevrons et des jambas de force, et de façon très variable, selon les outils de gravure, le long de l'entrait retroussé et au droit de ses assemblages sur les chevrons. En effet, pour les fermes dont les marques sont gravées au coup de ciseau, l'assemblage des pieds des contrefiches et des écharpes est marqué tandis que pour celles marquées à la rainette, seuls les assemblages d'about de l'entrait sont marqués. De même, le marquage des chevrons au droit de l'assemblage de l'entrait retroussé est plus systématique pour les fermes marquées au ciseau.

| Ferme | Marque | Outil | Entrait retroussé | | | | | | Chevron ouest | | Chevron est | |
|-------|--------|-----------------|-------------------|---|---|---|---|---|---------------|---|-------------|---|
| | | | a | b | c | d | e | f | a | b | a | b |
| 7 | /// | Ciseau | | | | | | | | | | |
| 8 | //// | Ciseau | | | | | | | | | | |
| 9 | ⌘ | Ciseau | | | | | | | | | | |
| 10 | ⌘ | Ciseau | | | | | | | | | | |
| 11 | H | Griffure ciseau | | | | | | | | ? | | ? |
| 12 | P | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 13 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 14 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 15 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 16 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 17 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 18 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 19 | ←← | Griffure ciseau | | | | | | | | | | |
| 20 | C | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 21 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | ? | | |
| 22 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | | | |
| 23 | ∩ | Grosse rainette | | | | | | | | ? | | |

Noir : bois remplacé ? : bois gratté

Fig. 24 : Tableau des marques d'assemblage des fermes du croisillon sud.

Les emplacements de ces marques dépendent donc de l'outil avec lequel elles ont été gravées.

En outre, seules les fermes F11 et F19 présentent des marques sous formes de griffures, inscrites à la pointe d'un ciseau à bois avec une localisation très spécifique des marques sur l'entrait retroussé de F19. Ces fermes correspondent aux deux fermes principales conservées de cette charpente mais il reste difficile d'établir un lien direct entre cette spécificité du marquage et l'identification de ces fermes.

En effet, en considérant l'ensemble du marquage, les différences de localisation des marques entre les fermes ne paraissent pas suffisamment « visuelles » pour avoir réellement servi à l'identification de trois lots de fermes. Si le but affiché était de distinguer ces fermes selon l'emplacement des marques, celui-ci aurait concerné plus de pièces ou plus d'assemblages et pas seulement l'entrait retroussé. Concernant l'emploi de l'outil comme mode de distinction, cela semble relativement efficace quoique discret si l'on tient compte des proportions de la ferme.

Cette distinction entre ces trois lots de fermes (F7-F10, F12-F23 et F11/F19) par l'emplacement des marques et l'emploi d'un outil de gravure distinct peut être considérée comme le produit de pratiques propres à différentes équipes de charpentiers ayant exécuté chacun de ces lots. Les fermes principales auraient été exécutées distinctement des fermes secondaires et celles-ci en deux lots, le premier destiné à la première travée, le second à la deuxième et troisième travée avec, pour chacun de ces lots, un groupe de travail qui leur était propre. L'utilisation d'un même registre de marques pour ces trois lots de fermes semble confirmer qu'il ne s'agissait pas nécessairement de rendre apparent le travail de ces équipes, mais que ces distinctions de

marquage trahissent les habitudes et les méthodes de tel ou tel groupe de charpentiers.

Relevons enfin, sur la face externe de certaines jambes de force, des marques à bâtonnets destinées à la reprise en sous-œuvre des blochets au XVI^e siècle.

La charpente du chœur

L'expertise dendrochronologique réalisée en 2001 par le laboratoire de Rennes sur la charpente du chevet propose un abattage des bois des chapelles rayonnantes du déambulatoire entre 1196 et 1206 et ceux de la charpente du vaisseau principal entre 1200 et 1206²⁴. Ce chantier est donc contemporain de celui du bras sud du transept, achevé entre 1199 et 1208, malgré les différences de style et la rupture d'appareillage observée au départ du chœur.

Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes de 35 fermes indépendantes, non étrésoignées longitudinalement, terminée par une croupe semi-circulaire. Elle couvre les quatre travées droites du chœur ainsi que l'abside. Sa longueur totale, de la tour-lanterne jusqu'à l'extrémité de cette croupe est de 28,62 m pour une largeur de 11,34 m hors œuvre des murs. La portée d'entrée varie légèrement de 9,58 m au départ de la croupe à 9,62 m au pied de la tour-lanterne. La pente est de 48,6° pour une longueur de versant de 8,70 m.

Les voûtes de l'abside et de la dernière travée orientale du chœur ont été reconstruites au XV^e ou au XVI^e siècle d'après leur clé

24. BERNARD et LE DIGOL 2001c.



Fig. 25 : Charpente du chœur (1200-1206d).

en sautoir, ce qui explique les différences de hauteur d'extrados des voûtes entre la partie orientale et occidentale du comble. Entre la première et la deuxième voûte, à l'ouest, sur les murs gouttereaux, on distingue nettement la reprise de maçonneries entre les deux chantiers de construction du chœur. On restera donc vigilant vis-à-vis des éventuelles perturbations de la charpente à ce niveau.

Au regard de l'équarrissage des bois, de leur section et de leurs traces d'établissage, de nombreuses reprises sont visibles en divers endroits. Les fermes 1 et 2 ont été mises en place lors des travaux de restauration de la tour-lanterne vers la fin du XIX^e siècle²⁵. Vraisemblablement au XVI^e siècle, lors des travaux de reconstruction des dernières voûtes du chœur, toute la charpente a été reprise en sous-œuvre pour remplacer les sablières, les blochets et les jambes de force. Tous les entrails ont été remplacés par d'autres, placés soit en pied de ferme (F2, F23 et F35), soit entre deux fermes. Leur position ne correspond donc pas à celle des entrails primitifs. La présence des chevilles d'origine de ces fermes confirme le fait que ces fermes n'ont pas été déplacées au cours de ces travaux. Lors de ce chantier, la croupe a été entièrement refaite en réemployant toutefois les anciens chevrons.

La trame (fig. 25-26)

Si les entrails, blochets, jambes de force et sablières d'origine ont été remplacés au XVI^e siècle, quelques indices subsistent néanmoins pour retrouver la position des fermes principales de cette charpente. Le pied des chevrons des fermes 9, 18 et 26 conservent encore l'entaille à mi-bois qui servait à l'assemblage d'un entrail comme pour les fermes principales des deux bras du transept. Au droit de ces fermes, notamment dans la partie occidentale du comble, on remarque dans les maçonneries du sommet de l'extrados des deux voûtes d'origine le négatif d'un entrail prouvant que celui-ci était en contact avec la voûte. Cette empreinte se rencontre au droit des fermes 9 et 18. Les autres voûtes, reconstruites au XVI^e siècle selon un profil différent, ne présentent pas ce négatif. Enfin, selon le marquage des assemblages et la distinction, par les marques, des fermes principales des fermes secondaires, on peut identifier avec certitude F9, F18 et F26 comme les fermes principales d'origine.

Ainsi, cette charpente comprenait cinq fermes principales, F9, F18 et F26 dans sa partie médiane et, contre la tour-lanterne (F2) et au départ de la croupe (F35), deux autres qui ont été

25. ERLANDE-BRANDENBURG 1978, p. 170-172.

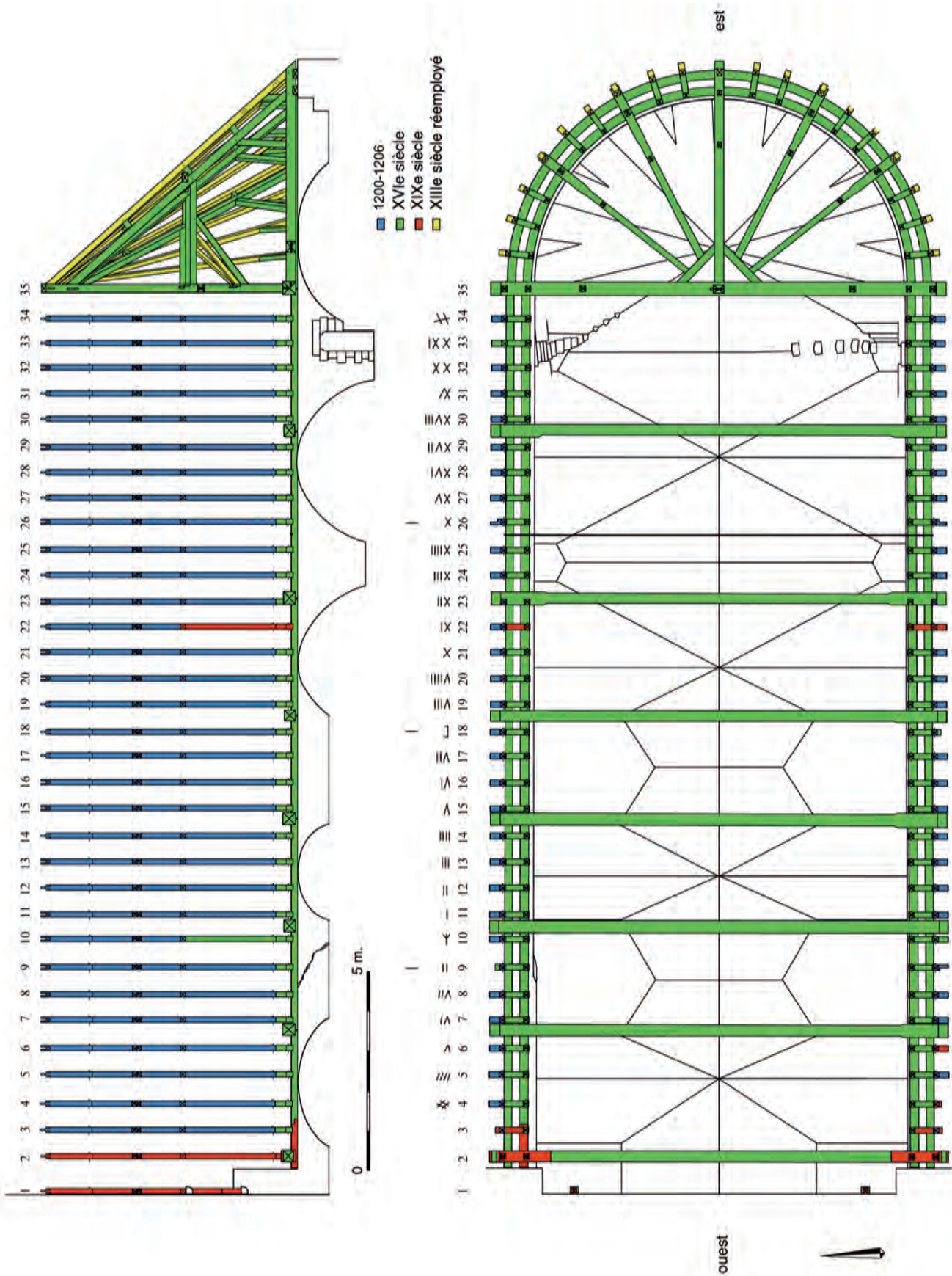


Fig. 26 : Charpente du chœur (1200-1206d) : coupe longitudinale ouest-est et plan au niveau des entrails.

entièrement refaites. Ces fermes principales, placées approximativement au droit de la retombée des voûtes, délimitaient quatre travées de longueur inégales, de 6 à 8 fermes secondaires.

| Travées d'origine | Nombre de fermes secondaires | Longueur des travées | Entraxe moyen des fermes secondaires | Écart arithmétique moyen |
|-------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| F2-F9 | 6 | 4,79 m | 68,5 cm | 2,16 cm |
| F9-F18 | 8 | 5,93 m | 65,9 cm | 2,34 cm |
| F18-F26 | 7 | 5,31 m | 66,4 cm | 2,87 cm |
| F26-F35 | 8 | 5,89 m | 65,4 cm | 2,66 cm |

Tableau des espacements des fermes du chœur

L'entraxe de ces fermes est très irrégulier et varie entre 63 cm et 71 cm avec une moyenne de 66,5 cm. Les écarts aux entraxes moyens par travée sont compris entre 2,1 et 2,9 cm en moyenne, ce qui révèle l'absence de valeur étalon pour le positionnement des fermes, que ce soit dans une travée ou bien en règle générale dans cette charpente. L'entraxe était approximativement estimé à deux pieds, et variait entre 31,5 et 35,5 cm.

Les fermes

Outre la présence d'un entrain à la base des fermes principales, rien ne permet de distinguer ces dernières des fermes secondaires. Leurs structures et la section de leurs bois sont identiques (fig. 27-28). Aucun dispositif d'étrésillonnement ni de contreventement longitudinal ne vient raidir la charpente ni même la croupe. Seules des petites entretoises placées à différentes hauteurs entre chaque ferme, destinées à soutenir des petits chevrons intermédiaires, assurent indirectement cette fonction, avec le lattis de la couverture de tuiles.

La structure de ces fermes est là encore à rapprocher de celle des fermes des croisillons du transept. Elles sont hautes toutes deux de 6,75 m des murs gouttereaux jusqu'au faite. Leur couple de chevrons est raidi par un entrain retroussé, une croisée d'écharpes, des couples de contrefiches, de sous-chevrons et de jambes de force. Leurs assemblages sont similaires avec des mi-bois à demi-queue d'aronde aux abouts des écharpes, des contrefiches et en tête des sous-chevrons qui s'assemblent, quant à eux, en pied dans les jambes de force par tenon-mortaise. Les autres assemblages des éléments de fermes sont le tenon-mortaise et l'enfourchement pour la tête des chevrons. Enfin, la croisée des écharpes n'est pas chevillée, comme dans les charpentes du transept et contrairement à celle de la nef.



Fig. 27 : Fermes du chœur.

La face d'établissage de ces fermes est orientée vers l'est avec un sens d'enfoncement des chevilles est-ouest. Selon ce chevillage, les fermes de cette charpente ont été mises en place de l'est vers l'ouest, en partant de la croupe et en progressant vers la tour-lanterne. Ce sens de mise en place peut éventuellement s'expliquer par la présence, à la naissance de l'abside, des deux seuls accès au comble par des tourelles d'escaliers, appelées « fillettes » qui, pour une charpente d'une telle longueur, devaient représenter un avantage indéniable pour la circulation des charpentiers au début de ce chantier.

Une anomalie retient toutefois notre attention. La ferme principale 26 a sa face d'établissage orientée vers l'ouest, contrairement à toutes les autres fermes, et le chevillage de ses assemblages reste orienté dans le sens est-ouest à l'exception de quelques assemblages dans sa partie sud, chevillés dans le sens inverse. Cette anomalie pourrait éventuellement s'expliquer par une erreur d'orientation de l'entrain lors de son levage, ce qui

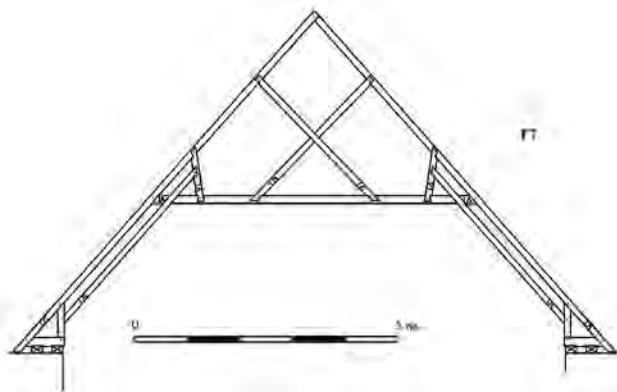


Fig. 28 : Ferme secondaire du chœur.

aurait déterminé toute l'orientation des éléments de cette ferme, contraire à celle initialement prévue. Il est concevable en effet qu'une pièce de cette dimension, une fois posée, soit très difficile à réorienter en raison des contraintes de manutention liée à cette hauteur, au sommet des murs gouttereaux. Le chevillage de ses éléments se serait donc fait dans le sens normal de mise en place des fermes, en prenant appui sur les fermes déjà montées et en enfonçant les chevilles vers l'ouest, d'où un sens d'enfoncement contraire au sens de mise en place des assemblages à mi-bois.

L'épure de ces fermes est calquée approximativement sur celle des fermes des deux croisillons du transept avec comme différence majeure une portée d'entrait de 40 cm de plus, ce qui explique la réduction de l'inclinaison des versants à 48,6° par rapport aux charpentes du transept (fig. 29).

| | Hauteur | Portée d'entrait | Pente |
|-----------------|---------|------------------|-------|
| Nef | 6,75 m | 8,45 m | 53,2° |
| Croisillon nord | 6,75 m | 9,08 m | 49° |
| Croisillon sud | 6,75 m | 9,20 m | 49,3° |
| Chœur | 6,75 m | 9,60 m | 48,6° |

Tableau de comparaison

Ces différences sur le plan de l'épure n'ont pas modifié la hauteur de l'entrait retroussé ni la position des écharpes, contrairement aux contre-fiches qui ont été décalées de façon à conserver une même longueur de sous-chevrons que précédemment. Il est donc probable que l'épure des fermes du transept a servi également à la conception des fermes du chœur avec toutefois une légère modification de son plan pour l'adapter à la plus grande ouverture des chevrons. Cette hypothèse rejoint l'observation faite au niveau de l'absence de chevillage de la croisée des écharpes, commune à ces trois charpentes.

Quelques assemblages particuliers ont été remarqués comme les mi-bois à demi-queue d'aronde désabotée en pied d'écharpe en F9, F18 et en tête du sous-chevron nord en F20. Notons

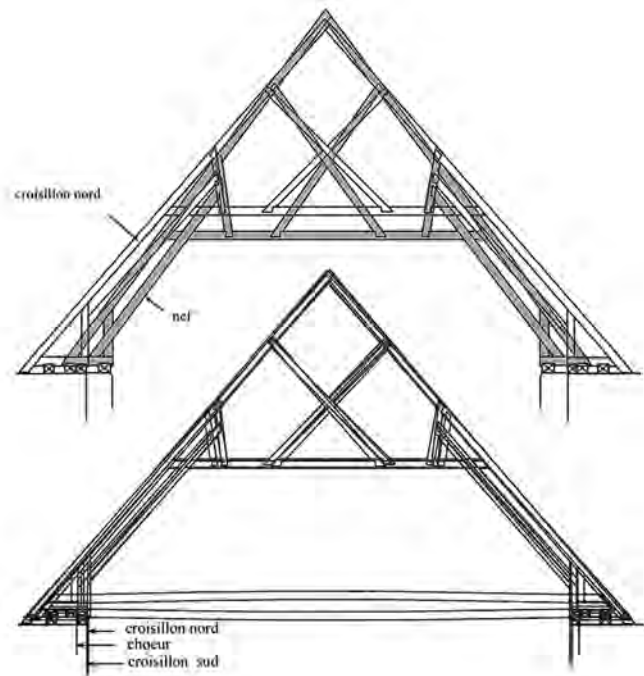


Fig. 29 : Superposition des fermes de la nef, du chœur et des deux bras du transept.

aussi, en F5, le sous-chevron nord composé de deux pièces simplement mises bout à bout dans l'entaille à mi-bois de l'entrait retroussé et chacune chevillée dans cet assemblage.

Il est à remarquer également sur les entrails retroussés des fermes 15 à 34 le double chevillage systématique des tenons-mortaises des abouts ainsi que l'absence de chevillage pour les mi-bois destinés aux sous-chevrons. Pour les fermes 3 à 14, le chevillage de ces assemblages est normal et ne présente qu'une seule cheville par assemblage.

Au droit de la jonction des deux chantiers de construction, entre la partie occidentale du premier style gothique d'Ile de France et la partie orientale de style gothique normand, aucun dispositif de cloisonnement du comble n'a été relevé sur les fermes de la charpente. De même, aucune différence structurelle n'a été remarquée entre les charpentes de ces deux parties du comble. On peut donc supposer que ces deux chantiers se sont succédé rapidement dans le temps ou bien que la couverture provisoire de la première travée ouest a été entièrement remplacée lors de la pose de cette charpente.

La croupe

La croupe d'origine qui couvrait l'abside du chœur a été démontée et refaite selon une nouvelle disposition au XVI^e siècle. Seuls les chevrons primitifs ont pu être réemployés : utilisés comme

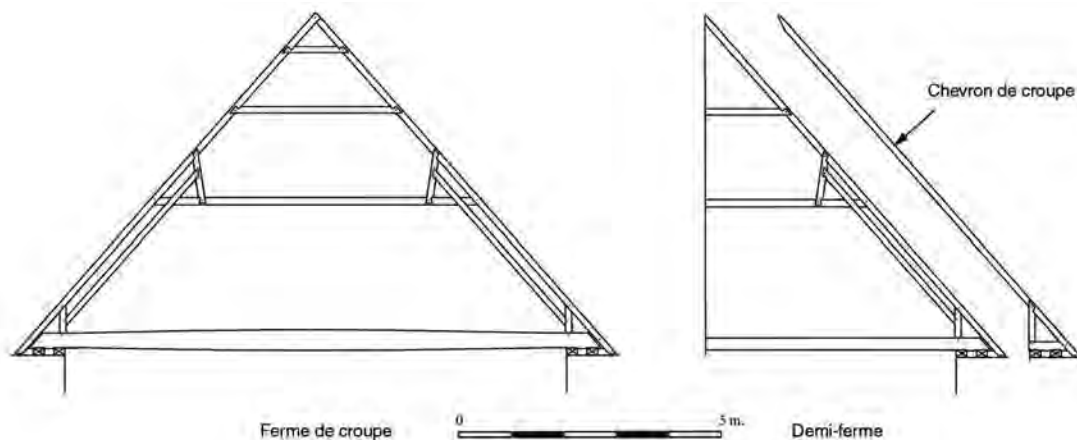


Fig. 30 : Proposition de restitution de la ferme et des demi-fermes de la croupe.

chevrons dans les demi-fermes actuelles et dans la ferme de croupe, leurs mortaises et les entailles vides de leurs mi-bois ne permettent de reconstituer que très partiellement la structure de la croupe d'origine (fig. 30).

La partie inférieure de la ferme de croupe présentait comme dans les fermes précédentes un système de raidissement constitué de sous-chevrons assemblés en tête dans des contrefiches et par mi-bois dans un faux-entrait. Dans la partie supérieure de la ferme, deux autres faux-entrants soutenaient les chevrons. Le pied des chevrons, amputés de leur base, devait comporter un assemblage destiné à un entrait, ce qui semble être confirmé par l'absence de ferme principale dans cette dernière travée.

Tous les autres chevrons en réemploi dans la croupe, au nombre de 18, ne présentent que des assemblages en pied de pièce avec une mortaise horizontale pour recevoir un blochet et un mi-bois à demi-queue d'aronde pour la tête d'une jambe de force. Comme pour tous les chevrons des fermes précédentes, ceux-ci se prolongent de quelques centimètres au-delà de l'assemblage du blochet pour couvrir le haut des maçonneries du mur absidial. Aucun autre assemblage ni trou de cheville n'a été relevé sur le restant de leur longueur. Ces chevrons de longue portée devaient donc s'intercaler, d'après l'écartement moyen des fermes, entre quatre ou cinq demi-fermes dont nous n'avons aucun réemploi. Celles-ci devaient comporter en toute logique deux niveaux de faux-entrants assemblés à ceux de la ferme de croupe pour constituer deux enrayures avec, pour raidir la partie inférieure, un sous-chevron et une contrefiche.

Il n'existait pas de dispositif de contreventement de cette croupe dans les fermes qui lui étaient contiguës. Elle se suffisait à elle seule pour répartir toutes ses charges sur les murs gouttereaux et se passer de contreventement. En effet, son assise semi-circulaire présente un rayon plus long que la hauteur de la croupe et la présence de sous-chevrons en partie basse des demi-fermes

alourdissait la croupe dans sa partie inférieure, rapprochant son centre de gravité au plus près de son assiette et lui assurant ainsi une base plus stable. La reconstruction de la croupe au XVI^e siècle, reprenant ce même principe, s'est dispensée elle aussi de dispositif de contreventement dans les fermes de la dernière travée.

Les bois

Les sections des bois de cette charpente sont sensiblement plus réduites que les précédentes. Seul l'entrait retroussé conserve une section de 17 x 15 cm lui permettant de travailler correctement aux efforts de flexion auxquels il est soumis. La section relativement faible des chevrons en proportion des dimensions de la ferme peut éventuellement s'expliquer par la présence des sous-chevrons qui doublent le raidissement de la ferme dans sa partie inférieure. Une telle section aurait été insuffisante en l'absence de ces sous-chevrons et aurait entraîné la rupture de la pièce. Cette disposition permet donc d'économiser sur la section des bois de grande longueur (8,70 m de portée).

| | Nef | Bras nord | Bras sud | Chœur |
|-------------------|---------|-----------|----------|---------|
| Chevron | 17 x 14 | 15 x 14 | 15 x 14 | 14 x 14 |
| Blochet | ? | 17 x 15 | 15 x 15 | ? |
| Jambe de force | 15 x 14 | 15 x 15 | 15 x 15 | ? |
| Sous-chevron | 16 x 14 | 14 x 15 | 14 x 16 | 14 x 14 |
| Entrait retroussé | 17 x 14 | 17 x 14 | 17 x 15 | 17 x 15 |
| Écharpe | 15 x 14 | 15 x 14 | 14 x 14 | 14 x 14 |
| Contrefiche | 16 x 13 | 14 x 14 | 14 x 14 | 14 x 14 |

Tableau des sections des bois d'origine en centimètres*

* Le premier chiffre correspond à la face nord ou sud, le second à la largeur de la pièce.

Les sections comparées des bois des quatre vaisseaux ne montrent pas de profondes variations et il semble que les mensurations de la charpente de la nef ont servi de référence pour les charpentes suivantes à l'exception des sections des chevrons, jugées trop fortes et réduites par la suite. Cette uniformité des sections permet de supposer des commandes groupées pour l'approvisionnement des charpentes des deux bras du transept et du chœur, chronologiquement très proches.

Tous les bois sont de brin, équarris à la doloire, avec une présence systématique d'aubier aux arêtes. Les traces de piquage sont caractéristiques de l'emploi du traceret pour cette opération de préparation des assemblages. Quant au lignage des bois, il subsiste en sous-face des chevrons de F20 et des sous-chevrons de F28, des traces fugaces au noir de carbone d'un trait axial continu sur toute la longueur de la pièce et passant dans l'axe du tenon de pied des sous-chevrons et des mortaises des chevrons, ainsi que sur le flanc de l'entaille de leurs assemblages à mi-bois.

Le marquage des bois (fig. 31)

Toutes inscrites au ciseau sur la face d'établissage des fermes, à l'ouest, les marques de cette charpente appartiennent pour la plupart au registre des chiffres romains. À l'exception de celles de F4, F10 et F18 qui sont des signes particuliers, les marques s'organisent selon deux numérotations croissantes en distinguant les fermes secondaires des fermes principales.

La première numérotation est continue et débute en partant de IIII en F5 pour progresser vers l'est jusqu'à VII en F8. La seconde reprend à I en F11 et évolue régulièrement toujours vers l'est jusqu'à XXI en F33 en « sautant » les fermes principales. Celles-ci ne s'intègrent donc pas dans la numérotation des fermes secondaires exclusivement marquées en chiffres romains à l'exception de F4, F10 et peut-être F34. Ces chiffres romains sont presque tous écrits sans abréviation. Seule F31 présente une marque associant un X avec un V, comme l'abréviation d'un XV, pour exprimer la valeur 19, ce qui semble assez peu « parlant ».

Ces deux numérotations de fermes secondaires, indépendantes des fermes principales, ne sont pas régulièrement ordonnées en fonction de ces dernières. La première est précédée par une ferme secondaire marquée d'un signe particulier après une ferme sans marque. Quant à la seconde, elle est également précédée d'un signe particulier en F10 et terminée par un autre en F34, ce dernier ne pouvant être l'abréviation du XX, présent deux fermes avant.

Les fermes principales, quant à elles, utilisent aussi bien les signes particuliers que les chiffres romains sans que ceux-ci n'aient de rapport entre eux ou avec la numérotation des fermes secondaires.

La numérotation des demi-fermes d'origine – démontées et réemployées dans la croupe actuelle – semble, d'après les quelques marques retrouvées²⁶, indépendante de celle des fermes et constituée exclusivement de chiffres romains, répartis de façon continue sur l'ensemble des demi-fermes.

La répartition des marques au sein des fermes est relativement homogène. On les rencontre toujours en pied de pièces et en divers endroits le long de l'entrait retroussé selon ses assemblages. Il est difficile de considérer ces marques comme des marques d'assemblages puisqu'elles ne sont presque jamais reportées sur l'autre pièce, sauf pour F24 en pied des écharpes et des contrefiches. La marque identifie la pièce qui la porte, non un assemblage particulier.

L'entrait retroussé est marqué de deux manières différentes. La première, qui concerne les fermes 4 à 9, consiste à marquer ses deux extrémités au droit de ses assemblages avec les chevrons, la seconde, visible sur toutes les autres fermes, au droit de ses assemblages avec le pied des contrefiches.

En considérant le sens normal de lecture des chiffres romains, avec le X avant le V et le I après le V, par rapport à la position de la pièce au sein de la ferme, il est possible d'isoler plusieurs lots de fermes.

Deux lots de fermes peuvent effectivement être isolés par cette méthode. Le premier concerne les fermes de la première travée dont le sens de lecture des marques est bien homogène et propre à cet ensemble. Par exemple, les chiffres romains des entrails retroussés se lisent de la droite vers la gauche, donc d'en haut, contrairement à ceux des autres fermes qui se lisent d'en bas. De même, les marques des sous-chevrons sud et des contrefiches nord se lisent du côté sud, contrairement à celles des autres fermes qui se lisent du côté nord. Le second lot regroupe toutes les autres fermes avec la particularité de n'être pas ou peu homogène. En dehors de quelques pièces comme les entrails retroussés, les contrefiches sud et les sous-chevrons sud, le sens de lecture des chiffres romains varie régulièrement mais se distingue toutefois de celui du premier lot de ferme. Cette disparité au sein de ce deuxième lot peut s'expliquer par son importance et par la grande quantité de fermes à marquer, réclamant plusieurs équipes de charpentiers, contrairement au premier lot dont le nombre réduit de fermes n'a dû nécessiter qu'une seule équipe.

On observe donc une légère distinction entre le marquage des fermes de la première travée, caractérisée par une courte série isolée, une répartition particulière des marques sur l'entrait retroussé et un sens de lecture des chiffres romains qui lui est propre et celui des autres fermes de cette charpente. Toutefois, ces deux ensembles utilisent un même registre de marques, les chiffres romains, inscrites avec le même type d'outil. En outre, aucune

26. IIII sur la demi-ferme 3 et IIX sur F4.

| Ferme | Marque | Entrait retroussé | | | | | | Chevron nord | | Chevron sud | |
|-------|--------|-------------------|---|---|---|---|---|--------------|---|-------------|---|
| | | a | b | c | d | e | f | a | b | a | b |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | II | | X | | | | X | | | | |
| 5 | III | | X | | | | X | | | | |
| 6 | V | X | | | | | X | X | | X | |
| 7 | VI | X | | | | | X | X | | X | |
| 8 | VII | X | | | | | X | X | | X | |
| 9 | II | | X | | | | X | | | | |
| 10 | I | | X | | | | X | | | | |
| 11 | I | | X | | | | X | | | | |
| 12 | II | | X | | | | X | | | | |
| 13 | III | | X | | | | X | | | | |
| 14 | III | | X | | | | X | | | | |
| 15 | V | X | | | | | X | X | | X | |
| 16 | VI | X | | | | | X | X | | X | |
| 17 | VII | X | | | | | X | X | | X | |
| 18 | II | | X | | | | X | | | | |
| 19 | VIII | | X | | | | X | | | | |
| 20 | VIII | | X | | | | X | | | | |
| 21 | X | | X | | | | X | | | | |
| 22 | XI | X | | | | | X | X | | X | |
| 23 | XII | | X | | | | X | | | | |
| 24 | XIII | | X | | | | X | | | | |
| 25 | XIII | | X | | | | X | | | | |
| 26 | X | | X | | | | X | | | | |
| 27 | XV | | X | | | | X | | | | |
| 28 | XVI | | X | | | | X | | | | |
| 29 | XVII | | X | | | | X | | | | |
| 30 | XVIII | | X | | | | X | | | | |
| 31 | XI | | X | | | | X | | | | |
| 32 | XX | | X | | | | X | | | | |
| 33 | XXI | | X | | | | X | X | | X | |
| 34 | II | | X | | | | X | | | | |

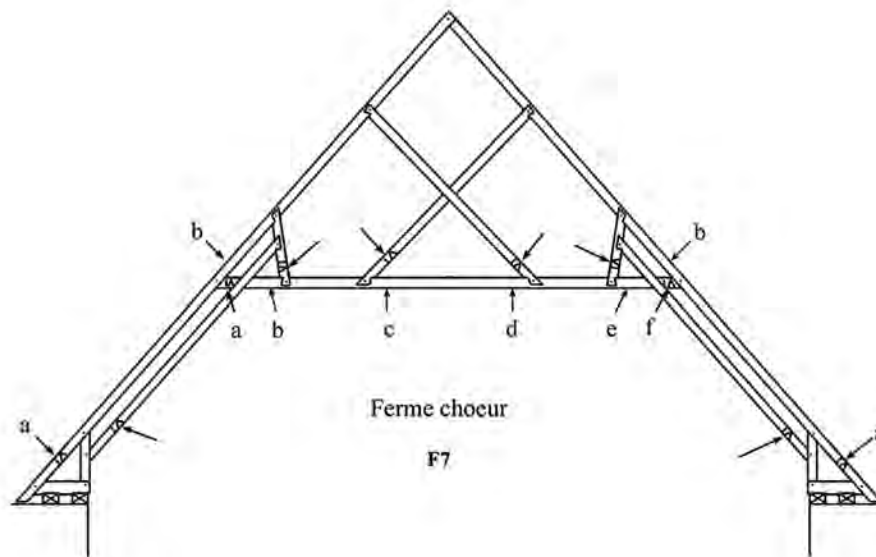


Fig. 31 : Tableau des marques d'assemblage des fermes du chœur et schéma de localisation.

| Travée | Ferme | Marque | Pièces SUD | | | | Entrait retroussé | Pièces NORD | | | |
|------------------|-------|--------|------------|--------------|-------------|---------|-------------------|-------------|--------------|-------------|---------|
| | | | Chevron | Sous-chevron | Contrefiche | Écharpe | | Chevron | Sous-chevron | Contrefiche | Écharpe |
| 1 ^{ère} | 6 | V | | S | N | N | H | N | | S | S |
| | 7 | VI | S | S | N | N | H | N | N | S | S |
| | 8 | VII | S | S | N | N | H | N | N | S | N |
| 2 ^e | 15 | V | N | N | N | S | B | | S | N | N |
| | 16 | VI | N | | N | | B | S | S | N | N |
| | 17 | VII | N | N | N | S | B | N | S | N | S |
| 3 ^e | 19 | VIII | | N | N | S | B | N | S | N | S |
| | 20 | VIII | S | N | N | S | B | S | S | N | N |
| | 22 | XI | | | | | | S | S | S | S |
| | 23 | XII | | N | N | | B | S | N | | |
| | 24 | XIII | N | N | N | N | B/H | N | S | S | N |
| 4 ^e | 25 | XIII | N | N | N | S | B | N | N | N | S |
| | 27 | XV | S | | S | S | B | N | S | N | S |
| | 28 | XVI | S | N | N | S | B | N | N | S | S |
| | 29 | XVII | N/S | N | N/S | N | B | N | | S | N |
| | 30 | XVIII | S | S | N | N | B | N | N | N/S | N |
| | 33 | XXI | N | N | N | N | B | | S | S | S |

N : lecture de la marque du côté nord
H : lecture par le haut

S : lecture de la marque du côté sud
B : lecture par le bas

Tableau des marques à base X et V de la charpente du chœur.

différence structurelle ne vient souligner cette disparité du marquage entre ces deux ensembles. Il convient donc d'écartier l'hypothèse de deux charpentes différentes ou de deux chantiers distincts. Ces dissemblances semblent plutôt liées à des variantes de pratiques dans le marquage des bois entre des équipes de charpentiers. Il est possible d'identifier au moins trois équipes, l'une responsable des fermes principales, une seconde destinée à la réalisation des fermes de la première travée et une troisième, plus composite, pour les fermes secondaires des trois autres travées.

Les couvertures des toitures principales

Les écharpes des fermes 55 et 63 de la nef sont des chevrons réemployés qui ont été mis en place lors des travaux de restauration du XVI^e siècle et qui proviennent de la charpente de la nef (fig. 32). Ces chevrons montrent des rangées de clous à intervalles réguliers de 17 cm pour celui de F63 et plus irrégulièrement de 12 cm pour celui de F55. Dans les deux cas, il apparaît que ce lattis était plutôt destiné à une couverture de tuiles en raison de

l'absence de clous de fixation latérale des tables de plomb²⁷ et de l'espacement inadapté du lattis pour une couverture de schistes ardoisiers du Cotentin qui se pose à pureau décroissant.

Sur la couverture actuelle du bras nord du transept, de nombreuses tuiles en réemploi, de 19 x 34 x 1,8 cm de dimension, ont la particularité d'être recouvertes sur leur tiers inférieur d'un vernis glaçuré vert-orangé, et percées d'un ou deux trous destinés à des chevilles de fixation en bois (fig. 33). De nombreux fragments de ce type de tuiles vernissées se retrouvent dans les maçonneries des voûtes gothiques de la nef et également dans les maçonneries du XIII^e siècle de la tour-lanterne, entre des assises de pierres en place (fig. 34). Toutes les couvertures de la nef, du chœur et du bras sud du transept ont été refaites à neuf récemment, malheureusement sans réemploi des tuiles anciennes, de même que celles des bas-côtés et des chapelles latérales.

Il est probable que ces tuiles sont des éléments réemployés d'une couverture médiévale. Cette glaçure permettait de protéger la tuile des intempéries et d'assurer une relative longévité à la

27. Voir le cas de la cathédrale de Rouen. Par ailleurs, aucune mention de couverture en plomb n'a été relevée dans les textes relatifs à la cathédrale de Lisieux.



Fig. 32 : Négatif du lattis de couverture sur un chevron réemployé.

couverture et il nous paraît peu probable qu'elle eût une fonction décorative. La longévité de cette couverture était *a fortiori* garantie par le poids des tuiles et leur mode de fixation. Les traces observées sur les chevrons réemployés au XVI^e siècle montrent, par ailleurs, que le lattis a été très peu remanié et il se peut que ces tuiles appartiennent à la couverture d'origine²⁸.

La disposition des pieds de fermes, très particulière dans ce contexte architectural, semble devoir se rattacher au mode de couverture et à l'absence de chéneau. Il est extrêmement rare en effet que le chevron se prolonge au-delà du blochet pour porter la couverture jusqu'à l'arase des murs gouttereaux. L'absence de



Fig. 33 : Tuiles retrouvées dans la toiture du croisillon nord.



Fig. 34 : Tuiles vernissées servant de cales dans les maçonneries du XIII^e siècle de la tour-lanterne.

chéneau le long des toitures de l'édifice faisait déverser toutes les eaux pluviales directement sur les murs bien que les arcs-boutants soient pourvus sur leur faîte d'une rigole pour l'écoulement des eaux. Il est donc possible d'envisager la présence de gouttières en bois au pied des couvertures pour recueillir ces eaux et les canaliser jusqu'aux rigoles des arcs-boutants.

Observons enfin, à hauteur d'homme, dans toutes ces grandes charpentes, les nombreuses traces de combustion laissées par des lampes à huile accrochées directement sur les bois et qui servaient à l'éclairage du comble pour les travaux d'entretien (fig. 35). Ces travaux pouvaient être liés au nettoyage des voûtes ou aux réparations de la toiture. Ces traces de combustion ne s'observent pas sur les bois postérieurs aux XII^e-XIII^e siècles.

28. Il est très regrettable que la réfection de ces toitures, encadrée pourtant par les services des Monuments historiques, n'ait pas pris en compte le réemploi ou du moins l'étude de ces tuiles médiévales au moment de leur dépose puis de leur destruction systématique.



Fig. 35 : Traces de combustion laissées par des lampes à huile.

La consommation en bois d'œuvre

Connaissant le nombre total de fermes de la charpente d'origine ainsi que leur structure sur chacune des différentes parties de l'édifice, il est possible d'estimer la quantité de bois consommés pour la construction de ces charpentes. Ce calcul prend en compte le fait que toutes les pièces sont des bois de brin, que la constitution des fermes entre le transept et le chœur est approximativement similaire et que la longueur maximale d'une grume correspond à celle d'un chevron (8,60 m).

Pour une ferme secondaire :

- 2 grumes pour les deux chevrons
- 1 grume pour les deux sous-chevrons
- 1 grume pour les deux écharpes et deux blochets
- 1 grume pour l'entrait retroussé et deux contrefiches

Total : 5 grumes

Pour une ferme principale :

- 5 + 1 grume pour l'entrait = 6 grumes

Charpente du croisillon nord :

- 22 fermes secondaires + 4 fermes principales = 134 grumes
- Sablières : 14,30 m x 4 sablières = 6 grumes

Total : 140 grumes

Charpente du croisillon sud :

- 18 fermes secondaires + 4 fermes principales = 114 grumes
- Sablières : 15,30 m x 4 sablières = 7 grumes

Total : 121 grumes

Charpente du chœur :

- 26 fermes secondaires + 8 fermes principales = 178 grumes
- Sablières : 28,60 m x 4 sablières = 13 grumes
- Croupe : 1 ferme de croupe (ferme principale) + 18 demi-fermes = 51 grumes
- Pannes et sablières de la croupe : 10 grumes

Total : 252 grumes

Pour les fermes de la nef dont l'épure est un peu différente, la consommation est proportionnellement plus importante :

Pour une ferme secondaire :

- 2 grumes pour les deux chevrons
- 1 grume pour l'entrait retroussé et une jambe de force
- 1 grume pour les deux écharpes et un blochet
- 1 grume pour une contrefiche, une jambe de force et un sous-chevron

1 grume pour une contrefiche, un sous-chevron et un blochet
Total : 6 grumes

Pour une ferme principale :

- 6 + 1 grume pour l'entrait = 7 grumes
- Soit 57 fermes secondaires + 9 fermes principales = 405 grumes

- Sablières : 40,30 m x 4 sablières = 19 grumes

Total : 424 grumes

On obtient une consommation totale de 937 grumes pour la construction des grandes charpentes de cette cathédrale. Sur cette quantité de bois d'œuvre, 26 poutres seulement, soit 3 % environ, présentaient une section supérieure ou égale à 28 x 38 cm pour les entrants, ce qui correspond à des bois de 47 cm de diamètre. Tous les autres bois, soit 97 % des arbres abattus, étaient de faible section avec une moyenne de 15 x 16 cm, c'est-à-dire des bois de 22 cm de diamètre environ.

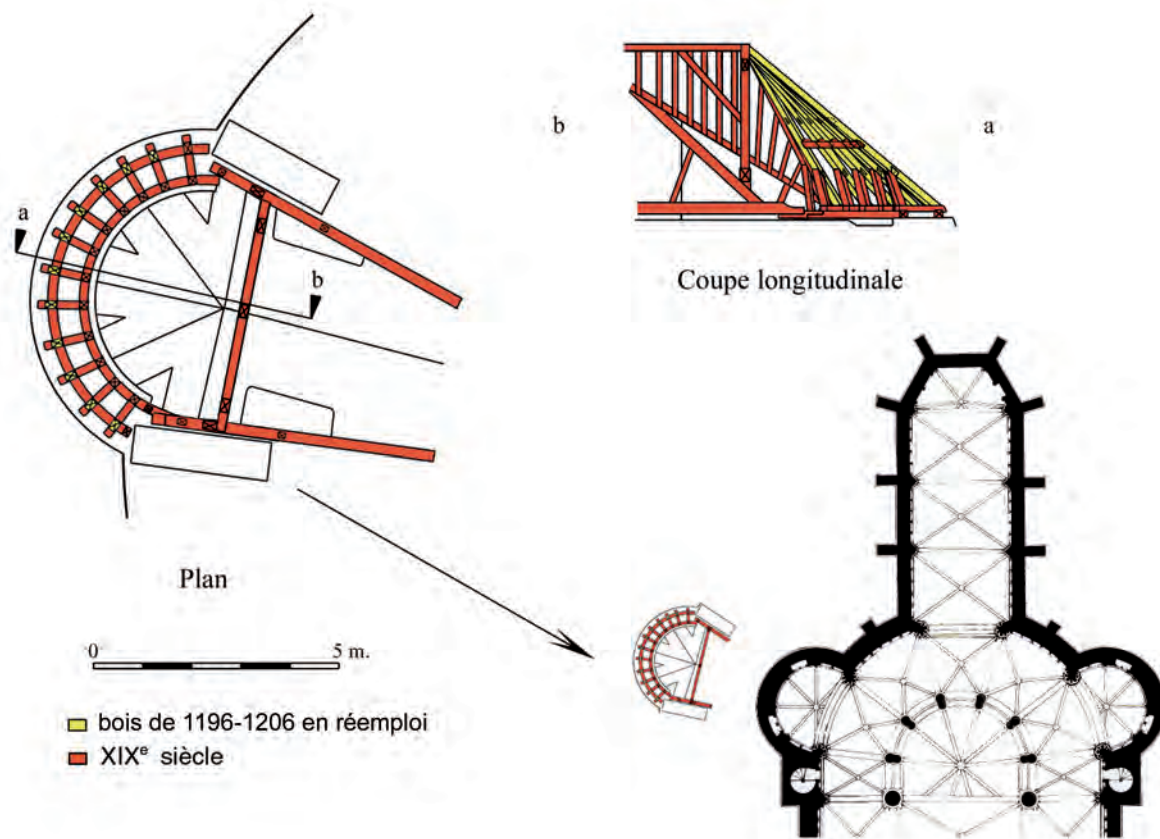


Fig. 36 : Charpente de la chapelle nord du déambulatoire.

Les charpentes du déambulatoire du chœur

La charpente du déambulatoire et des bas-côtés orientaux du transept a été entièrement refaite au XIX^e siècle. Seules les coupes des deux chapelles latérales du déambulatoire conservent encore en réemploi les chevrons des coupes d'origine, reconnaissables aux entailles d'assemblages à mi-bois.

Les analyses dendrochronologiques effectuées sur ces chevrons par le laboratoire de Rennes en 2001 ont permis d'établir un abattage des bois entre 1196 et 1206²⁹, soit très près de l'achèvement du vaisseau principal.

Dans la croupe de la chapelle nord, tous les chevrons réemployés sont des bois de brin, équarris à la doloire et de section moyenne de 14 x 15 cm (fig. 36-37). Ils présentent en pied une entaille d'assemblage à mi-bois en demi-queue d'aronde pour la réception d'une jambe de force et à mi-longueur une mortaise vide destinée à un demi-entrait retroussé. Le pied de tous ces



Fig. 37 : Croupe de la charpente de la chapelle nord du déambulatoire.

29. BERNARD et LE DIGOL 2001c.

chevrons est actuellement repris par un blochet et une jambe de force clouée en tête dans le chevron.

La restitution de la croupe d'origine suppose une ferme de croupe pourvue d'un entrait retroussé pour recevoir les demi-entraits retroussés des demi-fermes. Celles-ci venaient donc s'appuyer en tête contre cette ferme de croupe et étaient simplement étayées à mi-longueur par une enrayure d'entraits retroussés. Aucun assemblage pour des demi-entraits à la base des demi-fermes n'a été relevé. De même, aucune marque d'assemblage n'a été identifiée sur ces bois réemployés.

Les chevrons de la croupe de la chapelle sud présentent les mêmes caractéristiques que ceux de la chapelle nord avec un mi-bois en pied pour une jambe de force et une mortaise à mi-longueur pour un demi-entrait retroussé. Les blochets actuels reprennent l'assemblage primitif des anciens blochets, tenonnés dans le chevron comme en pied de fermes des charpentes du transept et du chœur. Le chevron se prolongeait au-delà du blochet jusqu'aux maçonneries. Il est fortement probable que cette disposition existait aussi dans la chapelle nord avant la reprise du XIX^e siècle.

BAYEUX (CALVADOS), CATHÉDRALE NOTRE-DAME

LA CATHÉDRALE NOTRE-DAME du groupe épiscopal de Bayeux a pour origine les deux églises Notre-Dame et Saint-Étienne fondées par saint Regnobert dans la première moitié du VII^e siècle. N'ayant rien conservé de ses antécédents du haut Moyen Âge, elle présente néanmoins de précieux témoins de l'architecture monumentale normande des XI^e-XIII^e siècles. L'essentiel des vestiges romans est préservé dans les tours occidentales, dans la crypte et au premier niveau de la nef, avec quelques éléments épars dans les élévations de la tour de croisée du transept. Une charpente de beffroi, en place dans la tour romane nord mais très incomplète, semble rattachée à des modifications du XII^e siècle. Les constructions du chœur, des parties hautes de la nef et du transept se sont succédé au cours du XIII^e siècle et conservent pour la plupart leurs charpentes d'origine. Il s'agit, pour la Normandie, de l'ensemble architectural le plus complet avec sept charpentes distinctes de comble du XIII^e siècle dont deux remaniées et une charpente de beffroi de la fin du XII^e siècle.

La cathédrale romane

Selon Orderic Vital, la construction de la cathédrale romane fut entreprise par l'évêque Odon de Conteville (1049-1097), demi-

frère de Guillaume le Conquérant¹. Cependant, d'autres sources manuscrites mentionnent les activités d'un chantier de reconstruction en 1044 et 1049 et attribuent l'initiative de son érection à son prédécesseur Hugues III d'Ivry (1006-1049) vers les années 1044 et son achèvement à Odon². Quoiqu'il en soit, la majeure partie de l'édifice devait être terminée lors de sa dédicace officielle le 11 juillet 1077³.

Les tours de façade, crypte et plan

Construite probablement sur les fondations d'une des deux basiliques du haut Moyen Âge, la cathédrale du XI^e siècle, de dimensions presque équivalentes à celles de l'édifice actuel, présente un plan irrégulier avec une façade occidentale désaxée par rapport à la croisée du transept (fig. 1). La nef se composait de six travées pourvues de collatéraux et, chaque bras du transept, de

1. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica libri XIII*, LE PRÉVOST et DELISLE (éd.) 1838-1855, t. III, p. 264. [livre 8]

2. ROBERT DE TORIGNI, *Acta Sanctorum*, juillet, V, col. 392-393 dans LAIR 1910, p. 10; GUILLAUME DE POITIERS, *Gesta Guillelmi*, FOREVILLE (éd.) 1952, p. 241.

3. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica...*, CHIBNALL (éd.) 1838-1855, vol. 3, p. 10-12.

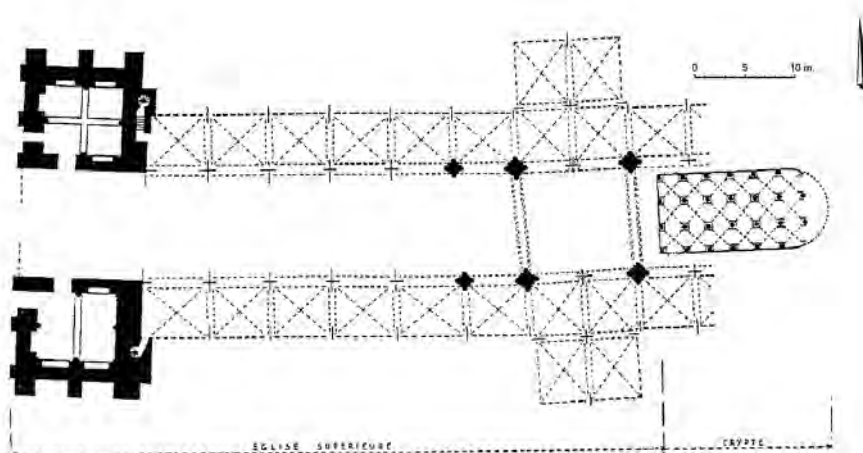


Fig. 1 : Plan restitué de la cathédrale romane (VALLERY-RADOT 1958, p. 27).

deux travées. Le chœur, dont ne subsiste aucune trace du chevet, possédait des bas-côtés. La crypte, longue aujourd'hui de cinq travées presque entièrement conservées, présente trois nefs voûtées d'arêtes, séparées par deux colonnades dont les chapiteaux, dérivés du style corinthien et ornés pour certains de masques, semblent appartenir au milieu du XI^e siècle⁴. Le chevet en hémicycle de cette crypte a été comblé au XV^e siècle et la présence d'un déambulatoire – comme dans le parti adopté dans la première moitié du XI^e siècle à Rouen, à Jumièges ou au Mont-Saint-Michel – reste encore improbable.

Au cours de la réfection en sous-œuvre de la tour de croisée du transept, réalisée en 1857 sous la direction de l'architecte Flachet, le noyau des quatre piles de la tour-lanterne du XI^e siècle fut mis au jour⁵. De plan cruciforme, ces piles étaient flanquées de demi-colonnes, tout comme celles de la nef qui se profilent au revers de ces dernières. La section de ces piles et l'absence d'arrachement de voûtes vers la nef et le transept suggèrent la présence d'une charpente apparente dotée d'un plafond au niveau des entrails.

La structure de ces piles romanes renseigne sur la composition des élévations de la cathédrale (fig. 2). Chaque bras du transept, de deux travées, comprenait sur toute leur profondeur un étage de tribune, comme à Jumièges, qui s'ouvrait sur la tour-lanterne par une grande arcade. Ces tribunes se prolongeaient sur les bas-côtés de la nef et du chœur au-dessus d'un premier niveau de grandes arcades. Les chapiteaux historiés retrouvés sur ces piles dans les élévations de la nef et du transept témoignent d'une production artistique datable des années 1055-1070, postérieure

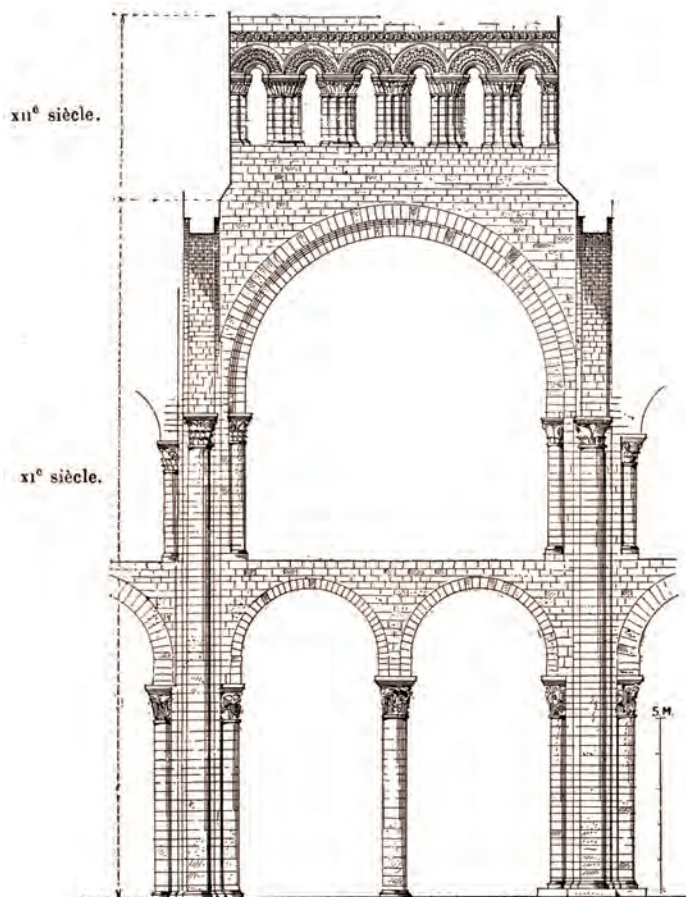


Fig. 2 : Restitution du croisillon sud roman (VALLERY-RADOT 1958, p. 34).

4. BAYLÉ 1997a, p. 38.

5. DION 1841.



Fig. 3 : Façade occidentale.

à celle des chapiteaux de la crypte⁶. Les escaliers retrouvés au cœur des piles sud-est et sud-ouest de la tour-lanterne, partant des tribunes, suggèrent l'existence d'une galerie de circulation au troisième niveau, devant les fenêtres hautes de la nef et du chœur, comme à Cerisy-la-Forêt.

Autre vestige de la cathédrale du XI^e siècle : les deux tours du massif de façade. Très remaniées aux XII^e et XIII^e siècles, elles conservent néanmoins d'importants témoins de leur disposition primitive (fig. 3 à 5). Elles se subdivisent chacune intérieurement en cinq niveaux dont les trois premiers, rez-de-chaussée compris, comportent un voûtement en pierre.

Extérieurement, l'intégralité de l'appareillage, à l'exception des tourelles d'escalier sur la face est des deux tours et des bases méridionales de la tour sud, a été reprise aux XII^e et XIII^e siècles. Intérieurement, les maçonneries du XI^e siècle se distinguent dans cette construction de celles du XII^e siècle par l'emploi fréquent d'un calcaire coquillier très grossier (tuffeau), de module plus important, et par un jointoiment très épais de deux centimètres

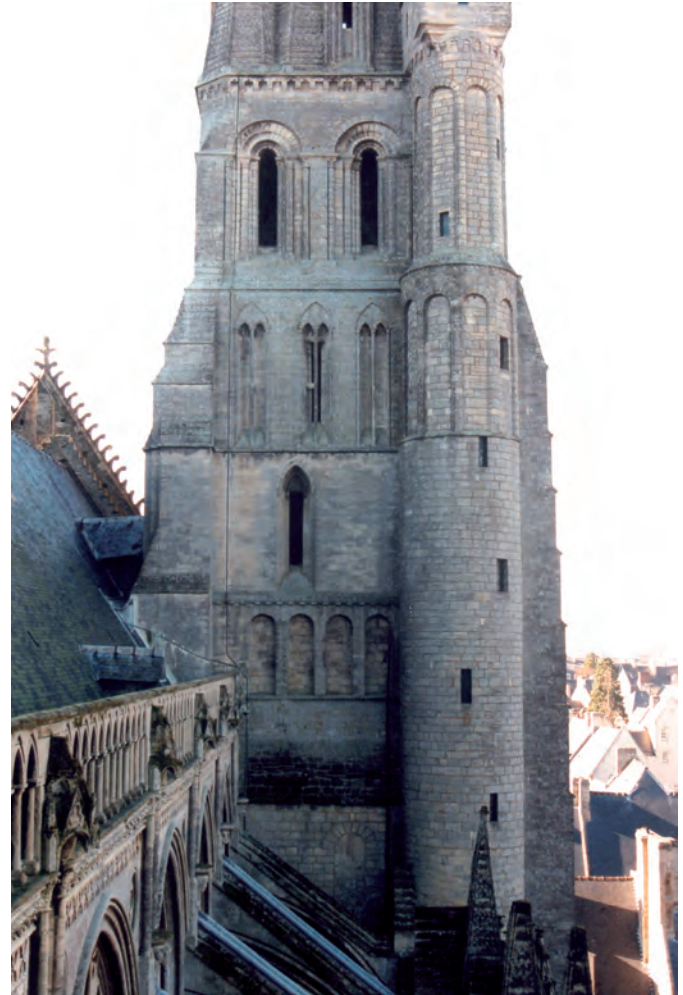


Fig. 4 : Tour nord, face est.

environ. Les deuxième et troisième niveaux des deux tours sont les mieux conservés à l'intérieur avec, en partie haute, de larges baies disposées de part et d'autre d'un épais contrefort sur les faces nord et sud pour reprendre la retombée des voûtes d'arêtes (fig. 6). Au premier étage, on peut encore observer les grandes baies qui ouvraient sur la tribune occidentale et les tribunes des bas-côtés de la nef. Les voûtes du rez-de-chaussée nord ne semblent pas d'origine : la tourelle d'escalier desservait dans sa disposition primitive un étage situé à mi-hauteur de ces voûtes par une porte aujourd'hui murée. Le quatrième niveau des deux tours présentait sur les faces nord et sud, en partie haute, une grande arcature retombant sur des contreforts intérieurs saillants, comme aux étages inférieurs. L'une de ces arcatures a été reprise sur le mur nord de la tour nord. Le cinquième et dernier niveau était séparé du précédent par un plancher dont les solives reposaient à chaque extrémité sur une sablière posée sur un retrait de maçonnerie porté au nord et au sud par les grandes arcatures du quatrième niveau.

6. BAYLÉ 1992, p. 121.

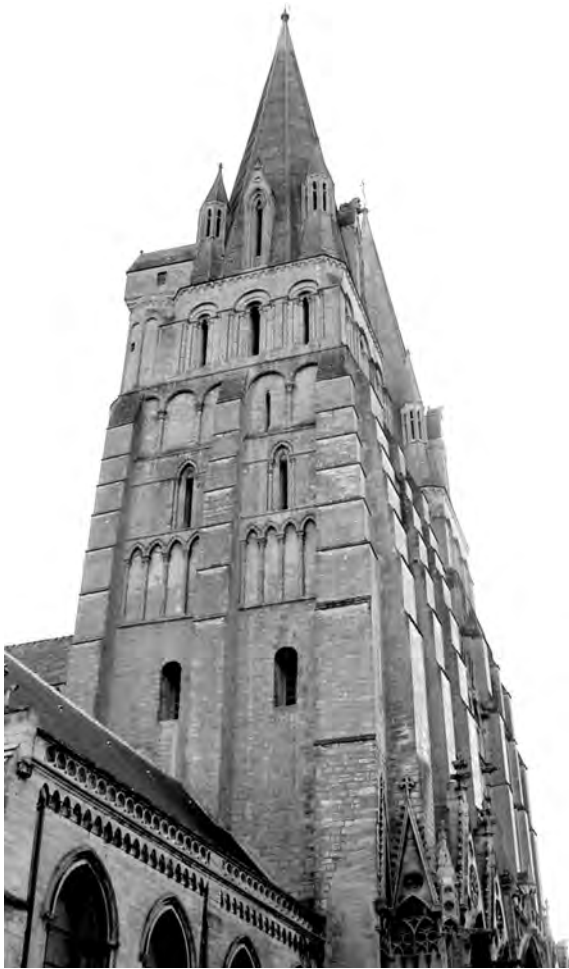


Fig. 5 : Tour nord, face nord.



Fig. 6 : Premier étage de la tour nord.

À ce dernier niveau, dans la tour nord, les élévations du XI^e siècle ne sont plus visibles alors qu'elles apparaissent encore clairement dans la tour sud autour des baies actuelles, ces dernières ayant été insérées dans l'encadrement des baies primitives. Ce niveau était donc éclairé sur chaque face par trois baies à l'emplacement des baies actuelles.

Pour conclure sur cet état roman de la cathédrale, l'étage supérieur de la tour-lanterne présente encore aujourd'hui sur sa face est extérieure, dans le comble du chœur, des restes discrets de maçonneries romanes noyées dans les reprises gothiques. Il s'agit d'un bandeau chanfreiné soulignant le départ d'une baie aveugle pourvue de quatre colonnettes dont les bases de trois d'entre elles sont encore présentes. Ces dernières sont droites, très hautes, non moulurées et dotées chacune de deux petites griffes sur les arêtes des plinthes. À l'angle inférieur droit de cette baie, on remarque le départ d'un solin appareillé correspondant

à une toiture romane en liaison avec les maçonneries de cette baie. L'inclinaison de ce solin indique une pente de 42,7°. Sur la face extérieure sud de la tour, dans le comble du bras sud, côté est, on observe également un départ de solin appareillé, incliné à 40,3°, correspondant à la pente de la toiture du transept.

Ces vestiges, difficilement datables, peuvent aussi bien appartenir à la tour-lanterne du XI^e siècle – en raison de la préservation du noyau de ses piles sur toute leur hauteur –, qu'aux travaux de la première moitié du XII^e siècle : ce niveau de la tour a connu intérieurement des remaniements que révèlent les arcatures, décorées de bâtons brisés, retombant sur des colonnettes aux chapiteaux à godrons, visibles sur la face sud au-dessus de la voûte du XV^e siècle. Toutefois, la faible inclinaison de ces solins tend à les rattacher aux structures romanes du XI^e siècle, comme en témoignent les faibles pentes caractéristiques des édifices de cette période en France.

La reprise des tours et la nef

En 1105, lors du siège de Bayeux par Henri I^{er} Beauclerc, la cathédrale eut à subir d'importants dégâts causés par un incendie qui ravagea en partie la ville et ses principaux bâtiments. Un chanoine nommé Serlon, témoin oculaire de cet épisode, rapporte, non sans emphase, que la cathédrale fut incendiée et détruite⁷. D'autres sources manuscrites tendent à confirmer l'étendue des dégâts et l'importance des travaux de reconstruction : la *Chronique* de Florent de Worcester indique que la cathédrale brûla entièrement et que les travaux de restauration furent conséquents⁸. De plus, Guillaume de Malmesbury atteste de la participation du roi Henri I^{er} dans le financement de la reconstruction de la cathédrale⁹. En dépit de la gravité de ces témoignages, il convient de discuter de l'ampleur réelle de ces dommages. La découverte des piles de la croisée du XI^e siècle, en 1856, et les travaux de Jean Vallery-Radot ont démontré que les structures romanes primitives du chœur et du transept étaient encore en élévation au début du XIII^e siècle¹⁰. Dans le premier quart du XII^e siècle, Raoul Tortaire relate, lors d'une visite qu'il fit à la cathédrale, la présence de la célèbre couronne de lumière suspendue dans le chœur qui aurait donc été épargné par ce chantier¹¹. Il est alors probable que les destructions se sont limitées à la nef et aux tours de façade. Les grandes arcades des cinq premières travées de la nef, ornées de frettes crénelées, ainsi que les sculptures des écoinçons aux motifs géométriques (fig. 7), datées par Maylis Baylé, Jacques Thirion et Lucien Musset des années 1120-1130, sont donc à rattacher à cette campagne de reconstruction placée sous l'épiscopat de Richard II (1108-1131). L'étage intérieur de la tour-lanterne romane, pourvu de baies aveugles décorées de bâtons brisés, semble aussi appartenir à ce chantier comme, peut-être, les solins appareillés de ses faces extérieures est et sud (fig. 2).

Selon les interprétations de Reinhard Liess¹², confirmées par Jacques Thirion¹³, les parties hautes des tours de façade s'apparenteraient au style roman de la première moitié du XII^e siècle et correspondraient aussi à cette vaste campagne de restauration. On peut en effet considérer que le dernier étage et



Fig. 7 : Nef, arcades romanes et baies hautes gothiques.

les parties supérieures du quatrième niveau des deux tours, à l'exception des faces sud et est de la tour nord, appartiennent à ces travaux. Les niveaux inférieurs ont été rhabillés postérieurement, mais on distingue à l'intérieur de toutes les baies du quatrième niveau de la tour nord, noyés dans la maçonnerie, les tailloirs des chapiteaux des anciennes baies de la première moitié du XII^e siècle, identiques à ceux du dernier étage. Le noyau des murs romans a donc été intégralement conservé et simplement rappareillé lors des campagnes suivantes. De même, à l'intérieur de la tour nord, au quatrième niveau, on remarque que les grandes arcatures à double rouleau, retombant sur de larges corbeaux, pourraient bien appartenir cette phase de travaux : elles sont en effet postérieures aux piles du XI^e siècle sur lesquelles elles retombent, et antérieures aux maçonneries qui remplissent ces murs.

7. *Recueil des Historiens des Gaules et de la France*, 1876 t. XIX, p. XCI-XCIV; PLUQUET 1829.

8. *Chronicon ex chronicis*, THORPE (éd.) 1849, t. II, p. 54.

9. GUILLAUME DE MALMESBURY, *De gestis regum Anglorum*, STUBBS (éd.) 1889, t. II, p. 475.

10. VALLERY-RADOT 1922.

11. RAOUL TORTAIRE, *Rodulfi Tortarii carmina*, OGLE et SCHULLIAN (éd.) 1933, p. 329.

12. LIESS 1967, p. 298.

13. THIRION 1974, p. 249.

La cathédrale gothique

Les tours occidentales et le beffroi

La mention d'un nouvel incendie en 1160 nous est rapportée par la *Chronique* de Robert de Torigni¹⁴ qui évoque les travaux de restauration menés sur la cathédrale par l'évêque Philippe d'Harcourt (1142-1163) suite aux dommages causés par un feu. Poursuivi par son successeur l'évêque Henri II (1165-1205), ce chantier bénéficia de mesures de financement particulières, d'une part, grâce à l'attribution des prébendes canoniales dont le titulaire était soit mort dans l'année soit dans sa première année de titularité et, d'autre part, grâce au rétablissement d'une confrérie de charité destinée à la récolte de fonds¹⁵. Ces revenus permirent d'importantes reprises au niveau de la nef : les deux bas-côtés furent nouvellement voûtés par des croisées d'ogives et, selon Jacques Thirion et Jean Vallery-Radot, les grandes arcades romanes furent renforcées chacune par deux rouleaux et par l'adjonction de nouvelles colonnes engagées et de colonnettes d'angles sur les supports¹⁶. La salle du chapitre, construite au nord du portail occidental appartient aussi à cette campagne de travaux.

Dans le comble de la nef, le mur pignon de la façade occidentale du XIII^e siècle présente, dans l'axe de la toiture et en partie haute, noyée dans ses maçonneries, une ancienne baie à arc brisé de la seconde moitié du XII^e siècle. Par ailleurs, les trois ouvertures situées au-dessous de cette ancienne baie conservent à l'intérieur de leur voussure des piédroits d'anciennes baies. Il apparaît donc que l'actuel mur pignon du XIII^e siècle a englobé celui d'une toiture antérieure dont la pente était obligatoirement supérieure ou égale à la pente actuelle de 56,5°. Les remaniements de la nef se sont donc portés également sur ses parties hautes jusqu'au rehaussement de sa toiture au niveau actuel.

En ce qui concerne les tours de façade, d'importants remaniements sont à rattacher à cette campagne. Le quatrième niveau des deux tours, le parement des niveaux inférieurs et les contreforts des deux tours sont contemporains de la seconde moitié du XII^e siècle. Les contreforts de la tour nord ont été tous repris au XIII^e siècle à l'exception de ceux des faces sud et est.

Les dispositions particulières des maçonneries de ce quatrième niveau dans la tour nord sont directement liées à la mise en place d'un beffroi en bois. Des alvéoles ménagées dans l'épaisseur des murs étaient originellement destinées au logement d'éléments

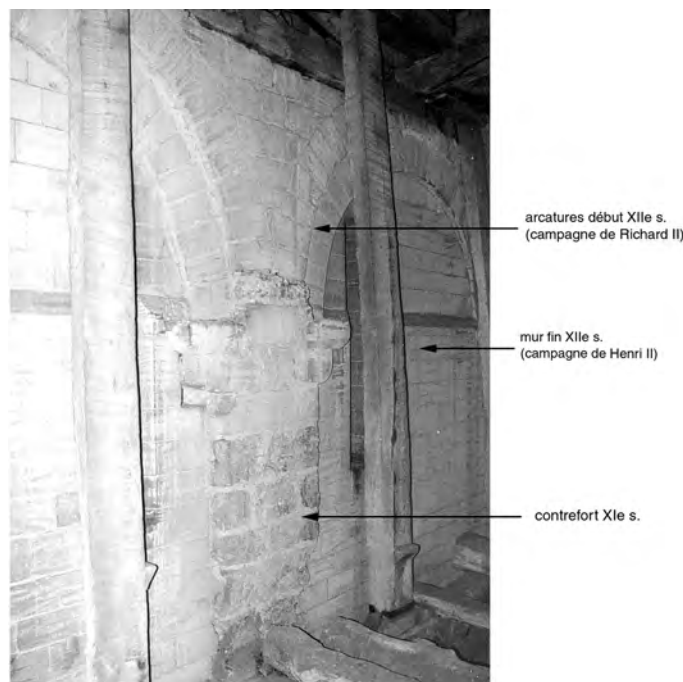


Fig. 8 : Tour nord, mur nord du quatrième niveau.

de contreventement du beffroi, témoignant ainsi d'une concertation évidente entre le maître charpentier de ce beffroi et le maître de maçonnerie du chantier de cette tour.

Le quatrième niveau de la tour nord, situé avant le dernier étage, présente intérieurement des maçonneries qui appartiennent à chacune des trois campagnes de construction de ces ouvrages de façade (fig. 8). On distingue toujours dans cette tour les contreforts plats du XI^e siècle au milieu des murs nord et sud, destinés à reprendre deux grandes arcatures en plein cintre dont quelques claveaux subsistent encore au nord. Ces arcatures, ainsi que les maçonneries des quatre murs, ont été presque entièrement reprises lors de la campagne de l'évêque Richard II (1108-1131). En témoignent les nouvelles arcatures et les taillloirs des chapiteaux de baies noyées par les maçonneries postérieures et visibles dans l'encadrement des baies actuelles. Ces dernières, ainsi que les maçonneries des quatre murs, distinctes des arcatures nord et sud, appartiennent au second chantier du XII^e siècle, sous l'épiscopat de l'évêque Henri II (1165-1205). Cette campagne semble directement liée à la mise en place d'un beffroi installé à ce niveau, comme l'indiquent les nombreux aménagements maçonnés pour les éléments de contreventement en bois de ce beffroi.

Une expertise dendrochronologique menée en août 1997 par le laboratoire Archéolabs sur les bois de ce beffroi permet d'avancer une proposition de datation¹⁷. Les 15 prélèvements effectués sur

14. ROBERT DE TORIGNI, *Chronique*, DELISLE (éd.) 1872, t. I, p. 327.

15. *Antiquus cartularius ecclesiae Baiocensis (Livre noir du chapitre)*, BOURRIENNE (éd.) 1902-1903, t. I, n° LXXXII, p. 105, n° CCV, p. 252, n° XLVII, p. 58.

16. THIRION 1974, p. 252; VALLERY-RADOT 1922, p. 38.

17. Archéolabs réf. ARC 98/R1944D.



Fig. 9 : Beffroi de la tour nord, pan est.



Fig. 10 : Pan est.

les pans-de-bois nord, est et médian, ont établi une séquence chronologique située entre les années 971 et 1184 (dates du plus ancien et du plus récent des cernes mesurés). En raison de l'absence d'aubier complet, cette expertise propose une date d'abattage des bois estimée à 1194 ou dans les cinq années qui suivent. La mise en place de ce beffroi s'inscrit donc dans la campagne de construction entreprise sous l'épiscopat d'Henri II (1165-1205).

Ce beffroi est depuis longtemps abandonné, au profit d'un autre plus récent placé sur le plancher de l'étage supérieur. Cet abandon a permis l'installation d'une grande roue à homme pour actionner un cabestan horizontal. Le cordage de cet engin de levage passait par une large baie ouverte dans le mur ouest (fig. 3), originellement destinée au passage des cloches. La taille à la scie de long de ses bois, ainsi que ses marques d'assemblage, similaires à celles de la charpente de la nef datée de la fin du XVI^e ou du début du XVII^e siècle¹⁸, semblent indiquer que la mise en place de cet engin appartient à l'époque moderne, liée certainement à la reconstruction de la charpente de la nef.

Les principaux éléments de structure du beffroi ont été conservés en place afin de servir de support à des étais pour le plancher du beffroi de l'étage supérieur, tandis que ses pièces de fondation ont toutes été remplacées par 6 longues solives de forte section (35 x 35 cm) posées à même le sol, c'est-à-dire sur l'extrados des voûtes d'arêtes romanes de l'étage inférieur.

Ce beffroi se présente actuellement sous la forme de quatre pans-de-bois dont trois sont parallèles dans le sens est-ouest et perpendiculaires au quatrième pan placé contre le mur est (fig. 16). Les trois pans parallèles sont équidistants de 2,05 m et de dimensions identiques avec 6,15 m de long sur 4,60 m de haut en moyenne, tandis que le quatrième pan mesure 5,25 m de long

18. Cette charpente est en effet antérieure à l'incendie de 1676 dont les traces subsistent à la hauteur de la cinquième travée et postérieure au XV^e siècle par la forme de sa structure. Il est possible qu'elle ait été refaite après les guerres de Religion au cours desquelles, en 1563, sa couverture de plomb a été récupérée par les protestants (AD Calvados, G 50).



Fig. 11 : Raccord du pan est et du pan sud.



Fig. 12 : Pan médian transversal.

sur 3,80 m de haut. Cet ensemble n'occupe que la moitié de la hauteur de cet étage et aucune trace d'assemblage ne permet d'affirmer qu'un second niveau de pans-de-bois existait à l'origine.

Le pan-de-bois disposé contre le mur est (fig. 9-10 et 17) est composé d'une sablière basse sur laquelle s'appuient trois poteaux équidistants de 2,05 m porteurs d'une sablière haute. Le poteau médian est de section plus large que celle des poteaux de bout (30 x 18 cm contre 21 x 21 cm) qui présentent chacun une légère inclinaison orientée vers l'intérieur du pan du bois. Leur inclinaison, de l'ordre de 1° environ, donne sensiblement à ce pan-de-bois la forme d'un trapèze. Ces poteaux sont assemblés aux sablières par des tenons-mortaises chevillés. De nombreuses pièces obliques pouvant être considérées comme des écharpes liaisonnent l'ossature en formant un réseau réticulé orthogonal. Ces écharpes au nombre de douze, six dans un sens et six dans l'autre, disposées en diagonale selon un angle de 45°, constituent des modules carrés de 75 cm de côté intérieurement. Elles sont toutes fixées aux pièces

de l'ossature par des assemblages à mi-bois avec ergot et emboîtement, et assemblées entre elles par des entailles à mi-bois chevillées. Leur mise en place s'est faite lorsque l'ossature était déjà en élévation puisque les mi-bois se présentent sur la face ouest et qu'il eût été difficile d'assembler au sol les écharpes et de lever ce pan avec sa face d'établissement orientée vers le sol. Ces écharpes ont été mises en place en deux opérations successives : d'abord l'assemblage des pièces dont la tête est orientée vers le nord, ensuite le montage de celles qui sont inclinées dans le sens inverse. Notons que certains assemblages à mi-bois chevauchent le tenon-mortaise de tête ou de pied des poteaux de l'ossature. Il est important de remarquer que les poteaux médian et sud servent à l'assemblage des écharpes des pans-de-bois qui sont orientés face à eux et font ainsi office de poteaux corniers dans la structure de ce beffroi.

Les trois pans orientés dans le sens est-ouest, perpendiculaires au pan est, présentent une disposition de pièces presque analogue à celle du pan précédent.



Fig. 13 : Raccord du pan médian au pan est.



Fig. 14 : Détail d'assemblage du pan médian au pan est.



Fig. 15 : Prolongement d'écharpe du pan médian sur le pan est.

Le pan sud, placé contre le mur sud (fig. 18), a vu sa sablière basse et ses éléments ouest remplacés à l'époque moderne. D'après la position et l'orientation des entailles des assemblages à mi-bois visibles sur les bois encore en place, on peut proposer, avec une relative certitude, une restitution de ce pan.

L'ossature de ce pan-de-bois devait être à l'origine composée d'une sablière basse qui se prolongeait sous la sablière basse du pan est pour le supporter, de quatre poteaux équidistants de 1,70 m environ pour une hauteur de 4,20 m, et d'une sablière haute. Les poteaux étaient étré sillonnés entre eux par un cours d'entretoises assemblées à mi-hauteur par tenon-mortaise. Le poteau le plus occidental a été supprimé et remplacé à l'époque moderne tandis que celui qui le précède a été substitué par un autre poteau venant de ce beffroi, comme l'attestent ces assemblages et ceux de la sablière haute. Ils sont disposés exactement aux emplacements des anciens poteaux puisqu'ils reprennent chacun l'assemblage de tête dans la sablière haute.

Chacun de ces poteaux était épaulé par une longue pièce oblique, assemblée en tête du poteau par un très long tenon-mortaise doublement chevillé dans l'axe du tenon, étré sillonné à ceux-ci par une courte entretoise assemblée à chaque bout par un mi-bois à demi-queue d'aronde, et assise en pied dans une des solives du beffroi. Ces pièces obliques, dont une est encore conservée dans l'angle sud-est du beffroi, étaient logées dans l'épaisseur des maçonneries dans une étroite alvéole prévue à cet effet. Ces alvéoles, au nombre de quatre, sont parementées et pourvues d'une voussure en berceau tiers-point, appareillée de deux rouleaux à ressauts délardés. Les solives destinées à la

réception de ces contrefiches se prolongeaient à l'intérieur de ces alvéoles.

Il faut remarquer le décalage qui existe entre la position de ces poteaux et ces alvéoles. En effet, les contrefiches ne sont pas placées perpendiculairement au pan-de-bois mais obliquement et de façon symétrique pour chaque poteau. Cette inclinaison de l'ordre de 20° environ par rapport à la perpendiculaire, permet d'expliquer leur rôle. Si ces contrefiches étaient perpendiculaires au pan-de-bois, elles serviraient à le contrebuter dans le sens nord-sud. Comme nous le verrons plus loin, ce pan travaillait dans le sens est-ouest en résistant au branle d'une ou de plusieurs cloches fixée(s) latéralement sur ce pan. Ces contrefiches permettaient donc de contrebuter longitudinalement le pan-de-bois afin de parer au balancement est-ouest de son ossature.

Un entrecroisement de dix écharpes obliques, inclinées à 45°, cinq dans un sens et cinq dans l'autre selon une maille orthogonale régulière, raidit l'ossature. Cette maille définit des carrés de 1 m de côté en moyenne. À l'identique du pan précédent, les assemblages de tête et de pied sont à mi-bois avec ergot et embrèvement tandis que les croisées d'écharpes sont de simples entailles à mi-bois. Du côté est, les écharpes se prolongent par une entaille à mi-bois au-delà du poteau de bout de ce pan pour aller s'assembler sur celui du pan est (fig. 15). Ces entailles à mi-bois comportent également un embrèvement sur la face ouest du poteau et un ergot orienté comme celui du mi-bois des assemblages de bout d'écharpes. Enfin, un chevillage liaisonnait directement les poteaux de bout de ces deux pans par une longue cheville traversante au niveau de la sablière haute du pan est, et une seconde à mi-hauteur des poteaux.

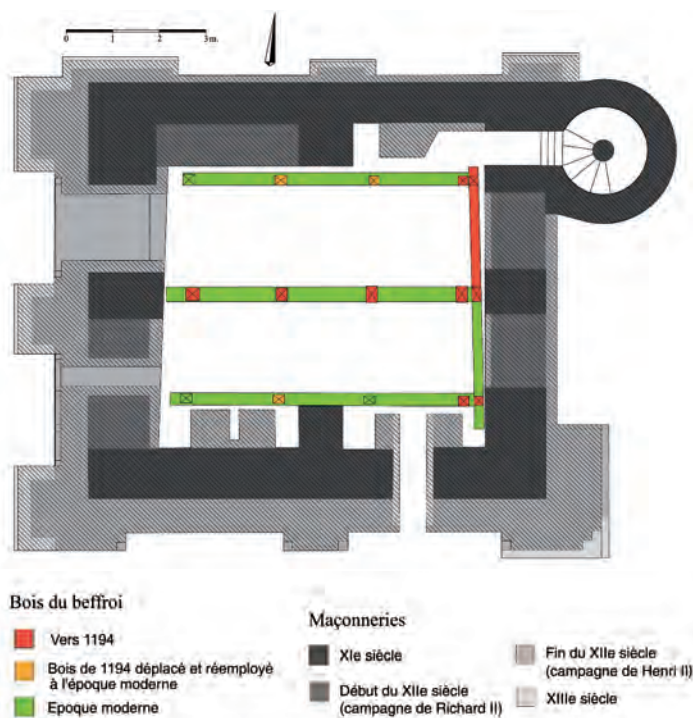


Fig. 16 : Plan du beffroi de la tour nord au niveau des sablières basses.

Les embrèvements des mi-bois de bout d'écharpes trouvent ici une explication par les efforts produits sur ce pan par le branle d'une ou de plusieurs cloches. Les écharpes subissant alors des contraintes longitudinales travaillaient aussi bien en compression qu'en traction, selon le balancement. L'embrèvement permettait aux assemblages à mi-bois de résister aux efforts de compression en offrant un contrebutement efficace tandis que l'ergot assurait la résistance de l'assemblage aux efforts de traction. Il en était de même pour les entailles du poteau de bout est de ce pan.

Le pan-de-bois médian présente une structure presque identique à celle du pan précédent à l'exception du fait que le plan des écharpes est ici doublé sur les deux faces du pan (fig. 19). L'ossature est constituée d'une sablière haute et basse et de quatre poteaux, étrépillonnés à mi-hauteur par un cours d'entretoises. Tous les assemblages de cette ossature sont à tenon et mortaise voire à double tenon-mortaise comme pour la tête des poteaux de bout est et ouest.

Le raidissement de l'ossature est assuré par deux plans verticaux d'écharpes entrecroisées, l'un sur la face nord, l'autre sur la face sud. Ces deux plans sont rigoureusement identiques et leurs points d'assemblage placés de façon symétrique par rapport à l'axe de ce pan sur les pièces de l'ossature. Ce réseau d'écharpes entrecroisées, inclinées à 45°, constitue une maille de carrés de 90 cm de côté en moyenne.

Les assemblages aux extrémités de ces écharpes, sur la sablière haute et le poteau de bout est, sont à mi-bois avec ergot et

embrèvement pour résister aux efforts de traction et de compression. La fixation du pan est assurée par le prolongement de deux écharpes, doublées sur le poteau médian de l'autre pan, par deux longues chevilles traversantes à hauteur de la sablière haute du pan est¹⁹ ainsi que par une petite entretoise logée par une mortaise dans chacun de ces poteaux et chevillée pour maintenir leur écartement (fig. 12-15). L'ergot et l'embrèvement se retrouvent aussi sur les entailles de ces prolongements d'écharpes. La sablière basse de ce pan, comme pour le pan sud, se prolongeait sous la sablière basse du pan est pour le supporter.

On peut remarquer plusieurs anomalies sur toute la partie ouest de ce pan, en l'occurrence sur les deux poteaux qui présentent surtout des assemblages à mi-bois en demi-queue d'aronde. En effet, le réseau d'écharpes entrecroisées ne se poursuit pas sur ces poteaux tandis que la sablière haute témoigne de son prolongement sur cette partie du pan par une double entaille à mi-bois avec ergot et embrèvement ainsi qu'une autre, simple, sur la face sud, disposées sur cette sablière selon la maille de ce réseau. Outre l'étrépillon horizontal, ces deux poteaux sont raidis par une grande croix de Saint-André, dont les croisillons sont assemblés par des mi-bois à demi-queue d'aronde. Le sens du recouvrement de ces croisillons ne correspond pas à celui des écharpes du réseau. Sur la face nord, les écharpes dont la tête est orientée vers l'est recouvrent celles dont la tête est vers l'ouest alors que pour les croisillons, le sens est inversé. Remarquons enfin la différence de section entre les deux poteaux est avec 35 x 25 cm contre 28 x 25 cm pour les deux poteaux ouest. Ceci peut toutefois s'expliquer, comme nous le verrons plus loin, par les charges distinctes des cloches que ces poteaux supportaient. L'épaisseur de 35 cm des poteaux est, identique à celle de la sablière haute, se justifie par l'assemblage des doubles écharpes qui viennent se fixer à ces pièces par des mi-bois.

Ces deux poteaux ouest peuvent donc ne pas correspondre pas au schéma initial. Ils ne peuvent pas provenir d'un autre pan de ce beffroi puisque ces poteaux possèdent des assemblages sur leurs deux faces et que ce pan est le seul à comporter un double raidissement. Il est possible qu'au cours de la réalisation de ce pan il y eût un repentir, délaissant le projet d'un réseau complet d'écharpes entrecroisées au profit d'une partie ouest moins ouvragée avec seulement une grande croix de Saint-André, peut-être pour supporter des charges moins fortes que celles prévues initialement. De plus, il est difficile d'admettre qu'il puisse s'agir d'une réfection tardive puisque la technique de dédoublement du raidissement y est utilisée et que les assemblages sont à mi-bois. Cela pourrait donc correspondre soit à un repentir, soit à un remaniement postérieur à l'exécution du beffroi de quelques années seulement.

19. Ces chevilles sont placées exactement sous l'assemblage des écharpes. Elles ont donc été enfoncées avant la mise en place de ces dernières.

Le dernier pan-de-bois de ce beffroi, posé contre le mur nord et parallèle aux deux précédents, comporte également une sablière basse et haute ainsi que quatre poteaux porteurs étré sillonnés par des entretoises à mi-hauteur (fig. 20). Les deux sablières, le poteau ouest, les entretoises et toutes les pièces du raidissement de l'ossature ont été mis en place à l'époque moderne en remplacement des éléments d'origine à des emplacements parfois bien différents.

L'extrémité est de la sablière basse d'origine a été conservée sous la sablière basse du pan est qu'elle supportait. Concernant la hauteur d'origine de ce pan, elle était plus élevée que celle d'aujourd'hui et atteignait 4,20 m comme les deux autres pans qui lui sont parallèles. Les poteaux actuels ont ici été tronqués en tête.

Les trois poteaux primitifs paraissent encore en place bien que certaines anomalies se remarquent. Il est en effet difficile de relier les entailles à mi-bois des anciens assemblages présents sur la face sud des poteaux par d'éventuelles écharpes. Il est donc probable que certains poteaux ont été déplacés. Le poteau est présente des assemblages uniquement sur sa face ouest tandis qu'une longue cheville traversante le fixe à la sablière haute du pan est, comme pour les autres poteaux est des pans parallèles. Ce poteau est donc en place. Celui qui le précède semble également en place. En effet, il possède en tête sur sa face nord une longue mortaise et, à mi-hauteur sur son flanc est, une entaille à mi-bois orientée vers l'intérieur de l'alvéole maçonnée située en retrait du poteau. Comme pour les poteaux du pan sud, celui-ci était donc doté d'une longue contrefiche oblique, assemblée en tête par tenon-mortaise et raidie par une entretoise liaisonnée par des mi-bois. De même, la position de cette contrefiche n'était pas à la perpendiculaire du poteau mais présentait une inclinaison de 20° environ, comme pour les poteaux du pan sud. Cet épaulement permettait au poteau de résister à des efforts de balancement longitudinal du pan provoqué par le branle d'une cloche. En raison de la position de cette alvéole, ce poteau contrefiché se trouve nécessairement à son emplacement d'origine puisqu'il n'existe pas d'autre alvéole. Cependant, on constate que sa position actuelle ne coïncide pas avec le réseau d'écharpes partant du poteau est. Pour cela, il faut le décaler d'une vingtaine de centimètres, à 1,85 m du poteau est, toujours face à l'alvéole.

Le troisième poteau à l'ouest de ce pan semble correspondre à un réemploi d'un poteau provenant d'un autre pan-de-bois. À son emplacement, plus exactement à 1,85 m du poteau précédent, il faut placer le deuxième poteau ouest du pan sud dont les entailles d'assemblages à mi-bois correspondent précisément au réseau d'écharpes de ce pan nord. Ce dernier était constitué, entre le poteau est et l'avant-dernier poteau ouest, d'un entrecroisement de six écharpes obliques, toutes inclinées à 45° selon une maille formée de carrés de 1,10 m de côté. Ces écharpes étaient toutes assemblées aux éléments de l'ossature par des mi-bois avec ergot. Entre les

deux poteaux ouest, une grande croix de Saint-André raidissait l'ossature comme pour le pan médian avec des assemblages à mi-bois à demi-queue d'aronde en tête et en pied des croisillons.

On constate l'absence d'entaille à mi-bois en pied du poteau est alors que selon le réseau d'écharpes de ce pan, deux écharpes doivent s'y assembler par des mi-bois. En raison de la proximité de l'escalier à vis, il est fort probable qu'il y a eu à environ 65 cm du poteau est un poteau d'huissierie pour contenir ces écharpes et recevoir leurs assemblages de façon à libérer le seul passage d'accès à l'intérieur du beffroi. Ce poteau d'huissierie était soit de faible section et s'assemblait en tête à l'entretoise des deux poteaux est de l'ossature, soit de forte section et s'assemblait en tête à la sablière haute. Dans ce dernier cas, il fonctionnait comme un poteau d'ossature, s'assemblant par mi-bois aux autres écharpes, par tenons-mortaises à l'entretoise et travaillant en compression ce qui permettrait d'expliquer la faible section du poteau est comparée à celle des poteaux orientaux des autres pans.

Existait-il un cinquième pan-de-bois dans ce beffroi, contre le mur ouest ?

Le poteau en réemploi dans le pan nord ne rentre dans aucune composition des quatre pans de ce beffroi. Il peut donc provenir soit d'un cinquième pan, soit d'un autre beffroi, placé dans la tour sud et démonté lors de la restauration de celui-ci à l'époque moderne. Dans l'hypothèse d'un cinquième pan, celui-ci devait nécessairement servir à l'étré sillonnement des trois pans orientés est-ouest, comme le pan est, or le pan médian, le plus soumis au branle des cloches, n'y était pas assemblé et on ignore si cela était le cas pour les pans nord et sud. De plus, il apparaît difficile d'envisager la présence d'un pan-de-bois devant la grande baie du mur ouest, destinée au passage d'origine des cloches, sachant que s'il existait, celui-ci n'était pas démontable puisque bloqué comme le pan est entre les poteaux des autres pans et la maçonnerie. Par ailleurs, le poteau réemployé ne correspond pas à une structure d'étré sillonnement comme le pan est. Sa hauteur, voisine de 4,30 m environ²⁰, et ses tenons-mortaises latéraux, prévus pour des entretoises à mi-hauteur²¹, l'assimilent aux poteaux des pans orientés est-ouest. Notons surtout qu'en raison de sa hauteur, le pan-de-bois auquel il appartenait devait mesurer 4,80 m au minimum, avec 25 x 25 cm pour chacune des deux sablières, ce qui est incompatible avec l'espace disponible entre les sablières débordantes des pans orientés est-ouest pour un éventuel pan-de-bois. Le débord des sablières inférieures devait en effet supporter le pan et celui des sablières hautes limitait la hauteur de ce dernier à 4,30 m et la hauteur maximale des poteaux à 3,80 m. Le poteau en réemploi dans le pan nord ne peut donc pas provenir d'un pan-

20. Poteau plus haut que tous les autres et entaillé en pied comme en tête pour le passage de la sablière.

21. Ces assemblages réemployaient d'anciennes mortaises préexistantes.

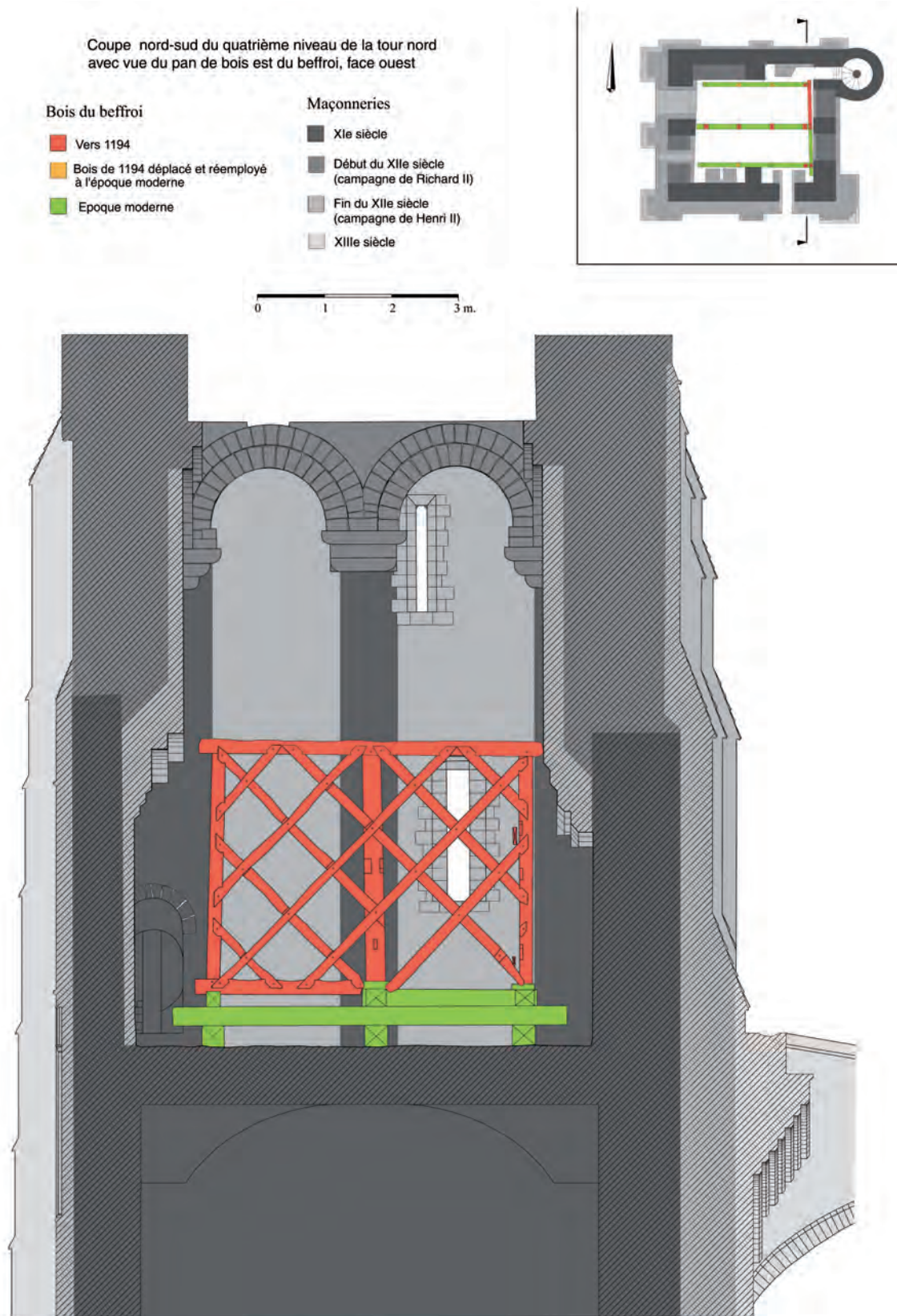


Fig. 17 : Coupe nord-sud du quatrième niveau de la tour nord
avec vue du pan est du beffroi, face ouest.

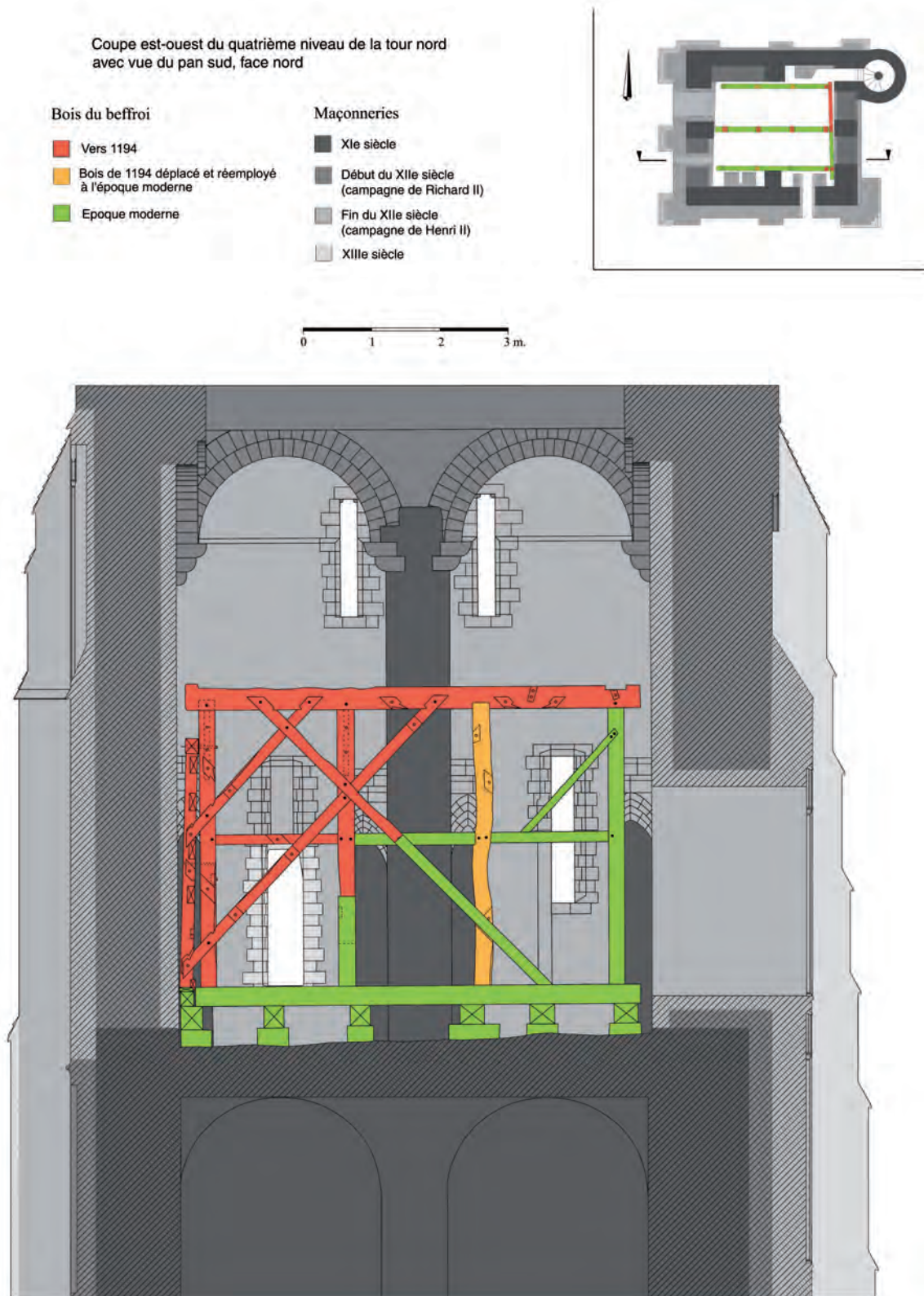


Fig. 18 : Coupe est-ouest du quatrième niveau de la tour nord avec vue du pan sud, face nord.

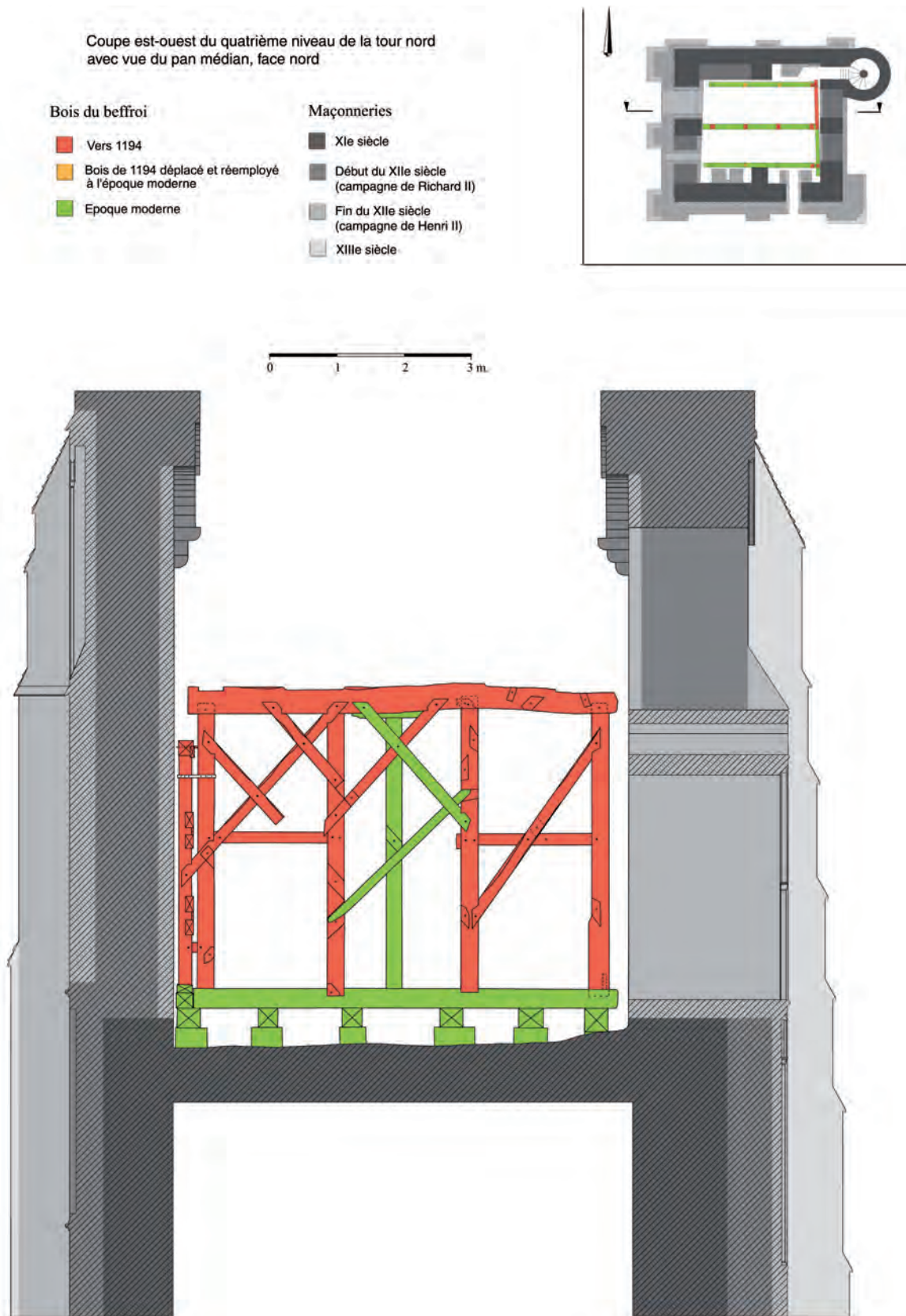


Fig. 19 : Coupe est-ouest du quatrième niveau de la tour nord
avec vue du pan médian, face nord.

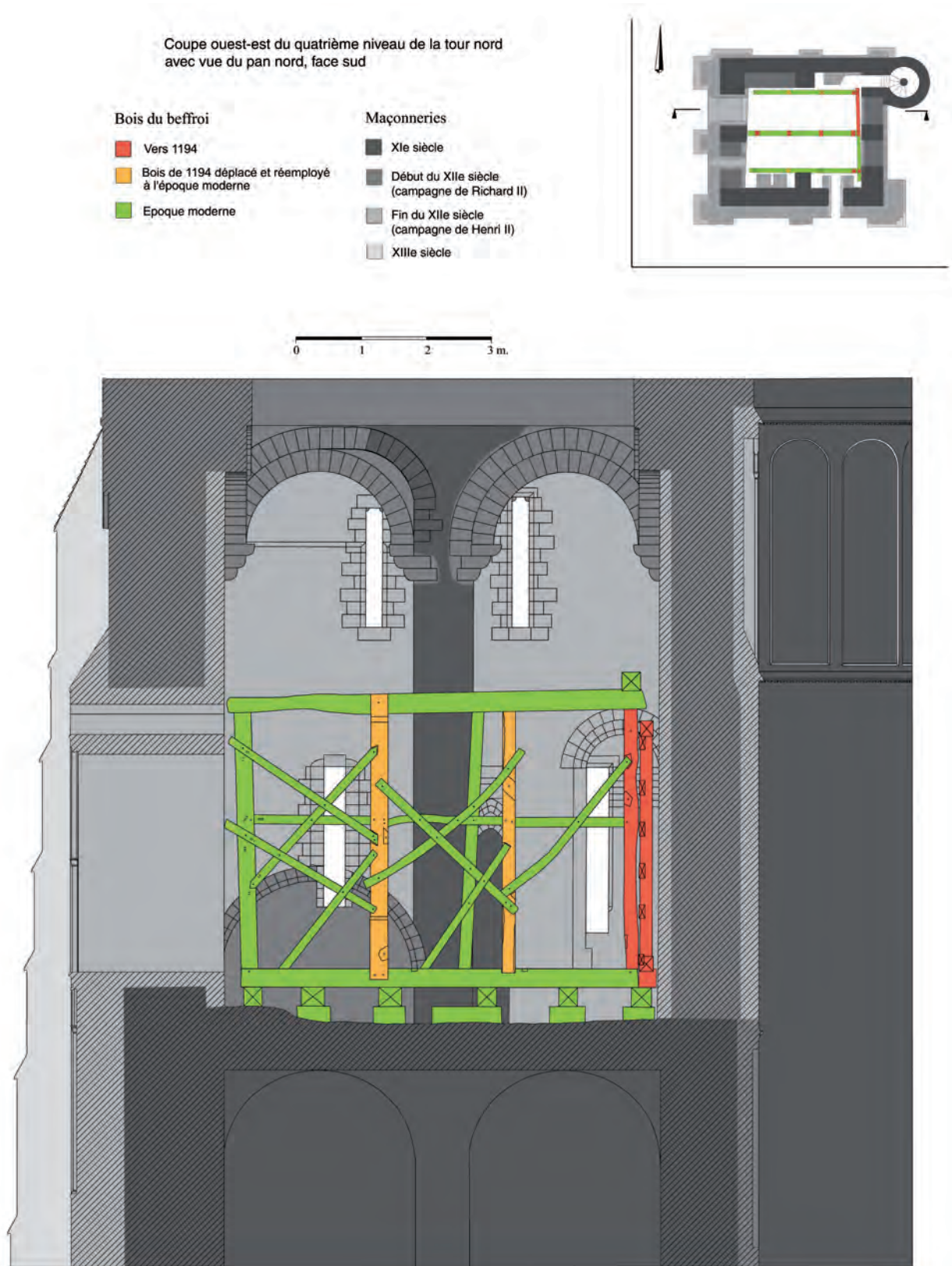


Fig. 20 : Coupe ouest-est du quatrième niveau de la tour nord avec vue du pan nord, face sud.

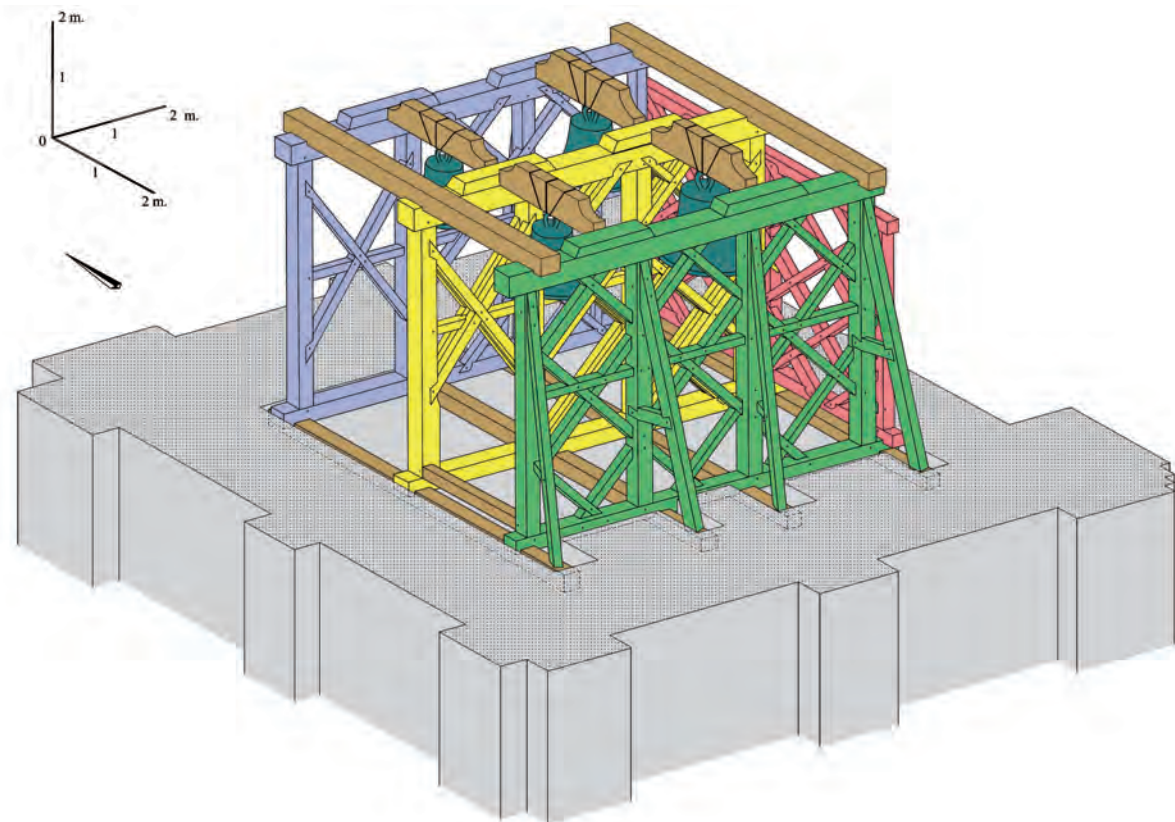


Fig. 21 : Restitution axonométrique du beffroi (les couleurs servent uniquement à visualiser les différents pans-de-bois).

de-bois situé contre le mur ouest. Il témoigne, en conséquence, de la présence d'un deuxième beffroi de dimensions et de structure analogues à celui-ci, probablement dans la tour sud.

Bien que l'espace situé entre l'extrémité des pans orientés est-ouest et le mur ouest soit suffisant pour placer un pan-de-bois, l'ouverture de la grande baie pour le passage des cloches et l'absence d'assemblage entre le pan médian et un éventuel poteau à l'ouest incitent à penser qu'aucun pan-de-bois n'existait contre ce mur.

L'étrésillonnement des trois pans-de-bois parallèles était donc assuré par le pan est, par des assemblages aux écharpes pour les pans médian et sud, et seulement par une grosse cheville pour le pan nord (fig. 21). Un second dispositif d'étrésillonnement consistait en deux grosses poutres, de 37 x 35 cm environ de section, assemblées sur ces pans aux extrémités des sablières hautes. On observe en effet en ces endroits de larges entailles à mi-bois destinées à leur fixation. Les entailles de la sablière haute du pan sud présentent d'ailleurs une queue d'aronde qui permettait à ces poutres de résister à l'écartement des pans. Enfin, un troisième étrésillonnement assurait le maintien de l'écartement du pan médian et du pan sud par une poutre assemblée par tenon-mortaise en pied des poteaux de bout ouest de ces deux pans.

Seule cette mortaise s'observe encore sur le flanc sud du poteau du pan médian, en pied. Notons aussi que le dispositif de fixation de ces cloches servait aussi à étrésillonner ces pans par l'intermédiaire des moutons auxquels elles étaient suspendues.

Existait-il un second étage au beffroi ?

L'existence du poteau de réemploi du pan nord provenant d'un second beffroi permet en effet de se poser la question. Il faut toutefois reconnaître qu'aucun dispositif d'assemblage pour d'éventuelles structures au niveau supérieur de ce beffroi n'a été identifié. En outre, il serait illogique de concevoir un beffroi subdivisé en étages sans un prolongement continu des poteaux de soutènement de la base au sommet du beffroi, dans la mesure où cela était ici possible. L'exemple du beffroi du XII^e siècle de l'église Saint-Pierre à Chartres (6,66 m de côté à la base pour 7 m de haut) est éloquent avec son ossature de poteaux continus sur toute la hauteur de la structure. Il en est de même de la plupart des beffrois qui leur sont postérieurs et qui présentent des dimensions analogues. D'autre part, un beffroi constitué de deux étages indépendants, posés l'un sur l'autre, paraît inconcevable sur le plan statique. Bien que ce beffroi occupe à peine

la moitié de la hauteur de cet étage ou « chambre des cloches », il ne comportait pas de second étage. Le volume supérieur de cet étage devait probablement servir de caisse de résonance.

Combien de cloches ce beffroi pouvait-il recevoir et à quels emplacements ?

Les dispositifs de contrebutement des quatre poteaux du pan sud permettaient à ce dernier de résister bien plus que le pan nord, qui ne possède qu'une seule contrefiche, aux efforts du branle des cloches. La différence de section des poteaux du côté oriental entre le pan nord et le pan sud (24 x 21 et 24 x 18 cm au sud contre 21 x 20 cm au nord) ainsi que l'assemblage des écharpes du pan sud à l'ossature du pan est constituent une preuve évidente au regard de l'absence d'assemblage du pan nord pour affirmer que le branle des cloches était plus violent dans la cage sud que dans la cage nord.

Le pan le plus résistant reste bien évidemment le pan médian, qui supportait toutes les cloches de ce beffroi. Ses poteaux présentent les plus fortes sections et le dédoublement du réseau d'écharpes sur ses flancs nord et sud illustre bien les efforts auxquels il était soumis. Notons toutefois que la partie ouest, avec ses deux poteaux de 26 x 28 cm de section et une simple croix de Saint-André, est moins résistante que la partie est, dotée de deux poteaux de 25 x 35 cm de section et d'un réseau dense d'écharpes, comme pour le pan nord.

On peut donc avancer l'hypothèse selon laquelle une grosse cloche était positionnée dans la partie orientale de la cage sud et une cloche de taille moyenne dans la partie occidentale. Pour la cage nord, on peut supposer qu'à l'est se trouvait une cloche de taille moyenne et à l'ouest une cloche de plus petite dimension. Cette répartition permet d'expliquer les différences de section des poteaux de l'ossature, les assemblages d'écharpes pour consolider la partie est de la cage sud et l'absence du réseau d'écharpes dans la partie ouest de la cage nord.

Concernant les dimensions réelles de la plus grosse des cloches, on ne peut qu'envisager un diamètre inférieur ou égal à 1,46 m correspondant à la largeur de la baie de passage des cloches du mur ouest. Larges de 2,05 m à mi-hauteur des pans, ces deux cages ne pouvaient de toute façon recevoir que des cloches au diamètre maximal de 1,50 m. En effet, la largeur d'une cloche équivalant à sa hauteur totale, de la pince (base de la cloche) aux anses, le balancement d'une telle cloche suspendue à son mouton réclame une longueur maximale de 3 m soit la longueur exacte de la moitié d'une loge.

Enfin, en ce qui concerne la fixation de ces cloches, on peut noter que la face supérieure des sablières hautes d'origine des pans médian et sud présente chacune de très nombreux trous de cheville, de 3 à 4 cm de diamètre, répartis sur tout le long de la pièce. Sur la sablière haute du pan sud, ces trous semblent toutefois plus concentrés entre chaque poteau, et une rainure peu profonde, longue de 1 m environ, se remarque entre les deux

poteaux est. On peut donc supposer que le mouton de chaque cloche était fixé aux sablières par l'intermédiaire d'une courte pièce de bois dans laquelle pivotait l'axe du mouton et qui était stabilisée par de nombreuses chevilles de grosse section ainsi que par une languette en sous-face, logée dans une rainure. Les deux petites entailles à mi-bois visibles sur le flanc nord de chacune de ces sablières hautes, du côté ouest, étaient destinées à l'assemblage d'un garde-corps comme celui qui existe encore au sommet du beffroi plus récent de la tour sud.

Le niveau de cet étage est percé de baies à hauteur des cloches, face au sens de la volée dans l'axe des loges sur les murs est et ouest ou sur leur flanc pour les murs nord et sud, au plus proche de la position des cloches, c'est-à-dire entre le poteau de bout et le second de chaque loge. Les baies du mur sud ont été bouchées au XIII^e siècle et l'absence de baie sur la partie nord du mur est se justifie par le retour extérieur de l'escalier à vis. Dicté par la présence des contreforts intérieurs et extérieurs, l'emplacement de ces baies répond toutefois parfaitement aux dispositions des loges du beffroi et au positionnement des cloches de manière à optimiser la diffusion phonique de la sonnerie. De même, au second niveau de la chambre des cloches, les murs sont chacun percés de deux baies, sauf au droit de l'escalier à l'est, au plus proche du centre du beffroi. Elles ne sont plus en effet dans l'axe latéral ou longitudinal de la volée mais au plus près du cœur de la chambre des cloches. Cette disposition particulière, qui se retrouve aux mêmes étages à la tour sud, semble appartenir à une technique d'acoustique architecturale qui assurait une meilleure propagation de la sonnerie vers l'extérieur.

Tous les bois de ce beffroi sont en chêne et présentent une altération de surface généralisée. Exposés aux vents, ces bois ont perdu leur aubier et leurs arêtes ont été érodées. Il ne subsiste plus aucune trace de l'équarrissage, ni du marquage des assemblages et encore moins de l'établissage.

Le chœur

Au début du XIII^e siècle, le chœur roman fut entièrement remplacé par une construction que Jacques Thirion, Jean Vallery-Radot et Maylis Baylé datent des années 1230-1245. Cette datation permet d'expliquer l'inhumation dans la nef des évêques Robert des Ablèges († 1231) et Thomas de Fréauville († 1238), de même que les bulles pontificales accordant en 1243²², 1244²³ et 1254²⁴ des indulgences pour permettre les travaux de reconstruction jugés alors grandioses.

22. *Antiquus cartularius ecclesiae Baiocensis*, BOURRIENNE (éd.) 1902-1903, t. II, n° CCCXXXIV, p. 56.

23. *Ibid.*, n° CCCXXXIII, p. 54.

24. *Ibid.*, n° CCCIII, p. 129, n° CCCIV, p. 130.

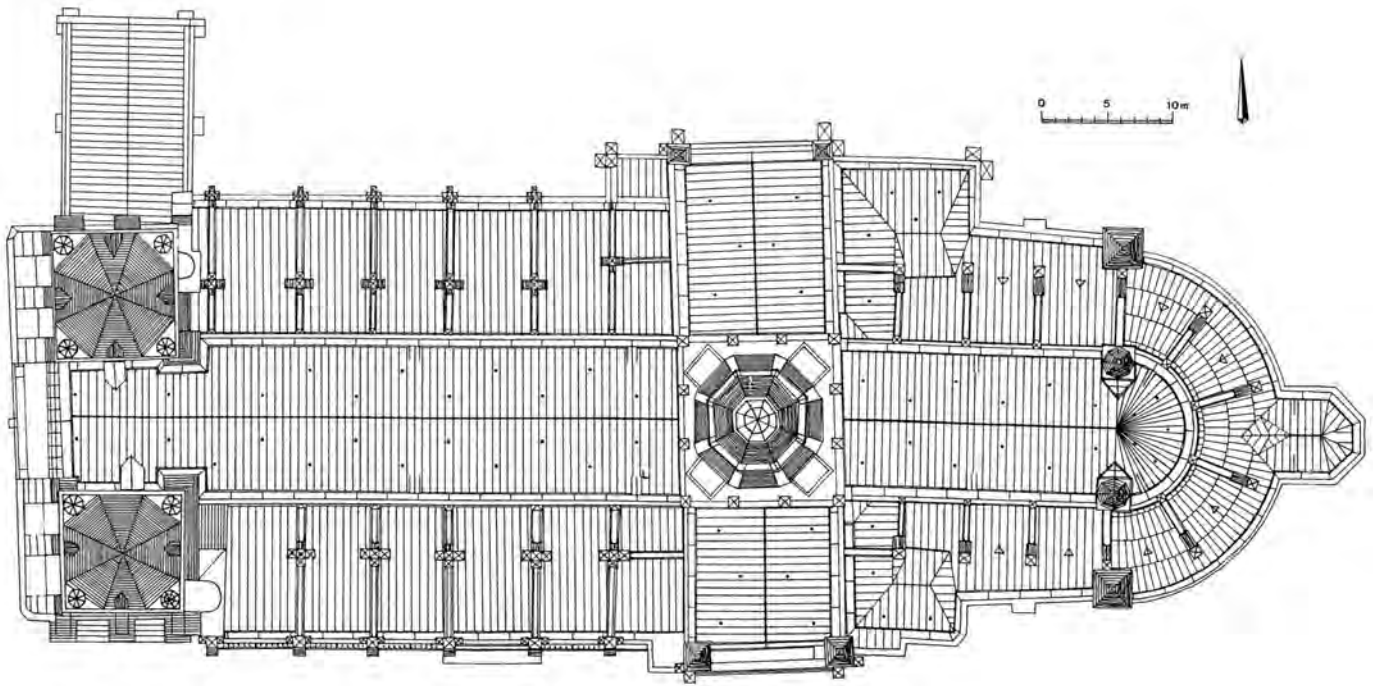


Fig. 22 : Plan des toitures de la cathédrale de Bayeux (DECARIS 1992 d'après VALLERY-RADOT 1922).

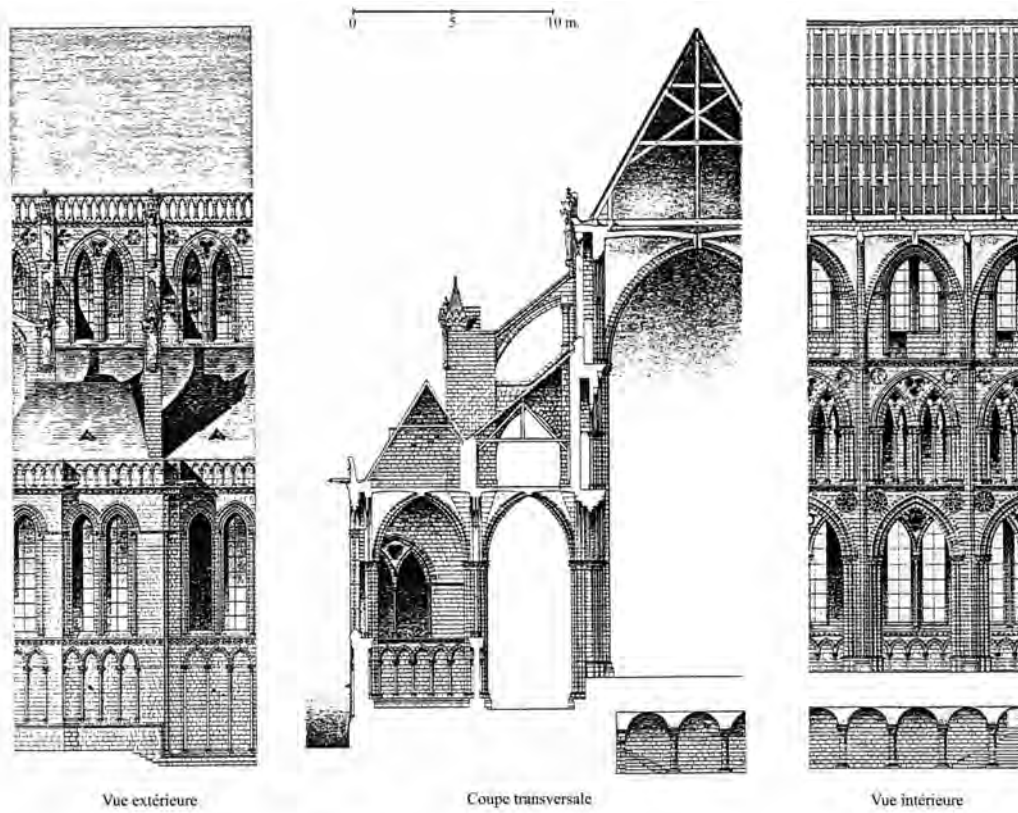


Fig. 23 : Coupes du chœur de la cathédrale de Bayeux (RUPRICH-ROBERT, *Cathédrale de Bayeux. Plans, coupes...*, s.l.n.d.).



Fig. 24 : Chevet de la cathédrale de Bayeux.

Deux expertises dendrochronologiques ont été menées par Archéolabs sur les bois de la charpente du comble du vaisseau principal du chœur, l'une en août 1997 et une seconde en janvier 1998²⁵. La première, basée sur 30 échantillons prélevés dans l'ensemble de la charpente, définit une séquence chronologique située entre 1052 et 1227 avec une proposition de date d'abattage des bois en automne-hiver 1227/1228. La seconde expertise réalisée sur un corpus de 10 échantillons confirme les résultats précédents avec un abattage des bois situé aux environs de 1227, ce qui permet de supposer **une mise en place de la charpente du chœur en 1228**.

Une troisième campagne de datation dendrochronologique sur les charpentes du déambulatoire et du bras sud, réalisée par le laboratoire de Rennes en 2002 et corrigée en 2006, permet de

confirmer les datations précédentes avec une proposition **d'abattage des bois destinés au déambulatoire et aux chapelles latérales en 1224-1225**.

Cette proposition recule d'une ou de deux décennies la construction du chevet de cette cathédrale par rapport aux datations avancées par Jacques Thirion, Jean Vallery-Radot et Maylis Baylé. L'édification du déambulatoire, des chapelles latérales et axiale est achevée en 1225 et les parties hautes du chœur en 1228 ce qui n'empêche pas que l'évêque Robert des Ablèges ait été inhumé en 1231 dans la nef, les voûtes du chœur étant encore certainement en chantier.

Le chœur, long de quatre travées, présente un déambulatoire pourvu de cinq chapelles rayonnantes (fig. 22). L'élévation à trois niveaux est caractérisée par de nombreuses dispositions architecturales appartenant au gothique normand (fig. 23-25). On remarque en effet un triforium très développé, peut-être pour

25. Archéolabs réf. ARC 97/R1730D et 98/R1730D/2.



Fig. 25 : Élévations nord du chœur.

prolonger l'étage des tribunes romanes encore présentes sur le transept, une coursière devant les fenêtres hautes, un doublement interne du remplage des baies, des chapiteaux au tailloir circulaire et un décor très fourni de motifs végétaux, de roses polylobées taillées en creux dans le nu des parois murales et de médaillons sculptés. Les tourelles d'escalier, placées à la naissance du chevet, et la toiture, commune aux chapelles rayonnantes, sont aussi l'expression de cette architecture régionale. Les précédents de cet art gothique normand se signalent particulièrement dans le chœur de Saint-Étienne de Caen attribué aux environs de 1180-1190 et dans le chevet de la cathédrale de Lisieux achevé en 1206d.

Le comble des chapelles rayonnantes et celui du déambulatoire sont réunis sous une toiture commune qui couvre les bas-côtés du chœur sur les quatre travées ainsi que le rond-point. La chapelle Saint-Pierre avec la salle au trésor au nord et la chapelle de la Conception au sud ont un comble distinct de celui du déambulatoire, bien qu'il soit raccordé à ce dernier par un retour de toiture en appentis contre le transept.

a. La charpente du déambulatoire (1224-1225d)

Description générale

La toiture de ce déambulatoire est en appentis sur tout le pourtour du chœur (fig. 26). Prenant naissance primitivement contre les murs du transept, le comble présente une longueur totale de 67,90 m dans l'axe des fermes pour une largeur au sol de 7,60 m en moyenne et une hauteur maximum de 6,75 m, contre l'élévation du chœur. La pente de la toiture en appentis est de 44°.

L'état de conservation de cette charpente est dans l'ensemble des plus satisfaisant (fig. 27 à 30). On regrette toutefois les restaurations du XX^e siècle qui ont touché très sévèrement le chevonnage de la charpente du déambulatoire ainsi que les travées des bas-côtés nord et sud. De même, on peut déplorer les travaux de restauration du XIX^e siècle des combles des chapelles latérales qui possédaient encore leur charpente d'origine. Les éléments réemployés permettront toutefois d'en restituer la structure. Des travaux plus récents réalisés en 1985-1990 sous la direction de Bruno Decaris ont été réalisés sur les travées du bas-côté nord et plus particulièrement sur les structures de la seconde travée ouest en faisant, malheureusement, totalement abstraction des structures anciennes. Ainsi, les parties les mieux conservées de cette charpente sont limitées au rond-point c'est-à-dire aux parties les plus intéressantes du point de vue des techniques de charpenterie en raison de la torsion des bois et de la complexité des assemblages réclamés par la circonvolution de la structure (fig. 31-32).

La charpente est constituée d'un système original de fermes sur portique qui s'intercalent entre les contreforts et les culées des arcs-boutants délimitant les travées du chœur. Le portique se compose de deux pans-de-bois : un pan interne plaqué contre le mur du chœur entre les contreforts (fig. 28) et un pan externe entre les culées, reliés entre eux par les entrails des fermes qu'ils supportent (fig. 30). Ces pans comprennent deux ou trois poteaux par travée, assemblés par des tenons-mortaises chevillés en pied dans une sablière basse et en tête dans une sablière haute. Les cours de sablières sont limités à chaque travée et viennent buter contre les culées et les contreforts. Les poteaux se font face sur chaque pan pour former à intervalles réguliers des couples porteurs le long du portique. Le contreventement longitudinal de cette structure est assuré par des liens obliques assemblés par des mi-bois à ergot aux poteaux et aux sablières hautes. Les faces de ces mi-bois sont orientées vers l'intérieur du portique.

Sur les bas-côtés, les fermes sont disposées au droit de chaque couple de poteaux et, sur le rond-point, au droit de chaque poteau du pan interne (fig. 29). Les travées du rond-point comptent deux poteaux pour le pan interne et trois pour le pan externe, ce qui fait deux couples de poteaux porteurs par travée, le poteau médian du pan externe n'étant pas utilisé pour supporter une ferme. Pour les bas-côtés, la distribution des couples de poteaux diffère entre le nord et le sud. On constate, sans en comprendre

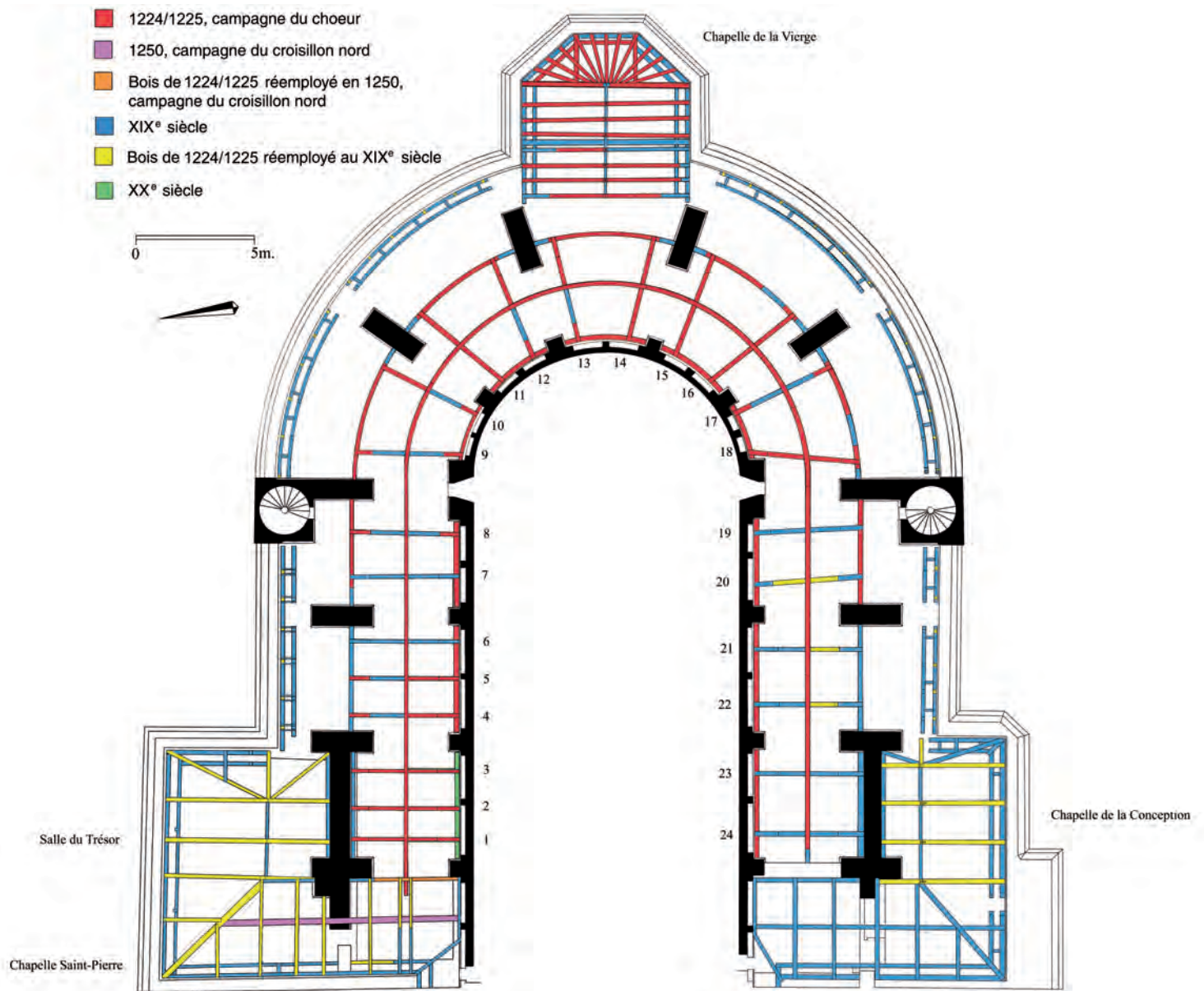


Fig. 26 : Plan de la charpente du déambulatoire sans le chevronnage.

la raison, que les trois premières travées ouest au nord comprendraient chacune trois couples de poteaux, et par conséquent trois fermes, alors que les travées du bas-côté sud n'en contiennent que deux, soit deux fermes par travée.

Les fermes disposées sur chaque couple de poteaux porteurs sont toutes identiques (fig. 33-34). Elles sont constituées d'un entrait posé à ses extrémités sur les sablières hautes des deux pans du portique, d'un poteau central que l'on appellera « poinçon » par commodité et de deux longues décharges assemblées en tête du poteau, à l'entrait par un mi-bois et en pied aux poteaux du

couple porteur (fig. 34 : ferme 14). La face d'assemblage des mi-bois suit l'orientation du rond-point dans le sens nord-sud. Un cours continu de pannes-fâtières, assemblées en tête des poinçons, parcourt l'intégralité de cette charpente. Le contreventement longitudinal est assuré par des liens obliques assemblés en tête à la panne-fâtière et en pied aux poteaux.

Le chevronnage actuel, datant du XIX^e siècle, réemploie de nombreux chevrons d'origine en arbalétriers pour recevoir de courtes pannes. Seule la travée axiale conserve encore son chevronnage d'origine. Celui-ci présente une série de 11 chevrons



Fig. 27 : Charpente du déambulatoire, travée tournante sud.

de 15 x 16 cm de section, reposant en tête par une encoche sur une sablière placée sur trois corbeaux maçonnes dans le mur à 6,42 m de hauteur, et à mi-hauteur sur la panne-faîtière et la sablière haute du pan externe par l'intermédiaire de sabots assemblés aux chevrons par tenon-mortaise (fig. 35). Sur cette travée, l'about inférieur de l'ensemble des chevrons se situe à quelques centimètres en dessous de la sablière haute du pan externe pour laisser place à la charpente de la chapelle axiale (fig. 30). Seuls les chevrons les plus proches des culées de contreforts de cette travée descendent jusqu'au sol, toutefois légèrement amputés en pied pour la mise en place de la noue au XIX^e siècle.

Sur les autres travées, on peut supposer un double cours de sablières pour recevoir les blochets en pied des chevrons et des jambes de force. Les chevrons n'étaient pas monoxyles du sol au faite de la toiture, distants de 10,25 m. Ils étaient composés chacun



Fig. 28 : Pan interne avec sablières courbes disposées contre le mur absidial.



Fig. 29 : Ferme 16 sur portique avec ses bois tors.

de deux pièces assemblées l'une à l'autre par une enture oblique avec abouts droits, fixée par deux ou trois chevilles, à quelques dizaines de centimètres au-dessus de la panne-faîtière. La pièce inférieure mesurait en moyenne 8,50 m de longueur et comprenait les assemblages des sabots. Son enture présentait toujours sa face oblique vers le haut pour reprendre les charges verticales de la pièce supérieure. Deux de ces chevrons composés subsistent en place dans la travée axiale contre les culées des contreforts.

Répartition des charges

Le chevronnage, dans sa disposition d'origine, transmet par l'intermédiaire des sabots aux sablières hautes des pans externes du portique et aux pannes faîtières une force de compression dirigée à peu près perpendiculairement à l'inclinaison des chevrons. Cette charge est reprise en partie par la décharge interne des fermes (celle placée du côté intérieur du chœur) qui est



Fig. 30 : Travée centrale du déambulatoire donnant sur le comble de la chapelle axiale.

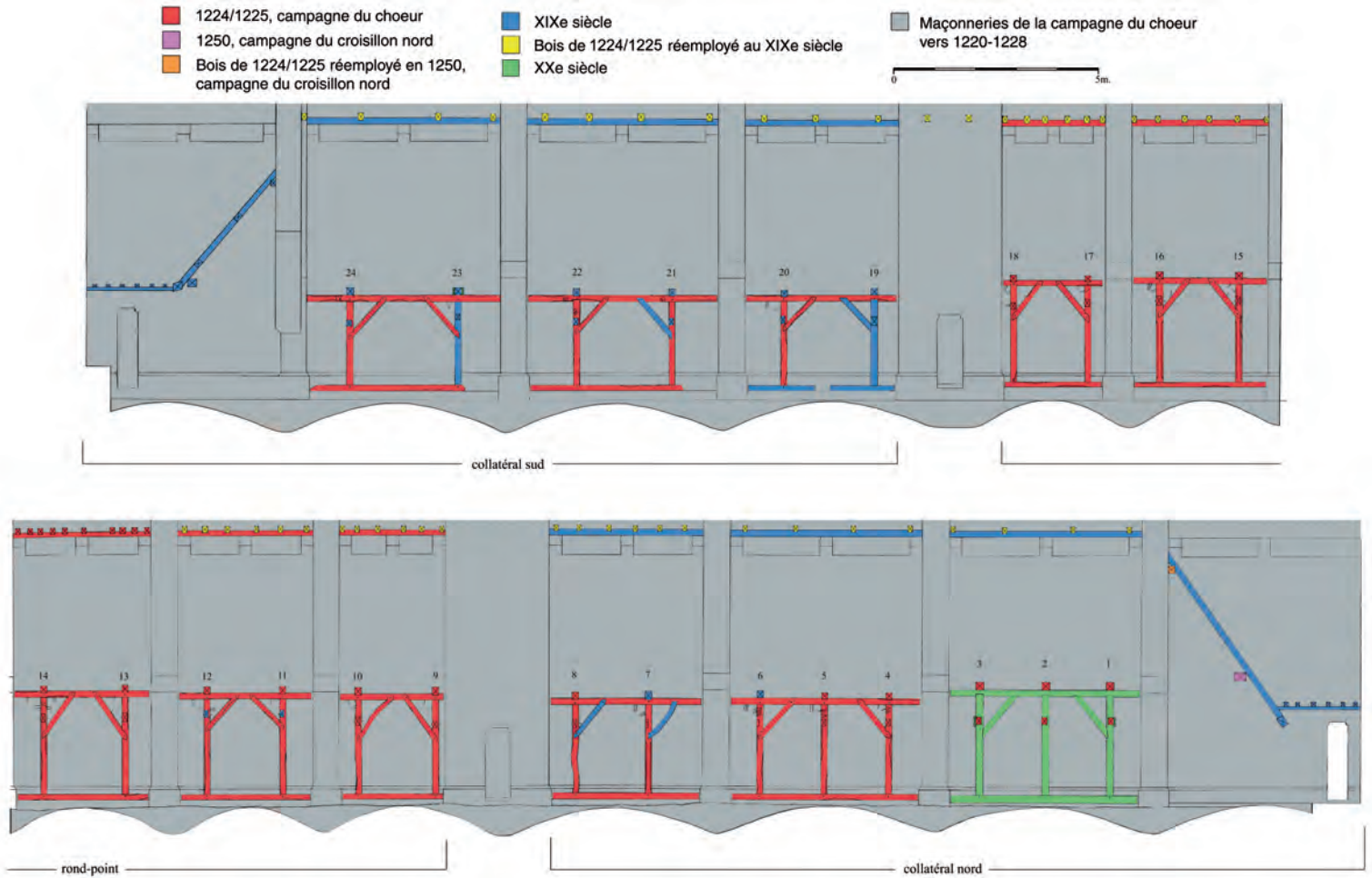


Fig. 31 : Coupe longitudinale de la charpente du déambulatoire, avec vue du pan interne du portique.

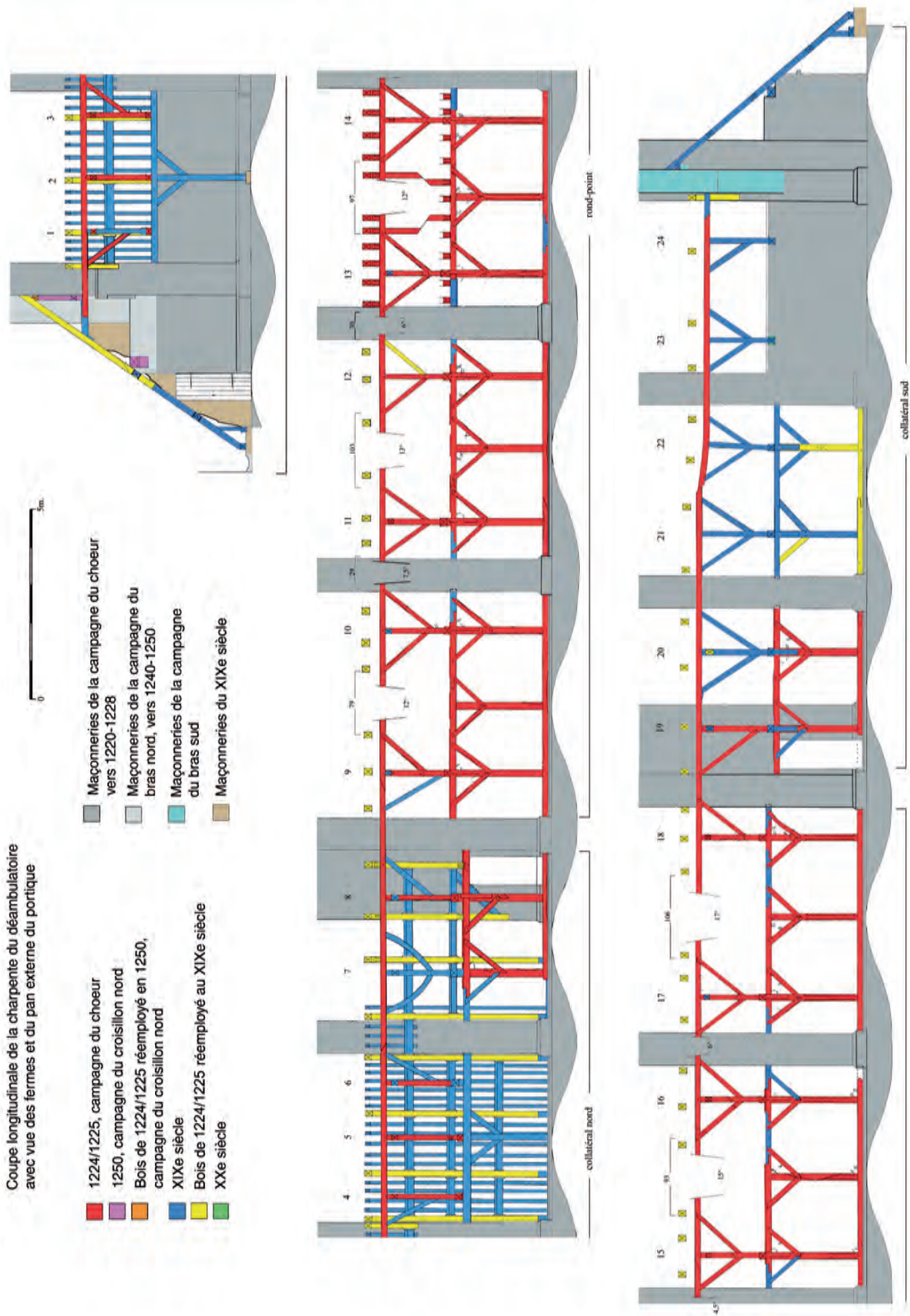


Fig. 32 : Coupe longitudinale de la charpente du déambulatoire avec vue des fermes et du pan externe du portique.

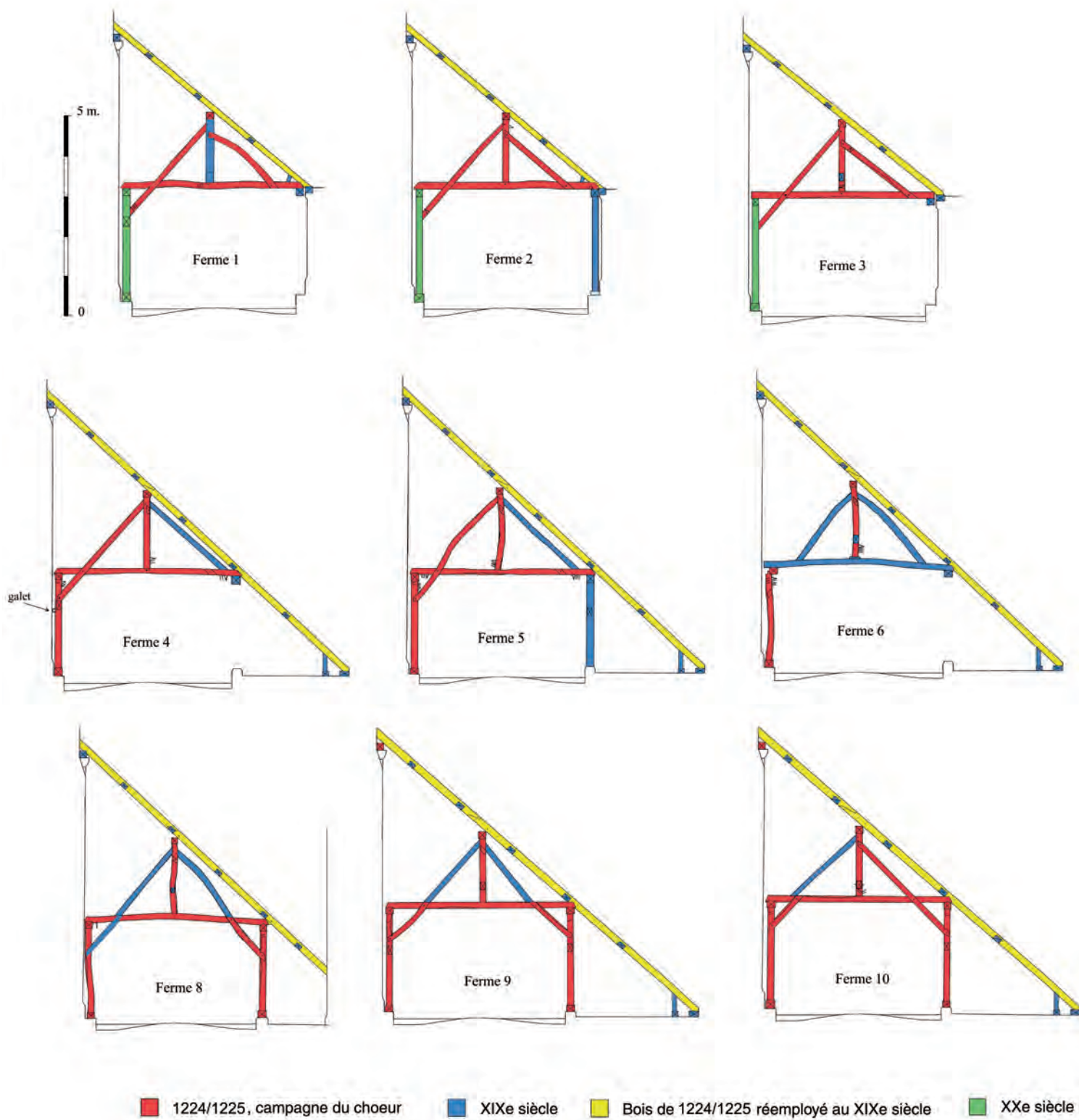


Fig. 33 : Fermes du déambulatoire.

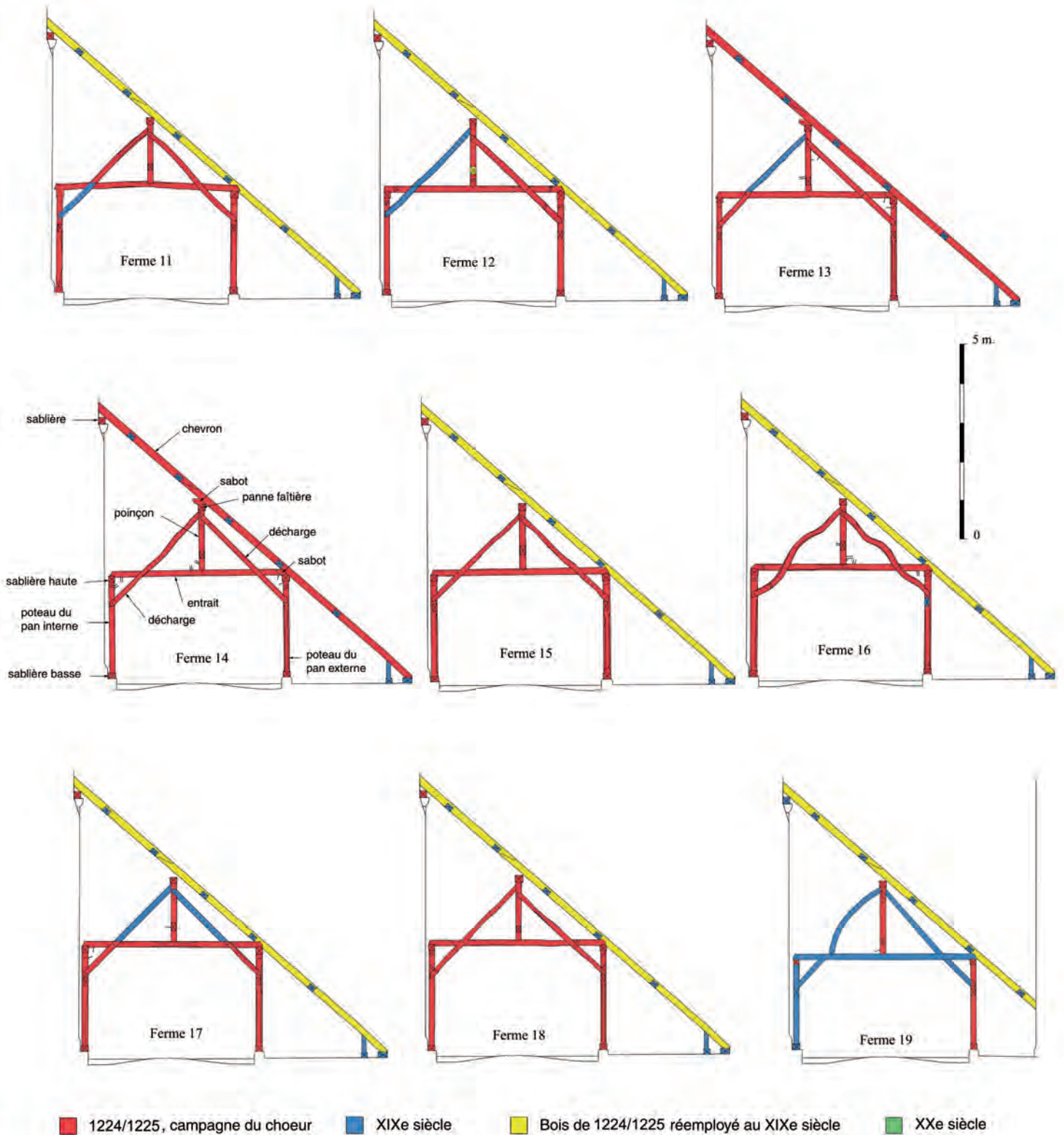


Fig. 34 : Fermes du déambulatoire (suite).



Fig. 35 : Sabots des chevrons assemblés par une languette à la sablière haute du portique.

disposée perpendiculairement aux chevrons et assemblée en tête par tenon-mortaise au poinçon et par mi-bois avec ergot au poteau du portique. Le tenon-mortaise se justifie ici en raison de son adaptation à ce type de contrainte contrairement aux mi-bois qui, eux, sont destinés aux efforts de traction. Ces derniers sont toutefois utilisés ici en pied de décharge pour transmettre cette compression aux poteaux du portique, qui auront ainsi tendance à se déverser contre le mur du chœur. Cette sollicitation explique l'entaille en demi-queue d'aronde qui assemble tous les entrails en sous-face aux sablières hautes des pans internes du portique, elles-mêmes liées par tenon-mortaise aux poteaux, afin d'éviter leur déversement. Ces entailles dont l'ergot est placé du côté interne travaillent en effet en traction. Le triangle formé par l'entrait, le pied de ces décharges internes et le poteau contribuent également à éviter toute déformation et à empêcher le dévers du poteau.

La décharge externe des fermes, disposée presque parallèlement aux chevrons, assemblée en tête et en pied par des mi-bois à ergot, travaille en traction et permet de reprendre les charges transmises au poinçon par le chevronnage. Elle contribue, par cet effort, à raidir le triangle constitué par le pied de décharge externe, l'entrait et le poteau, triangle qui supporte le poids du chevronnage par l'intermédiaire de la sablière haute. Nul besoin d'entaille en demi-queue d'aronde ici entre l'entrait et cette sablière puisque cet assemblage travaille davantage en compression

du fait du poids du chevronnage qui stabilise le poteau et l'empêche de se déverser vers l'intérieur. Une simple languette taillée dans l'épaisseur du bois sur toute la longueur de la face supérieure de cette sablière haute s'assemble dans une rainure taillée sous l'extrémité de l'entrait (fig. 35). Les sabots des chevrons s'assemblent également à cette sablière par une rainure glissée dans cette languette.

Le poinçon qui est assemblé en pied dans l'entrait par un tenon-mortaise chevillé n'obéit pas au principe de la triangulation puisqu'il ne travaille pas en traction mais en compression sur l'entrait. Les décharges ne font pas office d'arbalétriers puisque la décharge interne travaille en contrebutement et la décharge externe comme un tirant. Aucun couple de force de compression latérale ne permet donc de suspendre le poinçon.

Cette charpente peut être considérée comme parfaitement équilibrée. Le rapport des forces en circulation maintient la structure dans un équilibre stable avec des assemblages adaptés aux différentes contraintes qui en résultent : tenon-mortaise pour la compression et mi-bois à demi-queue d'aronde pour la traction. Il n'est pas étonnant que cette charpente nous soit parvenue sans aucune déformation structurelle (rupture de bois ou d'assemblage, torsion des pièces...). Les seuls dommages qu'elle a subis au cours des siècles sont liés au manque d'entretien qui a entraîné des infiltrations, des pourritures et d'autres détériorations des bois.



Fig. 36 : Enture biaise des sablières basses.

Les dispositifs du rond-point

Sur les bas-côtés nord et sud, les travées délimitées par les contre-forts et les culées sont particulièrement courtes, entre 4,30 m et 4,60 m. Les sablières hautes et basses des pans internes et externes du portique sont donc monoxyles par travée. Celles des pans internes ne sont pas fichées dans les murs alors que celles des pans externes le sont en majorité dans des petites niches de même section taillées dans la maçonnerie.

Sur le rond-point, les sablières du portique sont toutes incurvées, plus longues que les précédentes pour celles des pans externes et plus courtes pour celles des pans internes. Les bois les plus incurvés sont ceux des sablières internes et de la sablière haute de tête des chevrons, longues de 3,22 m au maximum (travée axiale). Il s'agit de bois dont la courbure est naturelle, parfois accentuée lors de l'équarrissage en approfondissant le délardement. Pour les pans externes, pour chaque travée, les cours de sablières hautes et basses sont constitués de deux pièces de bois, les plus longues mesurant 3,57 m et assemblées entre elles au tiers ou au quart environ de la longueur de la travée. Les deux pièces de chaque sablière basse sont assemblées entre elles par une simple enture biaise sans épaulement, bloquée par deux à quatre chevilles (fig. 36), et celles de chaque sablière haute par un enfourchement à joues obliques et abouts droits bloqué par trois chevilles (fig. 37). Certains liens de contreventement viennent s'assembler à cette sablière haute



Fig. 37 : Enfoulement des sablières hautes superposé au mi-bois d'un lien de contreventement.



Fig. 38 : Lien oblique reliant une ferme à la panne-faîtière courbe.

sur l'emplacement même de ce dernier assemblage, faisant ainsi une superposition complexe d'un mi-bois à demi-queue d'aronde et d'un enfourchement sur une pièce, rappelons-le, incurvée (fig. 37). Notons que ces assemblages n'ont subi pour l'instant aucune restauration et qu'ils sont encore tous parfaitement jointifs.

Le cours de la panne-faîtière est continu sur toute la longueur de cette charpente, soit sur 67,90 m. Elle est composée de pièces droites longues de 7 m à 7,50 m sur les bas-côtés et de pièces incurvées variant entre 1,43 m et 4,22 m sur le rond-point, toutes assemblées les unes aux autres par une enture oblique sans épaulement et chevillée.

L'adaptation la plus complexe des assemblages à l'incurvation de la structure s'observe au niveau du raccordement des fermes aux dispositifs de contreventement c'est-à-dire entre les éléments de plan perpendiculaire à l'axe de la toiture. Il s'agit de tous les liens obliques de contreventement, au niveau des sablières hautes du portique et de la panne-faîtière (fig. 38). En effet, ces bois doivent rattraper la différence d'inclinaison entre le plan de la

ferme, soit l'assemblage de pied de ces liens, et l'assemblage de tête c'est-à-dire le plan dévié de cette ferme à 40 ou 90 cm de distance mais toujours perpendiculaire au tracé de l'incurvation. Cette déviation s'opère au niveau des assemblages de ces liens. Sur le portique, l'écart entre ces deux plans est trop réduit (40 à 55 cm) pour constater à l'oeil nu une déviation de ces liens.

Pour les liens de la panne-faîtière, assemblés en pied dans les poinçons par tenon-mortaise chevillée et en tête dans la panne par mi-bois ou tenon-mortaise, l'écart varie entre 65 et 90 cm. Les liens restant droits compensent cette déviation par une différence de niveau de l'arasement de leur tenon, en pied comme en tête. Pour les liens assemblés en tête par mi-bois, seul le tenon de pied est travaillé pour rectifier l'inclinaison de la pièce. Là aussi, le tenon-mortaise est utilisé en priorité en pied des liens pour un travail en compression et pour la stabilité de l'assemblage, alors que les mi-bois de tête ont été utilisés uniquement pour la facilité de leur mise en œuvre, bien qu'ils ne soient pas adaptés à ce type de contrainte.

Enfin, on peut remarquer aisément une différence de proportion entre la charpente du rond-point et celle des deux bas-côtés. En effet, sur le rond-point, le portique est plus élevé avec des poteaux de 2,35 m de haut en moyenne tandis que sur les bas-côtés, les poteaux du portique ne font que 2,15 m en moyenne. Cette différence est compensée par la hauteur des fermes selon les mêmes écarts afin que la panne-faîtière soit toujours à l'horizontale à 4,35 m environ de hauteur. Ce surhaussement du portique a pour conséquence une réduction de sa largeur pour que les chevrons qui s'appuient sur le pan externe, désormais plus haut, puissent garder la même inclinaison. Ce pan externe est donc décalé de 20 cm vers l'intérieur du portique faisant ainsi « glisser » sa sablière haute le long des chevrons. Cette différence de structure ne trouve pas de justification à première vue dans la répartition des charges de la toiture du rond-point.

Les marques d'assemblage

La lecture de ces marques est très délicate sur ces bois très altérés et, pour certains, restaurés. Il en va de même des traces d'établissage comme le lignage des bois ou le piquage des assemblages.

L'emplacement des marques

On distingue autant de marquages différents qu'il y a de plans dans une charpente. Il existe donc un marquage destiné au plan des fermes et un deuxième pour les éléments appartenant aux plans longitudinaux.

Dans le plan des fermes, on associe la ferme aux poteaux du couple porteur du portique. En règle générale, les marques sont placées préférentiellement au droit des assemblages, plus rarement en milieu de face des pièces. Ici, la distribution des marques ne semble obéir à aucune règle précise. Sur les poteaux du portique, les marques sont inscrites à la rainette en tête, au-dessus de

l'assemblage des décharges, en association avec les marques du pied des décharges et des extrémités de l'entrait. Ces trois marques associées sont inscrites soit sur la face interne des pièces (sous l'entrait, sur la face supérieure de la décharge et sur la face interne du poteau) soit sur la face d'établissage (face d'assemblage des mi-bois, orientée dans le sens nord-sud du rond-point). L'emplacement de ces marques, en face interne ou d'établissage, est en général identique des deux côtés du portique.

Pour les éléments de la ferme, il est difficile, en raison des nombreux bois substitués au cours des restaurations, de retrouver les différents principes de marquage ou de savoir simplement s'il en existait. Les poinçons sont marqués indifféremment en pied ou en tête, rarement aux deux en même temps, sur leur face interne, externe ou d'établissage. Lorsqu'ils sont marqués en pied, une marque identique leur est associée sur l'entrait, lorsqu'elle n'est pas effacée, de même pour celle inscrite en tête du poinçon qui renvoie à celle gravée en tête de la décharge correspondante.

Seule la ferme n° 18 utilise des marques faisant office de signes d'établissage en débordant les mi-bois sur les deux pièces assemblées.

Concernant les plans longitudinaux, on distingue les pans interne et externe du portique et celui du contreventement haut, c'est-à-dire le cours de la panne-faîtière assemblée aux poinçons et aux liens obliques. Pour le portique, l'assemblage de tête des poteaux aux sablières est marqué préférentiellement du côté de la face d'établissage avec la sablière marquée en face inférieure. Ceux du bas-côté sud, à partir de la ferme 21, semblent avoir été marqués en face interne avec les sablières inscrites aussi en face interne. Seul le poteau interne porteur de F12 et ceux externes de la travée de F15-F16 sont marqués en pied sur la face d'établissage.

Les liens de contreventement sont, quant à eux, toujours marqués en face supérieure, soit en pied (F9 externe, poteau externe intermédiaire de F13 et F14), soit en tête (F14 externe), soit en milieu de face (F13 interne, F15...). Le positionnement sur ces liens est similaire entre les pans interne et externe d'une même travée.

Pour le plan du contreventement haut, trop peu de marques ont été conservées pour pouvoir retrouver le principe de marquage utilisé à l'origine. On constate seulement qu'elles sont inscrites sur la face d'établissage, orientée vers l'intérieur du chœur, en pied et/ou en tête de liens, et chacune associée en majorité à une semblable sur le poinçon ou sur la panne-faîtière. Là encore, certaines marques servent de signes d'établissage en débordant l'assemblage sur les deux pièces comme sur F16 ou F17.

La numérotation

On remarque dans le bas-côté nord une première numérotation des fermes, de F1 à F6, allant respectivement de IIII à VIIMI dans le sens ouest-est et comprenant tous les assemblages du plan

d'une ferme, poteaux porteurs compris. Cette série commençait à l'origine dans la première travée par trois fermes marquées de I à III aujourd'hui manquantes, cette travée étant désormais occupée par le retour de toiture en appentis vers le comble de la chapelle Saint-Pierre et de la salle du Trésor. La présence d'une charpente à fermes sur portique, débutant à la naissance du déambulatoire, est attestée par les vestiges des trois corbeaux de soutien de l'ancienne sablière haute des têtes de chevrons en haut des murs de cette travée, visibles en partie de l'extérieur des combles. Cette première numérotation se superpose à celle du portique dans la troisième travée, de F4 à F6, où les poteaux et les sablières hautes sont marqués de I à III dans le sens ouest-est. Il est donc probable que, pour cette série, le marquage des fermes était distinct de celui du portique.

À partir de la quatrième travée, jusqu'à la dernière travée sud du rond-point, commence une deuxième numérotation, toujours en chiffres romains, mais non continue et limitée à chaque travée. Les marques des fermes sont identiques à celles de leurs poteaux porteurs, à l'exception de celles de la travée axiale où elles sont inversées. À chaque travée, les fermes, poteaux porteurs et liens de contreventement compris, sont marquées de I à II dans le sens d'une progression du nord vers le sud sauf pour le pan interne de la quatrième travée où le sens est inversé. Ainsi, à l'exception de la quatrième travée nord et de la travée axiale, le marquage incorpore dans sa numérotation les trois plans de la charpente, ferme, portique et contreventement haut, sans aucune latéralisation, c'est-à-dire sans distinction des assemblages situés d'un côté ou de l'autre de l'axe de symétrie de la charpente. Pour les pans externes du portique, le poteau intermédiaire aux couples de poteaux est marqué soit d'un X, soit d'un chiffre romain intégré à la numérotation des autres poteaux de ce pan (I-II-III ou I-III-II).

Pour les fermes de la quatrième travée nord et de la travée axiale, il semble y avoir eu une latéralisation du marquage. Les marques des éléments situés à droite du poinçon sont différentes de celles situées à gauche du poinçon. Par ailleurs, le marquage des fermes ne correspond pas à celui des poteaux du portique. Cependant, cette numérotation semble bien appartenir à celle des autres travées du rond-point puisqu'elle utilise également des chiffres romains strictement limités aux fermes et au portique de la travée.

Enfin, on distingue une troisième numérotation pour toutes les travées du bas-côté sud. Elle s'apparente à celle du bas-côté nord avec un marquage des couples de poteaux par des chiffres romains, sans latéralisation et allant de I à partir de F19 jusqu'à VI en F24, de l'est vers l'ouest. Les fermes, contrairement au bas-côté, semblent posséder la même numérotation que le portique en raison de l'absence d'autres marques sur les assemblages de pied d'écharpes sur les poteaux et d'après l'unique marque de ferme conservée sur F19.

Ainsi, on constate l'emploi de trois systèmes de marquage distincts. Un premier pour le bas-côté nord jusqu'à la troisième travée, utilise une numérotation continue sans latéralisation avec peut-être un marquage distinct entre les fermes et le portique. Un second, à partir de la quatrième travée nord jusqu'à la fin du rond-point, est constitué d'une numérotation fractionnée par travée sans distinction entre le portique et les fermes à l'exception de deux travées ayant un marquage latéralisé. Enfin un troisième système est employé pour le bas-côté sud où la numérotation est continue, concordante entre le portique et les fermes, et sans latéralisation. Ces trois marquages suivent une numérotation orientée dans le sens des aiguilles d'une montre.

L'emploi de trois systèmes de marquage pour cette charpente peut être un indice révélateur de la participation de trois équipes différentes de charpentiers. L'opération de marquage des bois peut en effet être attribuée à l'équipe de charpentiers qui a participé à l'exécution et au façonnage de ces bois. Dans certains cas, le marquage peut servir à différencier le travail de plusieurs équipes comme le font les signes d'identité. Ici, cela ne semble pas avoir été le cas puisque ces trois numérotations utilisent le même registre de marques et que leur distinction ne se fait qu'à la lecture de l'ensemble des marques et non à la lecture d'une pièce de bois marquée. Il semble plus logique que chacune de ces trois équipes manipulait ce registre de chiffres romains avec des procédés qui lui étaient propres : avec ou sans latéralisation, avec synchronisation des plans longitudinaux et latéraux de la charpente, avec des emplacements préférentiels pour certaines marques (tête ou pied de pièce) ou en employant des marques comme signes d'établissement.

Les traces de l'établissement

L'établissement, dans l'exécution d'une charpente, consiste à orienter les bois, en fonction de leur forme naturelle, sur l'épure tracée au sol puis à tracer des lignes sur les pièces pour positionner les assemblages selon un axe commun (lignage). L'emplacement des assemblages est ensuite matérialisé sur les bois en traçant leur profil à l'aide d'un fil à plomb, d'un crayon ou d'un traceret, petite pointe à tracer (piquage au plomb).

Plusieurs tracés de lignage ont été conservés sur les faces inférieures de la panne-faîtière (uniquement sur les bas-côtés), de quelques entrants (F10, F11, F15, F17, F18), de quelques chevrons en place de la travée axiale (notamment le quatrième en partant du sud) et de la sablière haute du pan externe de la première travée est du bas-côté sud. Ces tracés ont tous été réalisés au noir de carbone fixé sur les bois au moyen d'un petit cordeau tendu et frappé sur la face à ligner.

Les chevrons et les pannes faîtières des bas-côtés sont des pièces qui ne possèdent que des mortaises sur leur face inférieure. Leur lignage se présente sous la forme de deux traits parallèles sur toute la longueur de la pièce et suivant les profils longitudinaux

de l'entaille des mortaises, toutes taillées dans l'axe du bois. Ces deux traits délimitent donc l'emplacement des entailles de ces tenons-mortaises selon un même axe longitudinal à la manière d'un double rail rectiligne sur lequel on ferait coulisser un assemblage pour en tracer l'emplacement. Ce lignage disparaît sur les pannes faîtières du rond-point en raison de l'impossibilité de ligner des bois courbes avec un cordeau.

En ce qui concerne les entrants, on remarque que les faces inférieures larges de 18 cm en moyenne sont traversées uniquement par les assemblages à mi-bois des décharges, larges de 12 cm, et toujours sur la même face. Les entailles des extrémités des entrants ne sont pas traversantes et le tenon-mortaise des poinçons est limité à la face supérieure des entrants. Sur leur face inférieure, le lignage apparaît sous la forme d'un seul trait noir, tiré au cordeau sur toute la longueur de la pièce, passant sur le profil de l'épaulement longitudinal de l'assemblage des décharges, c'est-à-dire en suivant le bord de la décharge et non le profil de l'entaille du mi-bois. Ce tracé a été réalisé très probablement à l'aide d'un trusquin, d'une jauge ou d'un appareil qui s'y apparente, permettant de positionner les assemblages sur les bois grâce à une ligne tracée à une distance constante, ici 12 cm, de la face d'établissement.

Le cas de la sablière haute du pan externe de la première travée est du bas-côté sud est intéressant puisque cette pièce réunit en face inférieure des tenons-mortaises pour les poteaux et des mi-bois pour les liens de contreventement. Le lignage comporte ici deux lignes noires, tirées au cordeau, passant sur le profil longitudinal des mortaises. Une de ces deux lignes se prolonge sur le bord de l'épaulement des liens et l'autre sur le profil longitudinal de l'entaille du mi-bois. Ce lignage était donc destiné aux assemblages à tenon-mortaise et à mi-bois. Ces traces sont les seules retrouvées sur ce type de pièces.

Le noir de carbone étant très diffus, il est difficile de savoir si d'autres pièces ou les autres faces de ces bois étaient aussi lignées. Il est fort probable qu'un humectage superficiel de ces bois ou qu'une exposition aux ultraviolets grâce à une lampe de Wood permettrait de visualiser ces traces très ténues. La fragilité de ces indices et leur rareté sur des bois du XIII^e siècle incitent à une plus grande vigilance vis-à-vis des éventuels traitements des bois lors de prochaines restaurations. Il serait en effet préjudiciable qu'une purge d'aubier comme celle qui a été réalisée récemment sur la charpente du chœur soit faite sur ces bois. D'autre part, rappelons que c'est grâce à la conservation de l'aubier qu'il est encore possible de faire une lecture du marquage des assemblages, des traces d'établissement, et d'effectuer des expertises dendrochronologiques fiables. La compréhension archéologique de ce matériau est indissociable de sa parfaite conservation.

Des traces de piquage s'observent encore nettement au droit de nombreux tenons-mortaises et de mi-bois. Elles ont été réalisées avec un traceret laissant sur les bois une fine incision facilement reconnaissable.



Fig. 39 : Lien oblique taillé dans un bois tors ayant perdu son aubier.



Fig. 40 : Décharge interne torse.

Les bois

Toutes les pièces de cette charpente sont des bois de brin en chêne. Ils ont la particularité de posséder beaucoup d'aubier et d'être particulièrement tordus, notamment ceux de faible section (fig. 39-40).

| Pièces | Sections en cm | Longueurs en m |
|------------------|----------------------|-------------------|
| Poteaux | 17-22 (f.i.) x 18-20 | 2,05-2,30 |
| Sablières | 16 (f.i.) x 18-20 | 2,40-3,57 |
| Entrraits | 17-19 (f.e.) x 18-21 | 4,55-4,70 |
| Liens | 13-11 (f.i.) x 11 | 2,20-1,70 |
| Décharges | 11-13 (f.e.) x 11 | 3,00-3,30 |
| Pannes faîtières | 16 (f.l.) x 18 | 1,43-7,50 |
| Chevrans | 15 x 16 | 6,75 |

(f.i.) : face interne; (f.e.) : face d'établissage; (f.l.) : face latérale.

La faible section des liens et des décharges, leur torsion naturelle parfois extrême (notamment celles de la ferme n° 16) et la désagrégation de leur aubier confèrent à certains d'entre eux une apparente fragilité. Cependant, il n'en est rien puisqu'aucune rupture ni fissure n'a été observée. Les seules ruptures de pièces ou d'assemblages identifiées sont en effet indirectement liées au pourrissement des bois suite à des infiltrations dans la toiture. La structure d'origine, conçue pourtant avec des pièces de 11 x 11 cm parfois pour des travaux importants de compression, était donc parfaitement réfléchi et calculée sachant d'autre part que la toiture d'origine, nous le verrons plus loin, était considérablement plus lourde qu'aujourd'hui.

Insistons encore sur la torsion naturelle de ces bois, la présence d'aubier et ces faibles sections. La plus grande partie de ces bois provient d'arbres de faible diamètre, voire de branches comme les liens ou certaines décharges, et pour la plupart d'individus tors. Les seules pièces ayant été taillées dans des bois droits sont les chevrons, pièces les plus longues de cette charpente. L'équarrissage

des bois, effectué à la doloire, a été minimal et la section des arbres abattus correspondait exactement aux besoins des charpentiers. La taille des pièces n'a dû produire que très peu de perte. Il apparaît donc que l'abattage des arbres s'est fait en étroite collaboration avec le maître d'œuvre de charpenterie responsable de l'exécution de cette charpente.

La mise en place

L'indice déterminant le sens de la mise en place d'une charpente à chevrons-formant-fermes est l'orientation de la face d'établissement des fermes et non la numérotation du marquage des assemblages. Ici, la structure n'est en rien comparable à une charpente dont les fermes peuvent servir d'appui aux charpentiers dans la progression du chantier. Le portique et les fermes qu'il supporte peuvent se monter par tronçons indépendants, travée par travée, sans aucune nécessité de continuité. Seul le raccord entre ces fermes par la panne-faîtière peut réclamer une coordination des différents charpentiers levageurs.

Cette charpente a été primitivement mise en place contre les murs d'un transept aujourd'hui disparu. La numérotation des assemblages et la présence de corbeaux de soutien pour une sablière haute en haut du mur du chœur sur les travées occidentales nord et sud du déambulatoire prouvent que cette charpente s'accolait contre le transept. Les grandes baies actuelles de ce dernier et le raccord de maçonnerie démontrent que les deux bras du transept gothique ont été élevés après l'achèvement du chœur et que celui-ci s'est appuyé sur le transept roman.

La numérotation des assemblages de cette charpente apporte des indices précieux sur l'exécution de la structure et le nombre d'équipes qui y ont participé. Trois équipes distinctes ont pu être ainsi identifiées sur ce chantier. Il est cependant difficile d'attribuer à chacune d'entre elles le levage de leur ouvrage. Cette opération a en effet pu être l'objet d'une autre équipe, constituée uniquement pour ce travail. Quoi qu'il en soit, la numérotation des assemblages n'a servi qu'à déterminer l'emplacement des pièces dans le plan préétabli de cette charpente. Il n'est pas certain qu'elle ait aussi servi à orienter la manœuvre de la mise en place du portique et des fermes. Une telle structure peut donc avoir été montée en une seule opération sur tous ses éléments en même temps ou bien en trois opérations successives selon l'exécution des trois équipes de charpentiers, suivant la numérotation des assemblages pour le levage. Une seule certitude peut éventuellement nous consoler : les éléments de chaque travée ont été mis en place selon l'orientation de leur face d'établissement, les charpentiers se trouvant toujours au-devant des mi-bois pour les assembler face à eux et les cheviller. Notons aussi que les portiques ont été levés en priorité et que les fermes ont été montées ensuite pièce par pièce sur chaque pan étayé provisoirement par des cales. Un galet de calage subsiste encore de cette opération. Calé entre un poteau du pan interne de la troisième travée nord, au droit de la ferme

n° 4, et le mur du chœur, il était destiné à maintenir le pan vertical en attendant la mise en place de l'entrait et des décharges de la ferme.

La couverture

Deux indices permettent de connaître la nature des matériaux de couverture du déambulatoire. Le premier se lit sur la face externe des chevrons d'origine repris en réemploi dans le chevronnage du XIX^e siècle sur l'ensemble de cette charpente. On peut voir, le long de ces faces, des traces de clous pour le lattis dont l'espacement se réduit progressivement du bas vers le haut du chevron. Ce lattis décroissant exclut donc une couverture de plomb, de tuile et de bardeau dont l'espacement des lattes ne varie pas.

Le deuxième indice se situe dans le creux des voûtains du déambulatoire qui ont été comblés lors du chantier pour établir un niveau de circulation. Aucun fragment de tuile ou d'essente n'a été relevé. On remarque cependant de très nombreux morceaux de schistes ardoisiers ainsi que des petites chevilles de bois. Quelques-unes de ces plaques de schistes sont encore complètes et sont noyées dans les maçonneries du XIII^e siècle comme sous l'une des piles de contrefort du bras nord du transept, dans le comble de la salle du Trésor. Il s'agit de plaquettes de schiste bleu de taille très variable, épaisses de 1,5 cm en moyenne et toutes percées en extrémité d'un étroit trou pour l'insertion d'une cheville. Celles-ci sont en bois, longues de 7 cm environ pour une section circulaire à mi-longueur de 0,5 cm et carrée en tête de 0,9 cm. Ces schistes présentent tous des traces de mortier sauf au tiers ou au quart inférieur d'une de leurs faces.

Ces indices permettent de supposer que ces éléments proviennent d'une couverture faite en schiste ardoisier bleu retenu au lattis par des chevilles en bois et scellés les uns aux autres par du mortier de chaux. Ce mode de couverture, inconnu en Haute-Normandie, semble avoir été en usage surtout dans la Manche et le Cotentin comme dans la région bayeusaine où des gisements de schistes bleus étaient encore exploités au XIX^e siècle²⁶. De nombreuses couvertures de ce type datant du XVIII^e siècle au début du XIX^e siècle sont encore visibles dans le nord-ouest du Cotentin. Les schistes, retenus au lattis par des chevilles en bois et scellés entre eux par du mortier, sont posés à pureau décroissant, ce qui explique la grande diversité de taille des plaquettes de schiste retrouvées dans ce déambulatoire et l'espacement dégressif des clous de lattis sur les chevrons.

Les plaques de schiste ardoisier de la cathédrale de Bayeux ont la particularité d'avoir une couleur bleue prononcée et d'être très fissiles. Elles s'apparentent aux schistes extraits des carrières des environs de Vire ou de Villy-Bocage et se distinguent donc de ceux du Cotentin qui sont d'une couleur verte, plus riches en

26. ROBIN 1999, p. 227-236.

chlorites et qui proviennent des carrières des environs de Cherbourg²⁷. Le schiste utilisé pour les couvertures de la cathédrale de Bayeux est donc très vraisemblablement issu des carrières du bocage virois.

La couverture mise en place au XIII^e siècle sur la charpente du déambulatoire était probablement de ce type. Les chevrons réemployés au siècle dernier ne présentent en effet qu'une seule série de clous sur leur face extérieure, témoignant de l'absence de remaniement du lattis et donc du type de couverture. De plus, on remarque que les solins d'appareil des culées de contreforts et des murs du chœur sont surélevés de quelques centimètres par rapport à la couverture actuelle faite d'ardoises fines. Cet espace était destiné au logement des matériaux de couverture d'origine dont l'épaisseur semble correspondre à celle décrite ci-dessus. Il peut paraître surprenant qu'aucune restauration n'ait été entreprise sur ce couvrement, pendant presque sept siècles, jusqu'aux travaux du XIX^e siècle. Notons cependant que cette couverture devait être exceptionnellement stable du fait de la pesanteur de son matériau, de sa fixation et de son étanchéité assurées au mortier. Il serait intéressant qu'un sondage archéologique réalisé dans un rein de voûtain du déambulatoire puisse identifier la stratigraphie de son remplissage afin d'analyser les éventuels éléments de couverture des couches les plus anciennes.

b. La charpente de la chapelle axiale (1224-1225d) (fig. 41)

Dans le prolongement de la travée axiale du déambulatoire, sur la chapelle Notre-Dame, se trouve une charpente à chevrons-formant-fermes constituée de huit fermes et terminée par une croupe polygonale (fig. 42-44). Longue de 6,80 m en partant de la première ferme ouest pour une largeur de 7 m et une hauteur de 5,50 m de l'extrados des voûtes au faite, cette charpente présente une pente de versant de 56,5° et une croupe aux pans inclinés à 68°.

Dans son ensemble, cette charpente n'a subi que très peu de transformations, celles-ci étant liées aux travaux de restauration du XIX^e siècle. Seuls les aisseliers des fermes, un entrait et une partie d'un poinçon ont été remplacés. Des rajouts d'éléments d'étrésillonement et de contreventement sont aussi venus consolider cette structure.

Dans son état d'origine, on compte, sur les huit fermes, deux fermes principales avec entrait et poinçon de fond, disposées à chaque extrémité de la charpente, et six fermes secondaires placées entre ces dernières. Leur espacement en pied est très variable, entre 40 et 67,5 cm avec une moyenne de 50 cm. Les demi-fermes de la croupe viennent s'appuyer contre la ferme principale, à l'est. Il n'existe aucune trace d'un éventuel système d'étrésillonement longitudinal des fermes. Celles-ci étaient donc

indépendantes les unes des autres. La face d'établissage des assemblages à mi-bois de cette charpente est orientée à l'ouest.

Les fermes principales

La ferme principale située à l'extrémité ouest de la charpente (F1) est constituée d'un entrait, aujourd'hui disparu, et d'un couple de chevrons (15 x 16 cm) assemblés en tête dans un poinçon (16 x 17 cm) qui vient reposer en pied sur l'extrados des voûtes par une pièce rajoutée au XIX^e siècle dans son prolongement, suite à la suppression de l'entrait. Les chevrons sont raidis par deux faux-entraits (15,5 x 13 cm) assemblés au poinçon par des mi-bois chevillés. Le premier d'entre eux est assemblé à mi-longueur des chevrons par des mi-bois avec ergot et soutenu par de longs aisseliers (13 x 16 cm) assemblés eux aussi en pied et en tête par des mi-bois avec ergot. Le second faux-entrait est assemblé en partie haute des chevrons par des mi-bois à demi-queue d'aronde. Les chevrons, amputés de leur partie inférieure, devaient être pris en pied dans l'entrait probablement par un tenon-mortaise chevillé. Une jambe de force venait raidir le pied de ces chevrons également par des tenons-mortaises en pied et en tête.

Le poinçon de cette ferme présentait la particularité d'être originellement constitué de deux pièces, une délimitée en partie haute sur 1,35 m comprenant l'assemblage de tête des chevrons et l'autre sur le restant de sa longueur jusqu'à l'entrait (fig. 43). Ces deux parties sont assemblées au-dessus du dernier faux-entrait par un enfourchement à joues obliques et abouts droits, bloqué par trois chevilles, exactement comme le sont les sablières hautes du portique sur le rond-point. Les flancs de cet assemblage sont visibles sur les côtés latéraux du poinçon, faces nord et sud. Des chanfreins arrêtés au droit des assemblages, à l'exception du dernier faux-entrait sur la face est, parcourent les quatre arêtes du poinçon.

Il faut souligner le fait que ce poinçon a été conçu pour travailler en traction selon le principe de la triangulation puisque les chevrons sont assemblés en tête par des tenons-mortaises qui compriment le faite du poinçon, lui permettant de suspendre l'entrait à sa base. L'assemblage, parfaitement exécuté, transmet intégralement les efforts de traction aux deux parties du poinçon. L'utilité de cet enfourchement ne s'explique pas par un éventuel problème de mise en place, il n'est pas plus aisé de lever ce poinçon en deux morceaux que s'il eût été monoxyle. Il ne semble pas non plus qu'il y eût un problème d'approvisionnement en bois long de cette section puisque les chevrons sont presque de même section et de plus grande longueur, et que les entraits, d'après celui qui reste en F8, font 23 x 20 cm pour 7 m environ de longueur. Peut-être que ce bois, une fois livré sur le chantier, s'est révélé flacheux, difforme ou inapte par un défaut quelconque non remarqué lors de la coupe de l'arbre. Un accident d'équarrissage a aussi très bien pu contraindre les charpentiers à amputer l'extrémité de la pièce.

27. BOÛARD 1965, p. 418-422.

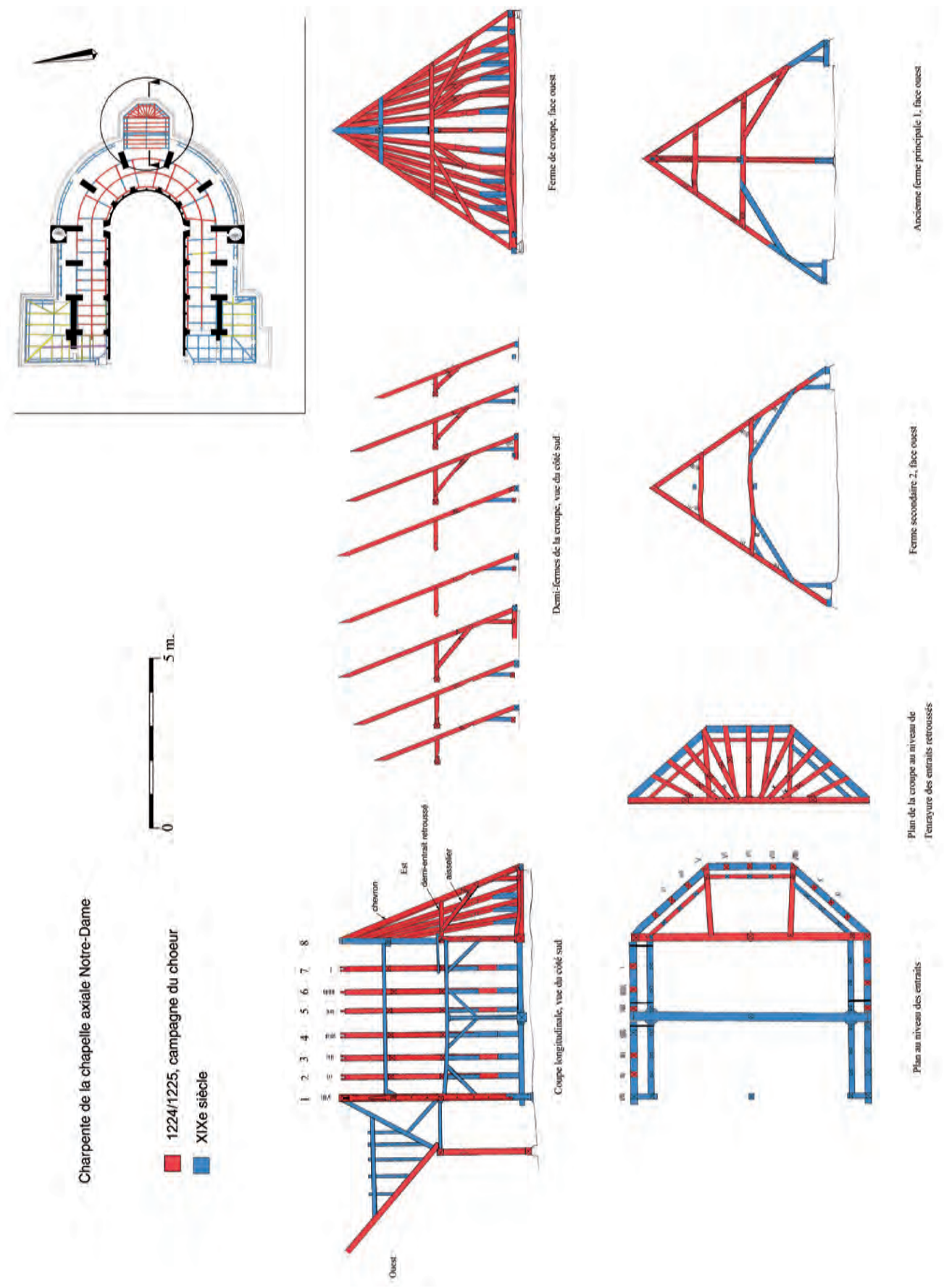


Fig. 41 : Charpente de la chapelle axiale.



Fig. 42 : Charpente de la chapelle axiale vue depuis le déambulatoire.

Sur cette ferme principale venaient s'appuyer, contre la face ouest des chevrons, en partie haute, onze demi-chevrons qui s'assemblaient en pied par un tenon-mortaise non chevillé dans l'extrémité inférieure des chevrons de la travée axiale du rond-point. Ce chevronnage, aujourd'hui disparu, constituait le versant droit de la toiture de la chapelle à l'ouest, selon une pente de 62°. Seules les mortaises en bout des chevrons du rond-point témoignent encore aujourd'hui de ce versant.

La seconde ferme principale à entrait et poinçon de cette charpente, située à l'extrémité est, présente elle aussi quelques remaniements du XIX^e siècle. La partie supérieure du poinçon au-dessus du premier faux-entrait a été changée ainsi que le dernier faux-entrait. La disposition générale de ses pièces est identique à celle de F1. Le poinçon également chanfreiné aux arêtes s'assemble effectivement par un tenon-mortaise chevillé dans l'entrait, permettant ainsi de fonctionner en triangulation. Ce dernier s'assemble aux pieds des chevrons et des jambes de force par un tenon-mortaise. Celui des jambes de force n'est pas chevillé. On constate par ailleurs que ces jambes de force sont simplement clouées en tête aux chevrons sans aucun assemblage. La résistance de ces clous devait suffire pour maintenir en place la jambe de force et lui transmettre les forces de compression.

L'entrait est chanfreiné uniquement aux arêtes inférieures, sans arrêt au niveau du poinçon. Il présente aussi sur son flanc ouest, à ses deux extrémités, une mortaise, reprise aujourd'hui pour l'assemblage de la sablière intérieure de la plate-forme du XIX^e siècle, destinée à l'origine à recevoir le tenon d'une entretoise. Au revers sur son flanc est, une entaille à mi-bois permettait d'assembler l'entretoise de la croupe à l'entrait.

Les poinçons de ces deux fermes sont percés à intervalles réguliers de trous de cheville pour l'insertion de grosses chevilles traversantes. Ces dernières, mises en place au moment du levage de la charpente, servaient d'échelons pour les charpentiers qui travaillaient en partie haute des fermes.

Les fermes secondaires

Elles sont constituées comme les fermes principales à l'exception de l'entrait et du poinçon qui sont absents ici. Le couple de chevrons est assemblé en tête par un enfourchement, raidi par deux faux-entrants²⁸, deux aisseliers et deux jambes de force également fixées en tête par deux clous. Le pied de la jambe de

28. Appelé entrait retroussé pour le premier car il travaille en traction, non en compression comme le second.



Fig. 43 : Enfourchement des deux parties du poinçon au-dessus du faux-entrait.

force s'assemblait à l'origine dans une entretoise tandis que le pied du chevron venait s'asseoir plus bas sur une sablière sur laquelle reposait l'extrémité des entrails.

La toiture actuelle comporte des entre-chevrons de faible section soutenus par des petites entretoises. Celles-ci appartiennent toutes à la dernière campagne de travaux qui a vu la reprise complète de la couverture. On peut remarquer sur les flancs des chevrons des petites entailles peu profondes espacées irrégulièrement tous les 1 à 3 m, reprises pour certaines par les entretoises actuelles. Il est probable que ces entailles ont servi à la fixation d'entretoises plus anciennes, peut-être dès la mise en place de cette charpente, soit pour supporter des entre-chevrons, soit pour maintenir ces fermes dans l'attente de la pose du lattis de couverture du fait de l'absence d'étrésolement longitudinal. Notons que ces entailles n'existent pas sur les flancs des chevrons du XIII^e siècle du déambulatoire.



Fig. 44 : Croupe de la charpente de la chapelle axiale.

La croupe

Il s'agit d'une croupe polygonale à chevrons et empanons-formant-fermes de neuf demi-fermes et deux empanons (fig. 44). Seules les sablières extérieures et les jambes de force sont du XIX^e siècle, le restant étant d'origine et en place.

La première enrayure est constituée de deux demi-entrails assemblés par un mi-bois à rives parallèles à l'entrait de F8 aux deux tiers de sa longueur. Une sablière interne vient s'assembler sur les flancs de ces demi-entrails par un tenon-mortaise et par un mi-bois sur l'entrait de F8, tandis qu'un cours de sablières externes, disparu depuis, supportait les extrémités de l'entrait, des deux demi-entrails et recevait le pied des chevrons. La déformation naturelle de l'entrait de F8 a contraint les charpentiers à prendre un demi-entrait tors également, au nord, pour rattraper la différence de niveau causée par cette torsion.



Fig. 45 : Enrayure des entrants retroussés de la croupe.

Les demi-fermes sont constituées d'un chevron lorsque celui-ci monte jusqu'au faîtage, d'un empanon lorsqu'il bute en tête sur le chevron d'arêtier, d'un demi-entrait retroussé soutenu par un aisselier ou d'un coyer. Pour les deux demi-fermes d'arêtiers et la demi-ferme axiale, l'aisselier est assemblé en tête dans le coyer par un mi-bois à demi-queue d'aronde et en pied, dans le chevron, par un mi-bois avec ergot, sur la face sud des bois. Pour les autres demi-fermes, l'aisselier est simplement assemblé à force en pied comme en tête dans un embrèvement à about oblique et maintenu au moyen de chevilles (fig. 45). Travaillant en compression, cet assemblage présente une étonnante facilité de mise en œuvre pour une relative efficacité. Tous les demi-entraits retroussés sont tenonnés aux chevrons et aux empanons et de même au faux-entrait de F8 formant ainsi la seconde enrayure de la croupe. Seuls les demi-entraits retroussés de F13 et F15 s'assemblent sur le flanc des coyers par un simple recouvrement cloué. En pied, toutes les demi-fermes sont étayées par une jambe de force

primitivement clouée aux chevrons et aux empanons comme pour les fermes des longs pans.

Il n'a pas été relevé de trace d'élément de contreventement de cette croupe dans les fermes contre lesquelles elle s'appuie. La poussée de cette croupe reste relativement faible. En effet, les aisseliers des demi-fermes d'arêtiers permettent d'éviter leur déversement en travaillant en traction grâce aux mi-bois de leurs extrémités. Sans cet effort des aisseliers, ces demi-fermes d'arêtiers se coucheraient sur F8 par le poids et l'inclinaison de la couverture, entraînant la ferme principale dans son déversement. Ces demi-fermes d'arêtiers demeurent indéformables grâce notamment à leur demi-entrait de pied qui permet à tous ces éléments de rigidifier la structure et de constituer une sorte « d'ossature » pour la croupe. Ces demi-fermes sont aidées dans leur effort par la demi-ferme axiale qui travaille pareillement grâce à son aisselier assemblé par mi-bois bien qu'elle ne soit pas rattachée en pied à F8 par un demi-entrait. Sa position axiale lui confère une efficacité particulière et contribue à compenser, avec les deux demi-fermes d'arêtiers, la poussée des autres demi-fermes de la croupe dont les aisseliers ne sont assemblés que par embrèvement. Cette croupe est donc stable et ne nécessitait aucun élément de contreventement longitudinal.

Les marques d'assemblage

Sur F1, toutes les marques sont inscrites sur la face d'établissage, sur la face est. Pour les autres fermes sauf F8 qui n'est pas marquée, elles sont gravées sur les faces internes des pièces.

En règle générale, tous les assemblages sont marqués, sans distinction du versant de la toiture, c'est-à-dire sans différenciation des marques du côté nord ou de celles du côté sud. Les entrants retroussés et les faux-entraits sont marqués aux deux extrémités sur leur face supérieure pour les fermes secondaires avec un report de la marque sur le chevron. Seule l'extrémité sud de l'entrait retroussé de F7 n'est pas marquée. Les grands aisseliers de ces fermes sont également marqués sur la face supérieure, en tête et en pied avec le report de la marque en face inférieure de l'entrait retroussé et du chevron.

On peut distinguer deux types de marquage. Un premier réalisé à l'aide d'une rainette sur les fermes 1, 3 et 7, qui prend en compte l'assemblage de tête des chevrons, et un second exécuté au traceret sur les autres fermes, qui exclut l'enfourchement des chevrons. Il est donc probable que l'emploi de ces deux outils associé pour chacun à une différence de marquage, aussi minime soit-elle, est l'indice d'un partage opérationnel du marquage sinon de l'exécution même de ces fermes en deux équipes distinctes de charpentiers.

La numérotation utilise un système de bâtonnets juxtaposés pour un décompte des fermes de 1 jusqu'à 7 avec l'emploi isolé d'un chiffre romain pour le nombre 8. La distribution de ces chiffres est aléatoire et ne répond à aucune suite logique.

Ces marques ne servaient donc pas à désigner pour chacune de ces fermes un emplacement précis au sein de l'organisation de la charpente. Il n'existe par ailleurs aucun lien entre cette numérotation et les deux lots de fermes marqués différemment. Signalons toutefois le fait que les deux fermes principales se distinguent par un chiffre romain pour F1 et par une absence de marque pour F8. Le chiffre romain peut cependant se justifier par la difficulté du graphisme de cette écriture par bâtonnets juxtaposés au-delà de 7. Quant à l'absence de marque de la ferme principale F8, il est désormais établi qu'aux XII^e-XIII^e siècle, elle pouvait revêtir une signification sémiologique au sein d'une numérotation. Dans la charpente de l'église de Gonesse dans le Val-d'Oise datée de la fin du XII^e siècle ou début du XIII^e siècle²⁹, et dans celle de la grange de l'abbaye de Chaloché à Chaumont-d'Anjou dans le Maine-et-Loire, datée par dendrochronologie de 1270³⁰, l'absence de marquage d'une ferme a valeur de signe au regard des autres fermes marquées.

En ce qui concerne la croupe, les demi-fermes sont marquées à la rainette sur la face d'établissage, au sud. Les marques se rencontrent en pied et, plus rarement, en tête des aisseliers et parfois inscrites sur la face nord. Quelques marques conservées en pied des chevrons signalent un marquage également sur la face sud et parfois en face interne des bases des demi-fermes. La numérotation évolue de III à XI de F10 à F18 et du nord vers le sud, dans le sens normal d'écriture des chiffres romains et avec le chiffre 9 écrit VIII. Un décalage dans la numérotation s'observe sur F10 et F11 entre les marques de tête des aisseliers, respectivement II pour F10 et III pour F11, et celles des pieds des aisseliers marquées III et IIII. La première numérotation considère la demi-ferme F9 comme le point de départ de la série, la seconde la ferme principale F8. Cette distinction, provenant très probablement d'une erreur intervenue au cours du marquage, est rattrapée plus loin en respectant le décompte de la numérotation des pieds des aisseliers.

Les traces de l'établissage

Quelques traces de lignage subsistent en face inférieure des chevrons de F2, F3 et de ceux de la croupe et de leur demi-faux-entrants. Il s'agit pour chaque pièce d'un trait tracé au noir de carbone sur tout le long de la face inférieure plus ou moins dans l'axe de la pièce. Sur les chevrons des demi-fermes de la croupe qui ont perdu leur aisselier, ce trait est apparent dans le fond ou « pas » des embrèvements prouvant ainsi qu'il a été tracé après la taille de ces derniers. Ces traits passent tous dans l'axe des tenons-mortaises de ces pièces et jamais dans celui des mi-bois. Ce lignage semble donc destiné uniquement aux assemblages à tenon-mortaise.

Les traces de piquage quant à elles demeurent discrètes et apparaissent au droit de quelques assemblages, gravées à l'aide d'un traceret.

Les bois et la mise en place

Les bois de cette charpente s'apparentent à ceux du déambulatoire dans la mesure où ils présentent une très forte torsion naturelle et beaucoup d'aubier. Là aussi, les pièces de cette charpente proviennent de bois présélectionnés à l'abattage avec une section qui correspondait exactement aux besoins des charpentiers.

| Pièces | Section |
|---------------|------------|
| Chevrons | 16 x 16 cm |
| Faux-entrants | 15 x 15 cm |
| Aisseliers | 3 x 14 cm |
| Entrait | 23 x 20 cm |
| Poinçons | 16 x 17 cm |

La mise en place de cette charpente s'est faite en même temps que celle du déambulatoire. En témoignent les assemblages de pied des chevrons du versant droit ouest dans ceux du déambulatoire et donc la connexion contemporaine des deux toitures.

Le levage des fermes de cette toiture s'est opéré de l'ouest vers l'est, selon la face des assemblages à mi-bois, en progressant du portique du rond-point sur lequel les charpentiers ont dû prendre appui vers la croupe polygonale, montée en dernier.

c. La charpente de la salle du Trésor et de la chapelle Saint-Pierre (1224-1225d) (fig. 46)

Le comble actuel de ces deux espaces voûtés en maçonnerie est réuni sous une même toiture à deux longs pans d'inégales longueurs, terminée à chaque extrémité par une croupe droite. La croupe est se prolonge vers le sud pour se raccorder à la toiture en appentis du déambulatoire.

La charpente actuelle, de 9,60 m sur 6,90 m au sol, à fermes et pannes, a été mise en place au XIX^e siècle mais réemploie de nombreux bois de la structure d'origine. On remarque en effet que les pièces des fermes supportant les pannes et les arbalétriers des croupes droites comportent des entailles de mi-bois à queue d'aronde et avec ergot, associées à des marques d'assemblage isolées. Les fermes sont même pour certaines des réemplois complets de fermes d'origine avec néanmoins quelques modifications. La préservation de ces éléments permet sans trop de difficulté de reconstituer certains aspects de la charpente d'origine.

Les fermes de la charpente primitive sont de deux types. Le premier est représenté par le plus grand nombre d'éléments. Il s'agit de fermes secondaires constituées chacune d'un couple de chevrons liés en tête par un enfourchement chevillé et raidis par

29. BONTEMPS 1984, p. 150.

30. ID. 1995a, p. 43.

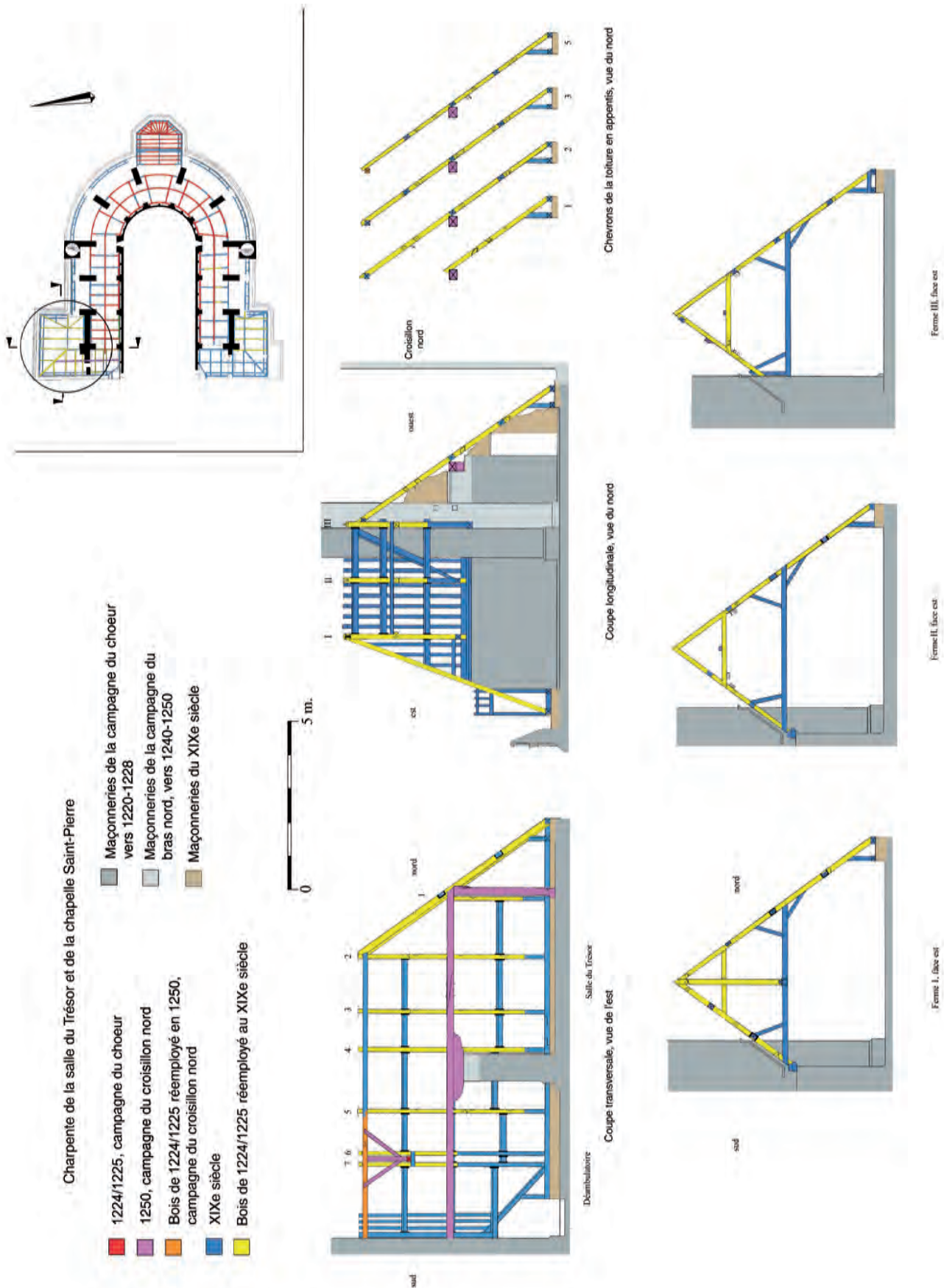


Fig. 46 : Charpente de la salle du Trésor et de la chapelle Saint-Pierre.

un entrait retroussé et un faux-entrait au moyen de mi-bois avec ergot pour le premier et à demi-queue d'aronde pour le second. Un couple de contrefiches assemblées en tête aux chevrons par un mi-bois à demi-queue d'aronde et en pied dans l'entrait retroussé par le même assemblage participait au raidissement de la structure. Enfin, uniquement sur le versant nord, un aisselier assemblé en tête et en pied par mi-bois avec ergot soulageait l'assemblage de l'entrait retroussé au chevron. Le versant sud de cette toiture se présentait comme celui d'aujourd'hui, plus court qu'au nord, en prenant appui en pied sur un muret de 2,56 m de haut disposé entre deux culées d'arc boutant. Le chevron nord qui descendait jusqu'au sol de ce comble devait être renforcé en pied par une jambe de force simplement clouée et chevillée du fait de l'absence de toute entaille ou mortaise. Le réemploi au XIX^e siècle de ces bois était donc conditionné par la longueur des chevrons. Leur position sur le versant nord ou sud n'a pas été changée. Ainsi, la face d'établissage d'origine de ces fermes est toujours située à l'est.

Le deuxième type de ferme est représenté par la ferme de la croupe orientale, caractérisée par un couple de chevrons assemblés en tête par un tenon-mortaise dans un poinçon qui descend jusqu'à un entrait retroussé avec lequel il était assemblé par un tenon-mortaise. Un couple de contrefiches et un aisselier sur le chevron nord, selon les mêmes dispositions que précédemment, rigidifiaient la ferme.

Le marquage des assemblages ne semble pas répondre à des règles précises puisque selon les chevrons, certains assemblages sont marqués et d'autres non. Il apparaît toutefois que l'inscription des marques se fait soit en face d'établissage, face est, soit sur la face inférieure des pièces avec peut-être un effet de latéralisation pour les faux-entrants des fermes 2 et 3 par le marquage exclusif du côté nord. Pour la ferme du deuxième type, la tête du poinçon et des deux chevrons était marquée. Là aussi, seul l'assemblage nord de l'entrait retroussé au chevron est marqué.

La numérotation des fermes ne semble avoir été constituée que de chiffres romains allant au maximum jusqu'au chiffre 15, combinant d'ailleurs le X avec le V, sur la ferme au faux-poinçon. En supposant que cette charpente possédait au maximum 15 fermes comprises entre cette ferme de croupe et le mur du transept, on obtient un entrevous de ferme moyen de 35 cm, ce qui est convenable pour une charpente à chevrons-formant-fermes.

Il est donc possible que cette charpente ait compris à l'origine une quinzaine de fermes, non étrépillonnées longitudinalement en raison de l'absence de mortaise sur le poinçon, appuyées à l'ouest contre le mur du transept roman comme le déambulatoire et à l'est sur une croupe droite. La pente des versants correspond à celle de la toiture actuelle, à 54°, avec le long pan nord reposant sur un muret comme en témoignent les solins appareillés visibles sur la culée de l'arc boutant. L'ensemble des fermes était représenté

par les fermes décrites dans le premier type, seule la ferme de croupe devait comprendre un faux-poinçon pour recevoir les éléments de la croupe. Peut-être comprenait-elle aussi deux ou trois fermes principales à entrait mais aucun indice ne permet de l'affirmer.

Cette charpente présentait l'avantage de libérer sous le niveau des entrants retroussés un espace haut de 2,85 m environ, permettant une éventuelle circulation sur le sol de ce comble. Il faut d'ailleurs remarquer que l'extrados des voûtes a reçu dès l'origine un remblai de mortier de chaux qui a comblé le rein des voûtains, formant ainsi un niveau de sol horizontal. Ce dernier est bien d'origine puisqu'il se prolonge sous les premières assises maçonnées d'une culée d'arc boutant mise en place lors de la construction du transept vers 1250. Ce sol, recouvert par un second sol de l'époque moderne très abîmé par le piétinement et la circulation, montre de très nombreux tracés courbes et droits réalisés à l'aide de compas, dessinant des profils d'arcatures se superposant en tous sens. Ces tracés sont réguliers et ont été gravés avec des crayons à mine, comme le révèle le noir de carbone encore visible dans le creux de l'incision de certains traits du mortier. Il est donc probable que ce comble a servi de salle au trait pour l'exécution d'une partie de la cathédrale au XIII^e siècle.

Lors de la construction du bras nord du transept vers 1250, l'extrémité ouest des toitures du déambulatoire et de ce comble a été remaniée pour constituer un retour de toiture en appentis, parallèle au mur du transept et joignant les deux combles. Un chéneau en pierre a alors été posé en pied de cette toiture le long du mur du transept gothique. Un dispositif constitué d'une longue panne, reposant par l'intermédiaire d'un patin mouluré sur le muret, et d'une panne-faîtière pour asseoir des arbalétriers a donc été mis en place afin de libérer le transept de l'emprise des toitures et dégager l'espace pour l'emplacement de grandes baies sur le mur est de ce bras du transept. Ce dispositif existe encore, seul le chevronnage ayant été repris au XIX^e siècle. La panne-faîtière est reprise dans le comble du déambulatoire par deux liens obliques assemblés en tête par un mi-bois à demi-queue d'aronde et un potelet assis sur la panne-faîtière de cette charpente. L'extrémité nord de cette panne était reprise en tête par une ferme de la salle du Trésor. L'extrémité sud de cette panne, comprenant des entailles de mi-bois non utilisées, est un réemploi d'un bois provenant probablement de la charpente modifiée du déambulatoire ou de la salle du Trésor. La panne inférieure repose, quant à elle, au nord sur un poteau grossièrement équarri. Elle est constituée de deux pièces assemblées bout à bout par une enture oblique doublement chevillée. Quelques entailles subsistent sur l'arête supérieure ouest de cette panne, dans lesquelles s'appuyaient les chevrons. Elles sont distantes de 30 cm en moyenne.

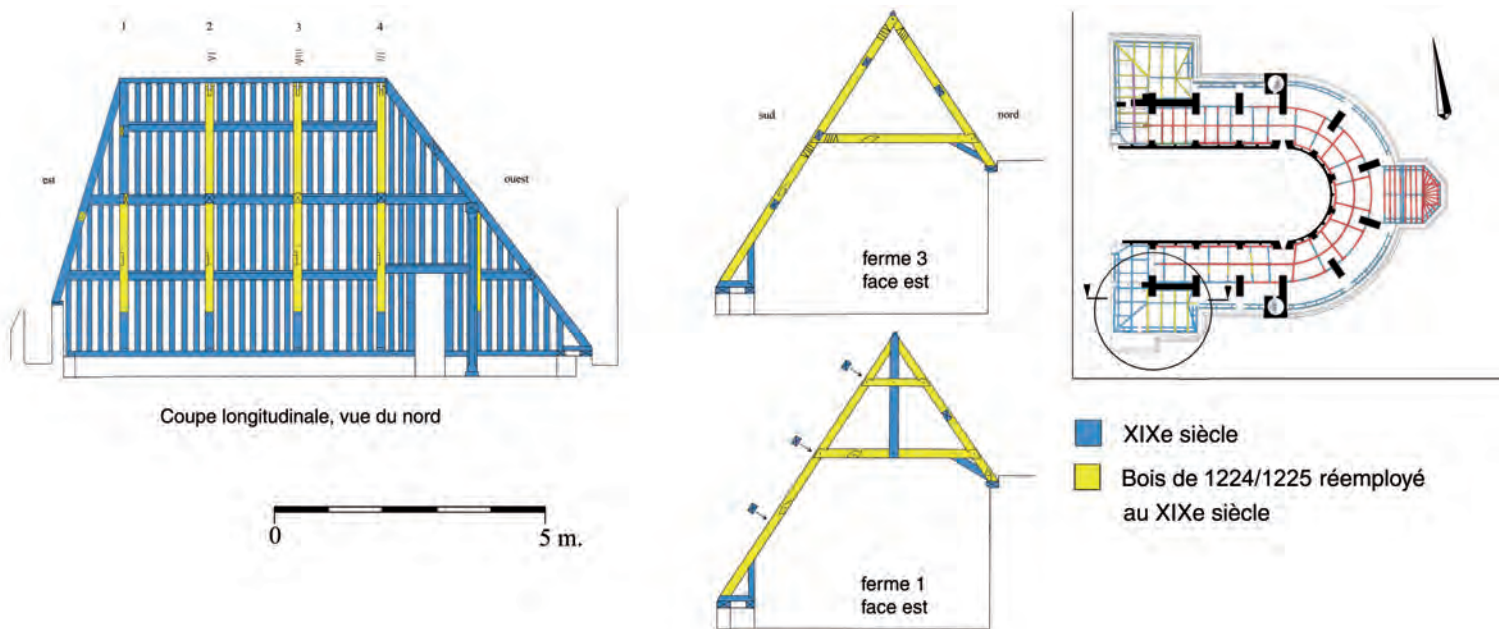


Fig. 47 : Charpente de la chapelle de la Conception.

d. La charpente de la chapelle de la Conception (1225d) (fig. 47-49)

Entièrement refaite au XIX^e siècle, elle présente une structure à fermes et pannes identique à celle de la chapelle nord (fig. 48). La toiture, de 10,20 m sur 5,20 m au sol, comprend deux longs pans inclinés à 57° avec un versant nord plus court qu'au sud pour être appuyé sur un muret de 2,60 m de haut, une croupe droite à l'est et à l'ouest sous la forme d'un pan droit se prolongeant au nord jusqu'au comble du déambulatoire.

Les quatre fermes de cette charpente sont des réemplois d'anciennes fermes qui sont également de deux types (fig. 49). Les fermes 2, 3 et 4 sont constituées d'un couple de chevrons enfourchés en tête, raidis par un entrait retroussé assemblé aux deux bouts par un mi-bois avec ergot et par un aisselier sur le chevron sud assemblé en pied et en tête par un mi-bois avec ergot. Aucune trace d'assemblage ne subsiste en pied du chevron sud pour une éventuelle jambe de force. Celle-ci devait être simplement clouée au chevron. Le pied du chevron nord devait reposer par une encochure ou un tenon oblique dans une sablière posée sur le muret.

La ferme 1 présente un entrait retroussé et un aisselier comme les autres fermes mais avec, en plus, un faux-entrait en partie haute, assemblé par des mi-bois avec ergot, et un haut-poinçon placé au XIX^e siècle assemblé par mi-bois à l'entrait retroussé et au faux-entrait. Le chevron nord ne s'arrêtait pas à l'origine au niveau du muret puisqu'un mi-bois avec ergot était destiné à une jambe de force. Cette ferme devait donc être placée du côté de l'actuelle



Fig. 48 : Charpente de la chapelle de la Conception.



Fig. 49 : Ferme en réemploi.

croupe ouest, probablement contre l'ancien mur du transept roman.

Le marquage des assemblages s'est fait là aussi avec un chiffre romain, VIII étant le chiffre le plus élevé, selon une distribution plus ou moins uniforme. En règle générale, l'enfourchement des chevrons est marqué sur la plupart des fermes de même que le mi-bois sud des entrails retroussés avec une latéralisation privilégiant l'inscription du côté assemblé à l'aiselier. Ce dernier ne présente pas *a priori* de marque et semble avoir été exclu du marquage.

Enfin, sur la face inférieure des chevrons, se trouve un trait, sur tout le long de la pièce, tracé au noir de carbone dans l'axe de l'enfourchement de tête et non dans l'axe des mi-bois.

Comme pour la chapelle nord, cette charpente devait s'accoler contre le mur du transept roman, exactement comme la charpente du déambulatoire sur la première travée. La construction du bras sud du transept gothique a entraîné la reprise de ces deux combles par l'amputation des fermes occidentales et la mise en place d'une toiture en appentis avec la pose d'un chéneau en pied, toujours présent sous le chéneau actuel. Ce dispositif, contrairement à celui de la chapelle sud, a entièrement disparu suite aux réparations du XIX^e siècle.

e. La charpente du chœur (automne-hiver 1227/1228d) (fig. 50-51)

La charpente du grand comble du chœur couvre les quatre travées droites et l'abside sur une longueur totale de 25,90 m et une largeur de 10,20 m. Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes subdivisée en huit travées de 4 à 6 fermes chacune et terminée à l'est par une croupe de 22 demi-fermes. Aucun dispositif d'origine de contreventement longitudinal n'a été identifié sur toute la longueur de la charpente. La hauteur des fermes atteint 8,50 m de l'entablement des murs gouttereaux au faîtage pour une inclinaison des chevrons de 59°. La première travée à l'ouest a été modifiée suite aux travaux de réfection de la tour du transept au siècle dernier. Une ferme principale et deux fermes secondaires ont ainsi été supprimées pour être remplacées par un dispositif de ferme et pannes. Les analyses dendrochronologiques ont permis de situer l'abattage des bois en automne-hiver 1227/1228, soit une mise en place de la charpente en 1228.

La trame (fig. 52-53)

La distribution des travées de la charpente s'accorde avec la trame des voûtes : les fermes principales sont placées à la verticale du sommet de l'extrados des voûtes – avec toujours un léger décalage



Fig. 50 : Charpente du chœur en cours de restauration, après dépose de la croupe en 1998.

de quelques centimètres – et des reins des voûtes. Ce décalage pourrait éventuellement s'expliquer par l'utilisation des entraxes de ces fermes par les maçons, au moment de la construction des voûtes, pour servir de support à des engins de levage ou de



Fig. 51 : Charpente du chœur après restauration.

manutention. Cette distribution des fermes peut en effet avoir une incidence sur la répartition des charges de la couverture sur les maçonneries. Ici, cette répartition est très réduite dans la mesure où toutes les fermes sont indépendantes et les fermes principales ne récupèrent pas les charges des fermes secondaires du fait de l'absence d'éléments d'étréssillonement et de contreventement longitudinaux. Il est donc difficile de savoir dans ce cas si le positionnement des fermes principales, plus lourdes que les fermes secondaires, est lié à une volonté de répartir les charges en fonction des piliers de maçonnerie du chœur, ou bien à une utilisation particulière de ces fermes pour la manutention de la construction des voûtes.

La trame de la charpente est irrégulière. Les travées ont trois ou quatre fermes secondaires à l'exception de celle précédant la croupe qui encadre les tourelles d'escaliers qui en possède cinq. Leur longueur, pour un même nombre de fermes, varie parfois d'une travée à l'autre (2,18 m pour les travées 2, 3 et 4 et 2,29 m pour la travée 6). On constate cependant que la longueur des travées, notamment pour les travées 2, 3 et 4, a été prédéterminée par rapport à l'écartement des fermes qui varie de 40 à 50 cm. La valeur de l'entraxe des fermes a donc été calculée, pour ces travées, de façon plus ou moins aléatoire mais pour obtenir une longueur

| | | | | | | | | |
|--|------|----------|-------|----------|---------|---------|-----------|------|
| Travées | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Nombre de fermes | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 |
| Longueur en m | 2,70 | 2,19 | 2,17 | 2,19 | 2,78 | 2,29 | 2,59 | 3,19 |
| Entrevous des fermes secondaires en cm | ? | 44-44-44 | 47-48 | 40-50-44 | 43-46 | 45-45 | 41,5-45,5 | ? |
| Entraxes des fermes secondaires en cm | ? | 60-60-60 | 63-64 | 56-64-63 | 60-61,5 | 60,5-61 | 58-61 | ? |

Tableau des mesures de la trame du chœur

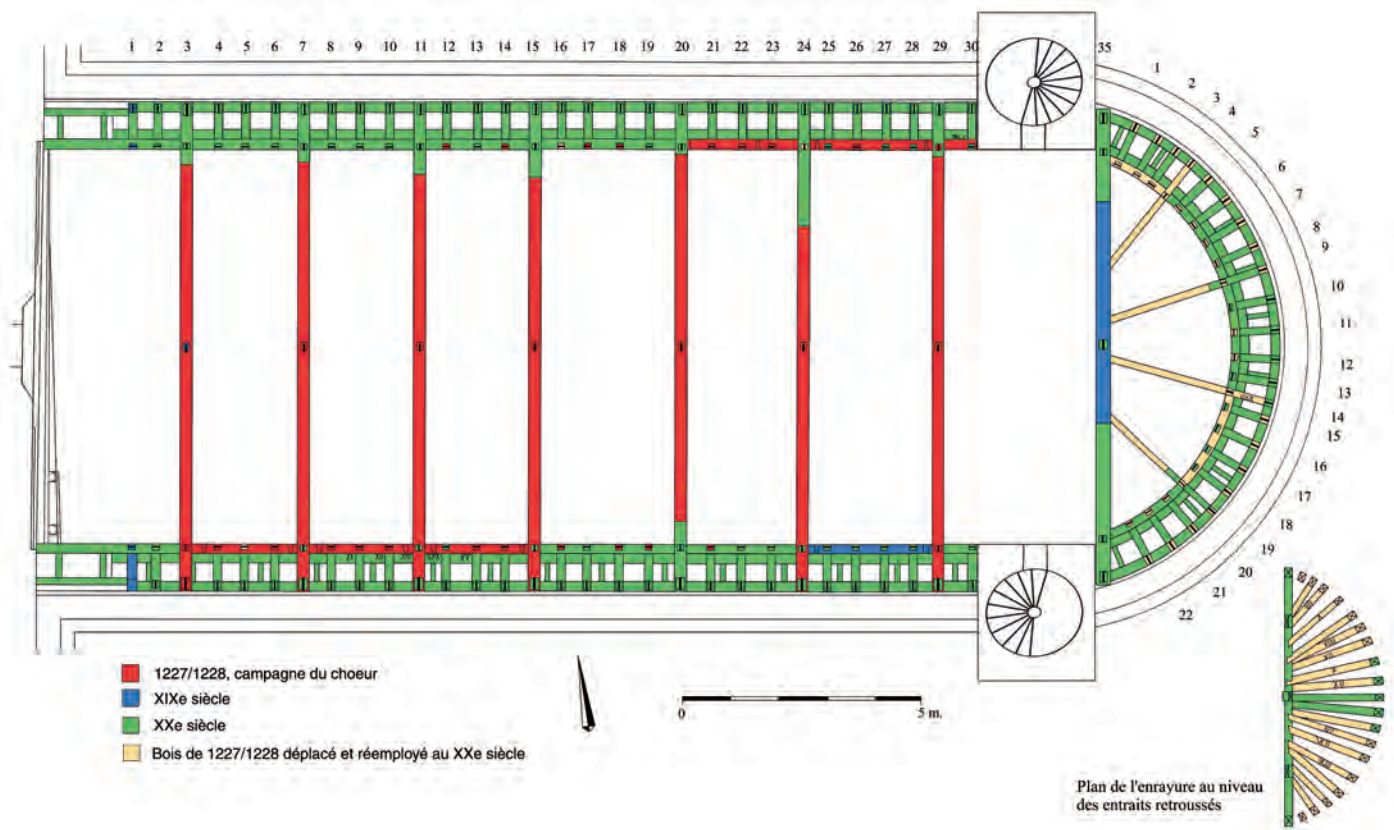


Fig. 52 : Charpente du chœur, plan au niveau des entrails.

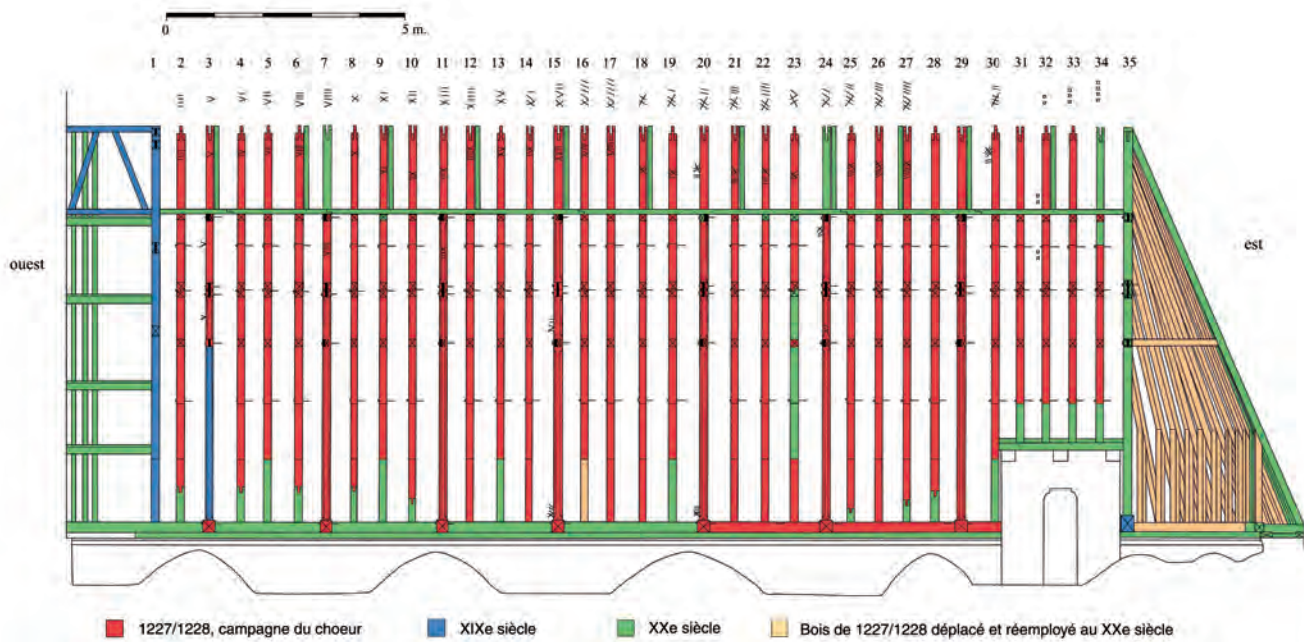


Fig. 53 : Charpente du chœur, coupe longitudinale ouest-est.

de travée bien déterminée. Il semble donc qu'il n'y ait pas eu de valeur étalon précise pour l'entraxe ou l'entrevous des fermes, l'emplacement des fermes principales étant conditionné par la position des piliers et des voûtes.

Les sablières

Le système actuel de réception des pieds de fermes au sein de chaque travée consiste en une entretoise de 20 x 23 cm de section, assemblée par tenon-mortaise aux flancs des entrails, et des blochets de 19 x 19 cm tenonnés à cette dernière pour recevoir le pied des chevrons, également par tenon-mortaise. Les jambes de force s'assemblaient par tenon-mortaise sur la face supérieure de cette entretoise. Du dispositif d'origine, il ne subsiste que les entretoises sur certaines travées, tous les blochets ayant été remplacés récemment. Les mortaises réemployées des entretoises encore en place ne laissent aucun doute sur la similarité entre le dispositif primitif et celui actuellement présent. Une plate-forme constituée de deux sablières étrésoillonnées entre elles à intervalles réguliers supporte ce dispositif ainsi que les entrails des fermes principales. Cette plate-forme, mise en place en 1996, devait en remplacer une autre d'origine.

Ce système d'entretoise est très fréquemment employé au XIII^e siècle et sert à lutter contre les poussées latérales des fermes secondaires. On le rencontre en Normandie dans la charpente de l'abbaye de Bonport (1221d), à Pont-de-l'Arche (Eure), dans celle de la cathédrale de Rouen (vers 1230d) et au manoir des abbesses de Saint-Amand à Boos (Seine-Maritime). Il se voit encore à Rouen vers la fin du XV^e siècle et au début du XVI^e siècle sur la nef de l'abbatiale Saint-Ouen³¹ et sur la nef de l'église Saint-Maclou³². Sur la plupart de ces exemples, l'entretoise débord au-delà de la plate-forme, et celle-ci ne supporte que très partiellement cette poutre. Lorsque la charpente est apparente, l'arête inférieure interne de cette poutre, libérée par ce débord, se trouve presque toujours chanfreinée ou moulurée.

Les fermes principales (fig. 54)

Les fermes principales sont toutes identiques en structure. Nous ignorons cependant si la première ferme principale à l'ouest, supprimée au siècle dernier, et la ferme de croupe remplacée en 1996 étaient similaires ou non aux autres. Les assemblages à mi-bois de ces fermes se présentent tous sur la face ouest, donnant ainsi l'orientation de leur face d'établissage.

Elles sont constituées, chacune, d'un couple de chevrons enfourchés en tête, d'un entrail, de deux faux-entrails, de deux jambes de force, d'un couple d'écharpes et d'un faux-poinçon (fig. 55). Le premier faux-entrail, d'une seule pièce (c'est-à-dire non assemblé en deux éléments au faux-poinçon), raidit les

chevrons au moyen de tenons-mortaises tandis que le second, en partie haute de la ferme, s'assemble aux chevrons par des mi-bois à demi-queue d'aronde. Les deux faux-entrails travaillant en compression, on ne comprend pas à première vue pourquoi des tenons-mortaises n'ont pas été également utilisés par le second faux-entrail. Ce dernier reçoit à mi-longueur l'assemblage de tête du faux-poinçon qui ne profite donc pas des efforts de compression en tête des chevrons comme dans une triangulation normale. Ce faux-poinçon s'assemble par un mi-bois à demi-queue d'aronde à ce second faux-entrail, à l'exception de celui de F10 et F29 qui présente un mi-bois avec ergot. Il réceptionne les écharpes par des tenons-mortaises et le premier faux-entrail par un mi-bois et vient se fixer en pied dans l'entrail par un tenon désaboté, calé au moyen d'un rossignol. Les quatre arêtes de ce faux-poinçon sont chanfreinées sauf au droit des assemblages et en partie haute de celui de F3 (fig. 55).

Une véritable triangulation consiste à assembler un poinçon aux têtes des chevrons afin de convertir leurs efforts de compression en force de traction au travers du poinçon pour suspendre en pied l'entrail de la ferme. Ici, le poinçon n'est que suspendu par l'intermédiaire d'un mi-bois au second faux-entrail. Servant théoriquement à raidir le couple de chevrons, ce faux-entrail se trouve ainsi sollicité à la flexion en raison du poids du poinçon, ce qui se traduit au niveau de ses assemblages d'extrémité par des efforts de traction d'où, peut-être, la présence des mi-bois à demi-queue d'aronde. Des tenons-mortaises auraient été effectivement inadaptés à ce type de contrainte puisque seules les chevilles auraient supporté les efforts de traction.

La suspension du poinçon au faux-entrail permet malgré tout de suspendre l'entrail et de le soulager de ses efforts de flexion naturelle. Maintenu par le premier faux-entrail, lui-même raidi par les écharpes, le poinçon assume quand même avec une certaine efficacité sa fonction de tirant vertical. Bien qu'il ne soit pas assemblé en tête des chevrons, sa vocation première est bien de suspendre l'entrail comme en témoigne son mi-bois à demi-queue d'aronde de tête. On ne peut cependant le qualifier que de faux-poinçon puisque le principe n'est appliqué que partiellement, ce qui ne l'empêche pas de fonctionner. De ce fait, on peut parler de fausse-triangulation.

Les écharpes ne sont pas monoxyles. Elles sont chacune constituées de deux pièces assemblées dans le faux-poinçon par des tenons-mortaises³³, dans les chevrons en tête par un mi-bois à demi-queue d'aronde³⁴, et en pied par un mi-bois avec ergot. L'assemblage du pied est systématiquement renforcé par une cheville implantée transversalement à l'assemblage, enfoncée le plus souvent depuis la face extérieure du chevron. Il est étonnant

31. CRMH 1982c, pl. D 6994.

32. *Ibid.*

33. Assemblage toujours chevillé sauf pour les écharpes hautes de F7.

34. Sauf l'écharpe nord de F3 qui est assemblée par un tenon bâtard.

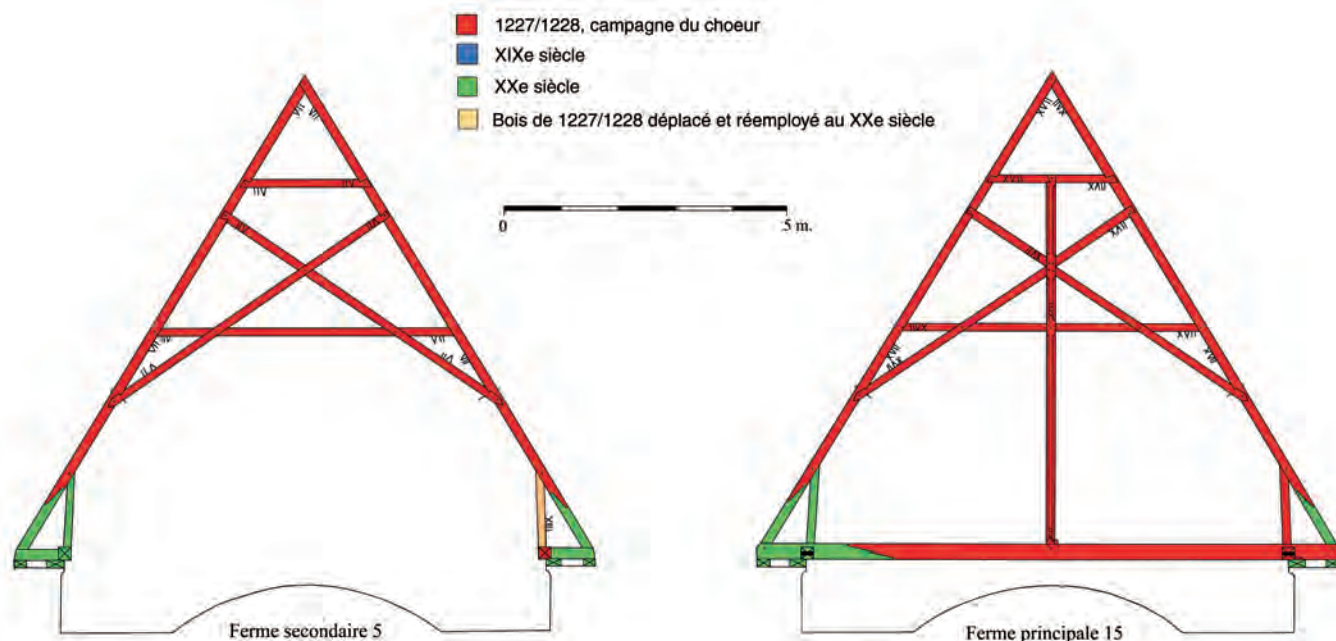


Fig. 54 : Fermes de la charpente du chœur.



Fig. 55 : Faux-poinçon d'une ferme principale, les chanfreins s'arrêtent au droit des assemblages.

que les écharpes ne soient pas monoxyles puisque cela aurait incontestablement contribué à suspendre le faux-entrait tandis que dans le cas présent, les écharpes ne servent qu'à raidir les chevrons.

Le pied des chevrons s'assemble dans l'entrait par un tenon-mortaise de même que les jambes de force, en tête dans le chevron comme en pied.

| Pièces | Section |
|----------------|------------|
| Chevron | 18 x 18 cm |
| Entrait | 26 x 28 cm |
| Faux-poinçon | 17 x 17 cm |
| Faux-entrants | 15 x 15 cm |
| Écharpes | 16 x 15 cm |
| Jambe de force | 15 x 15 cm |

Les fermes secondaires (fig. 54)

Elles se présentent comme les fermes principales sans l'entrait ni le poinçon. La disposition des pièces des fermes principales et secondaires est issue de la même épure. Les écharpes sont monoxyles et s'entrecroisent par un mi-bois avec une alternance de recouvrement irrégulière. Les assemblages aux chevrons des entrants retroussés, des faux-entrants et des écharpes sont les mêmes que ceux des fermes principales³⁵. Là encore, les pieds d'écharpes

35. Sauf pour la tête de l'écharpe sud de F28 qui est assemblée par un tenon bâtard et pour l'écharpe sud de F 17 et l'écharpe nord de F28 qui sont assemblées par un mi-bois avec ergot.

sont chevillés transversalement afin de renforcer l'assemblage. Le sens d'enfourchement des têtes des chevrons est aléatoire tout comme l'orientation de la queue d'aronde des mi-bois des têtes d'écharpes, placée soit vers le haut soit vers le bas.

En pied, les chevrons sont soulagés par un couple de jambes de force qui viennent s'assembler par un tenon-mortaise dans l'entretoise tandis que l'extrémité du chevron est reprise par un court blochet, lui-même tenonné à cette entretoise.

Au droit des tourelles d'escalier, à la naissance de l'abside, les fermes secondaires sont tronquées de leur partie inférieure et viennent s'appuyer sur une sablière portée aujourd'hui par trois corbeaux. Cette sablière était à l'origine supportée par deux pièces obliques qui prenaient appui sur les entrants des fermes 29 et 35. Une petite toiture à deux pans, reliée par des noues à celle du vaisseau, couvrait le passage du comble à chacune des deux tourelles d'escalier.

Toutes les chevilles d'origine de cette charpente sont de section carrée.

La croupe

La croupe actuelle date de 1996 et ne correspond plus aux dispositions de la structure d'origine. D'après les plans dressés par l'architecte en chef des Monuments historiques, Bruno Decaris, la croupe présentait manifestement 22 demi-fermes appuyées sur une ferme principale presque identique à celles décrites précédemment. En effet, le faux-poinçon de cette ferme était composé de deux pièces aboutées par une longue enture oblique crantée placée sous le niveau du premier faux-entrait. Une grande pièce oblique venait s'appuyer en tête contre le poinçon, à la hauteur de cette enture, et était assise en pied sur une entretoise de la croupe. Elle était manifestement destinée à raidir l'enture oblique qui assemble les deux pièces du poinçon et, dans une certaine mesure, à éviter le déversement de la ferme. L'absence de relevé précis ou de photographie ne nous autorise malheureusement pas à être affirmatif sur l'origine et la fonction de cette pièce.

Le système de sablière suivait le même principe que celui utilisé pour les fermes du vaisseau. Il s'agit d'une entretoise cintrée suivant la courbure de l'abside qui recevait le pied des jambes de force des demi-fermes et qui s'assemblait par tenon-mortaise à de courts blochets destinés à recevoir le pied des chevrons. Ces entretoises s'assemblaient aux abouts dans des poutres horizontales, faisant office de demi-entrants, disposées de façon rayonnante et fixées par tenon-mortaise à l'entrait de la ferme principale.

Chaque demi-ferme était constituée d'un chevron raidi au niveau du premier faux-entrait de la ferme par un demi-entrait retroussé, assemblé au chevron par un tenon-mortaise et dans le faux-entrait par un mi-bois non chevillé, et aussi au niveau du second faux-entrait de la ferme par un demi-faux-entrait. De longues jambes de force, plus hautes que celles du vaisseau, soutenaient la partie inférieure des chevrons.

Sur les relevés dressés avant les travaux de 1996, on voit, sur la travée qui précède la croupe, un dispositif de contreventement longitudinal composé de deux liernes, placées sous les niveaux d'entrait retroussé et de faux-entrait, contreventées chacune par deux liens obliques. Entièrement supprimé, tout comme la ferme de croupe qui a été remplacée, ce dispositif n'a laissé de traces que sur le poinçon de la ferme 29. On peut dès lors constater que la lierne basse s'assemblait à ce poinçon par une entaille à mi-bois non chevillée, laquelle a recoupé le chanfrein d'arête, et que le lien de contreventement se contentait d'être cloué au poinçon. Par ailleurs, aucune trace ne subsiste de l'assemblage de la lierne haute ni de son lien en partie haute du poinçon, laissant un doute sérieux quant à l'existence réelle de ces pièces. Le dispositif de contreventement de la croupe, représenté sur ces relevés, n'était donc pas d'origine; ces éléments ont été rapportés après coup, à une époque indéterminée. Cette croupe a donc été conçue sans aucun mécanisme de contreventement dans la travée qui la précède. Les longues jambes de force, plus hautes que sur les fermes du vaisseau, contribuaient à empêcher la déformation des demi-fermes en raidissant le pied des chevrons, et suffisaient à maintenir la structure dans une position stable. Par ailleurs, la butée de la ferme de croupe, contre les tourelles d'escalier et contre la sablière de réception des fermes secondaires au droit de ces tourelles, contribuait également à stabiliser la croupe. Il est malheureusement impossible de savoir aujourd'hui si les éléments de contreventement ont été rajoutés suite à une déformation de la croupe ou bien par pure précaution.

Le marquage des bois (fig. 56 à 58)

La face d'assemblage des mi-bois de toutes les fermes de cette charpente est orientée vers l'ouest. La face d'établissage, c'est-à-dire la face de référence utilisée lors de l'exécution de ces fermes et aussi pour le marquage des bois, correspond donc à la face ouest des fermes.

De nombreuses marques d'assemblage ont été supprimées lors des travaux de restauration de 1996 suite à la purge de l'aubier des pièces, notamment celles situées en pied de ferme, sur la partie inférieure des chevrons, sur les jambes de force, les blochets et les entretoises. Toutefois, la majeure partie des bois encore en place et non grattés lors de ces travaux autorise une lecture satisfaisante du marquage sur l'ensemble de cette charpente. Seule la croupe, dont quelques bois ont été réemployés, échappe complètement à cette lecture.

À première vue, on constate une très grande diversité de types de marquage au sein de cette charpente. Les bois, selon les fermes, peuvent être marqués aux deux extrémités, sur une seule extrémité ou bien au milieu de leur longueur, sur la face d'établissage, sur la face inférieure ou supérieure de la pièce. La localisation des marques peut dépendre soit de l'emplacement de l'assemblage soit de la configuration des pièces, ce qui signifie qu'un segment de pièce peut

de segment inférieur de l'écharpe nord. Peut-être s'agit-il d'un effet de latéralisation puisque le marquage des écharpes diffère selon l'axe de la ferme et que cela se répète sur ces trois fermes. La ferme n° 8 pourrait éventuellement se rattacher à ce petit lot de fermes puisque là aussi l'entrait retroussé et les écharpes sont marqués différemment au nord et au sud. Cependant, ses marques en tête des chevrons et des écharpes ainsi que celles de son faux-entrait pourraient également l'apparenter au lot des fermes 2 à 17.

Les fermes principales n'appartiennent à aucun de ces lots et elles ne semblent respecter aucun principe de marquage en particulier, à l'exception toutefois des fermes 7 et 11 qui présentent plusieurs localisations de marques en commun, notamment pour les chevrons et les écharpes. Leur isolement par rapport à ces lots apparaît comme un indice significatif d'un marquage distinctif qui serait à mettre en relation avec leur différence structurelle.

La numérotation de ces fermes comprend un chiffrage romain continu évoluant de l'ouest vers l'est de la valeur 4 à la ferme n° 2 jusqu'à la valeur 32 à la ferme n° 30. Cette numérotation inclut sans aucune différenciation les fermes principales et les fermes secondaires. Par simple décompte, on peut déduire que les éléments mis en place à l'ouest de la charpente au siècle dernier ont remplacé trois fermes numérotées de I à III avec une ferme principale contre le mur de la tour de transept, faisant ainsi une travée de trois fermes secondaires, ce qui correspond aux mesures des entrevous des fermes sur le reste de la charpente.

Ce chiffrage romain est strictement additif, comme toutes les numérotations de ce type en matière de charpenterie du XII^e siècle jusqu'à aujourd'hui, et comprend un système d'abréviations qui consiste à attacher le X au V ou au X pour les dizaines, en confondant la première barre oblique des deux chiffres. Ce type d'abréviation apparaît à partir de la valeur numérique 16 à la ferme n° 14, saute la ferme 15 et reprend par la suite jusqu'à la ferme 30. Une erreur s'est glissée dans ce marquage à la ferme 24 où le charpentier a confondu la marque 26 avec la marque 16 en oubliant d'insérer une barre supplémentaire sur le X.

Les fermes n° 28 et 29 ne portent aucune marque mais ont été prises en compte dans la numérotation au même titre que n'importe quelle autre ferme numérotée puisque la suite des chiffres romains ne s'est pas interrompue ni décalée de rang. L'absence de marque ne signifie donc pas l'absence de valeur numérique au regard des autres fermes. Elles peuvent être comprises au sein d'un des lots de fermes définis ci-dessus.

Le second type de numérotation s'observe sur les fermes 32, 33 et 34 et correspond à une suite continue de l'ouest vers l'est d'une juxtaposition d'encoches taillées au ciseau. Débutant sur la ferme 32 avec deux encoches, elle se termine sur la ferme 34 avec quatre encoches. La ferme 31, vierge également de toute marque, devait prendre la valeur d'une encoche au départ de cette série qui devait peut-être, nous ne le saurons jamais, se terminer à la ferme principale de croupe avec cinq encoches.

Y a-t-il des corrélations entre ces deux numérotations et les différents lots de fermes isolés grâce au marquage? On constate que tous les lots de fermes à l'exception de celui de F32-F34 s'intègrent à la numérotation des chiffres romains, dans une suite presque continue puisque les lots F2-F17 et F18-F27 se suivent logiquement. Les fermes principales exécutées vraisemblablement à part s'intercalent dans la numérotation au sein de ces deux lots. Seules les fermes 8, 9 et 30 ne respectent pas la suite logique de cette numérotation et se répartissent de façon aléatoire dans les différents lots. Il est donc possible de concevoir pour l'exécution des fermes F2 à F30 une répartition du travail en trois équipes, chacune ayant des habitudes de marquage distinctes : l'une pour les fermes principales, deux autres pour partager en deux lots homogènes, d'une dizaine de fermes chacun, l'ensemble des fermes secondaires. L'emploi de la numérotation en chiffres romains s'est fait de façon concertée entre ces trois équipes. Il semble en effet que ces équipes se soient partagées cette numérotation en trois séries : une première destinée aux fermes principales, aux marques présélectionnées dans la numérotation selon la trame de la charpente, une deuxième comprise entre II et XVIII en excluant celles des fermes principales, et une troisième jusqu'à la valeur numérique 30. Chacune de ces trois équipes a donc puisé dans la série qui leur était destinée au moment de l'exécution des fermes jusqu'au dernier numéro.

Dans cette hypothèse, les fermes non marquées peuvent être considérées chacune comme une ferme de début ou de fin de série lorsque la numérotation est « épuisée ». F28 pourrait ainsi être la ferme de la fin de la série F18-F27, F29 celle de la fin de série des fermes principales, et F31 celle du début de la série F32-F34. La ferme 30, qui est positionnée juste après le lot des fermes F18-F27 et dont le marquage appartient au premier lot de fermes, serait dans ce cas la ferme de la fin de la série F2-F17, rajoutée avec les autres fermes de fin ou de début de série des autres équipes. Ceci expliquerait la marque numérique 32 appliquée à cette ferme, valeur empruntée à la suite de la numérotation du deuxième lot de fermes puisque le premier s'arrête au début d'une autre série. Cette ferme aurait été exécutée une fois le lot des fermes F2-F17 terminé et avant l'achèvement du lot F18-F27 par l'autre équipe.

La ferme 9, exécutée manifestement par l'équipe du deuxième lot mais intégrée au premier, est peut-être le témoignage des mouvements ou des transferts d'ouvriers au sein des différentes équipes travaillant sur ce chantier et de la relative perméabilité des hommes ou des groupes d'hommes entre les tâches à accomplir. On comprendrait mieux ainsi l'isolement de la ferme 8, au marquage distinct des autres fermes, et les nombreuses irrégularités relevées au niveau de l'emplacement des marques au sein de chaque lot de fermes. En effet, le rattachement de la ferme 30, exécutée par la première équipe, à la numérotation du lot F18-F27, et inversement celui de F9, réalisée par des hommes de

l'équipe du lot F18-F27, à la numérotation du lot de F2-F17 prouvent que la numérotation en chiffres romains de toutes ces fermes est utilisée sans aucun souci de différenciation du travail des trois équipes qui la partagent. L'irrégularité des emplacements des marques dans ces trois lots de fermes confirme que le marquage n'a pas servi non plus à distinguer le travail de ces trois équipes.

Les fermes du lot F32-F34, avec *a priori* F31 en début de série, constitueraient une entité à part entière avec une numérotation sérielle continue, de (1) à 4, une localisation particulière des marques sur les bois et l'usage d'un type spécifique de marques, les encoches. Ce petit lot a donc été réalisé dans l'intention d'être démarqué des autres fermes de cette charpente. Il s'agit en effet des fermes secondaires qui précèdent la croupe et qui s'appuient directement sur les maçonneries des tourelles d'escalier. Une différence structurelle assez nette les isole donc des autres fermes secondaires de cette charpente. Il est probable qu'il faut rattacher ce petit lot à l'exécution des éléments de la croupe. En effet, d'après les relevés étudiés précédemment, les sablières qui soutiennent les pieds de ces fermes secondaires s'appuient sur la ferme de croupe : il serait logique d'exécuter une croupe avec les éléments qui s'y rattachent ou qui la précèdent. L'usage des encoches et d'une numérotation distincte aurait donc servi à ne pas confondre le travail de cette équipe responsable de la croupe.

Pour l'ensemble des fermes de cette charpente, seul le type de marque lié à une numérotation continue constitue un critère de différenciation entre les groupes de travail, même si ces derniers sont composés de plusieurs équipes aux techniques de marquage qui leur sont propres.

En ce qui concerne la croupe, il est malheureusement difficile d'envisager une restitution du marquage de ses éléments puisque la plupart d'entre eux ont été remplacés ou, pour ceux qui ont été conservés, déplacés. Les rares bois réemployés ont été systématiquement grattés afin de supprimer leur aubier (pour une raison qui d'ailleurs nous échappe). De plus, il a été remarqué que le relevé de la croupe, dressé par l'architecte en chef des Monuments historiques Bruno Decaris avant les travaux, présentait une première enrayure de 10 demi-entrants retroussés et qu'aujourd'hui elle en possède 17 (?) ainsi qu'une seconde enrayure de 8 demi-faux-entrants placée au niveau des faux-entrants des fermes secondaires, et qui a aujourd'hui entièrement disparu.

Toutes les marques identifiées sur cette croupe sont en chiffres romains, ce qui n'est pas en contradiction avec l'idée avancée ci-dessus concernant les fermes secondaires adjacentes puisqu'il s'agissait d'une façon de les distinguer nettement du marquage des autres fermes. Les seules marques préservées sont situées sur la face supérieure des demi-faux-entrants des demi-fermes et en pied des demi-fermes. D'autres devaient être présentes sur les chevrons et, bien sûr, sur les éléments de la ferme de croupe, mais aucun indice ne permet de les restituer. Les marques des demi-faux-

entrants sont au nombre de neuf – dont deux incomplètes –, toutes gravées à la rainette. En pied, les demi-fermes sont inscrites sur la face interne des chevrons et des jambes de force. Quelques marques ont également été retrouvées sur la face supérieure d'une entretoise au droit d'une demi-ferme et sur l'extrémité du demi-entrant de la demi-ferme 14, entre l'assemblage de la jambe de force et du chevron. Le réemploi de tous ces bois ne nous autorise pas à interpréter d'une façon rationnelle la numérotation de ce marquage. Il apparaît cependant que, si l'on tient compte de la position des marques des demi-faux-entrants sur l'enrayure et de celle de l'entretoise, la numérotation des demi-fermes évoluait du nord vers le sud de 1 jusqu'à 22. On s'aperçoit également que ce marquage est relativement homogène dans la localisation de ses marques et que ces dernières répondent à une suite numérique continue. On peut donc avancer l'idée, au regard des informations que nous avons, qu'une seule équipe a réalisé cette croupe, dans son exécution et son marquage.

Le lignage et le piquage des bois

Quelques traces de lignage subsistent sur la face inférieure des chevrons, des entrants retroussés et des écharpes. Toutes les pièces étaient lignées à l'origine mais la mauvaise conservation de ces tracés sur le bois et le grattage de très nombreuses pièces lors de la dernière restauration ne permettent pas de restituer l'ensemble des tracés ni de comprendre précisément le procédé de cette technique de préparation des assemblages.

Toutes ces traces témoignent d'un lignage réalisé entièrement au graphite, comme précédemment. Sur la face inférieure des chevrons, particulièrement bien visible en partie haute des chevrons sud de F5, F10, F16 et nord de F6 et F12, ce lignage apparaît sous la forme d'un premier trait noir tracé dans l'axe de la pièce sur toute sa longueur, et de deux autres traits noirs parallèles placés dans le prolongement des côtés latéraux des mortaises pour les entrants retroussés et donc destinés à leur exécution. Le premier trait axial ne passe pas obligatoirement dans l'axe de ces mortaises, ni sur le côté latéral des entailles des assemblages à mi-bois. Il correspondrait à une ligne d'assemblage c'est-à-dire à un axe de repère pour le piquage des assemblages, tenons-mortaises ou mi-bois.

En sous-face des entrants retroussés de F2, F13, F30 et F31 on distingue encore des traits noirs tracés dans le sens de la longueur de la pièce. Sur F2 et F31, un seul trait a été relevé, dans le prolongement du côté longitudinal des entailles des assemblages à mi-bois (fig. 59), sur F30 uniquement deux traits pour les tenons-mortaises (fig. 60), et sur F13 trois traits dont deux suivant le prolongement des tenons-mortaises d'extrémité (fig. 61). Nous ne pouvons pas savoir si certains de ces tracés ont été effacés ou s'ils sont complets, ce qui témoignerait d'une grande diversité des techniques de lignage. Par ailleurs, notons l'existence d'un tracé sur la face ouest (face d'établissage) de l'entrant retroussé de



Fig. 59 : Lignage à un trait.

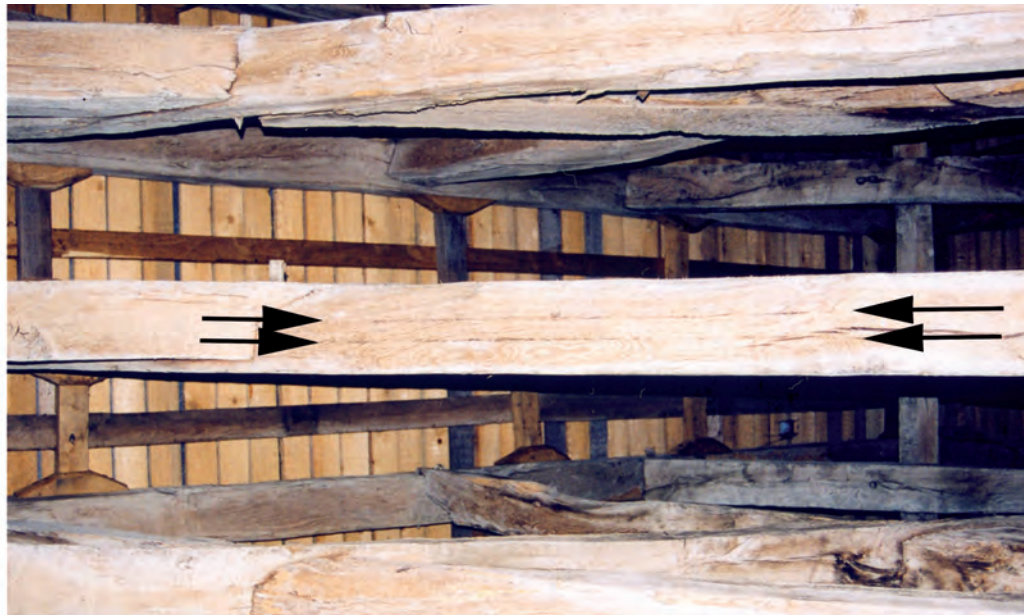


Fig. 60 : Lignage à deux traits.

F14, au droit du mi-bois de l'écharpe sud. Il se présente sous la forme d'un trait axial, réalisé sur l'entrait retroussé, se prolongeant sur l'écharpe, et de deux traits placés chacun dans le prolongement des bords latéraux de l'entrait retroussé, et donc visibles uniquement sur l'écharpe. Tracées au graphite, ces lignes noires n'ont pu être réalisées qu'après l'assemblage de ces deux pièces et ne peuvent être des traces de lignage, du moins pour cet assemblage puisque ce dernier est déjà exécuté. De plus, le piquage des tenons-mortaises des extrémités dont les traces s'observent encore sur le flanc des chevrons a été fait au moyen d'un traceret et non d'une mine de graphite. Il ne peut donc pas s'agir d'une marque de piquage.

Les autres traces de piquage relevées au droit des assemblages des fermes sont faites systématiquement au moyen d'un traceret. On les observe particulièrement bien sur les poinçons au niveau de leurs assemblages avec les écharpes, disposées donc sur le poinçon lors de l'établissage, et sur les chevrons au droit des mortaises des entrails retroussés puisque l'exécution de ces assemblages préserve la face d'établissage de ces chevrons.

La mise en place et le mode de couverture

L'unité structurelle de l'ensemble des fermes, travaillées à partir d'une même épure, ainsi que l'homogénéité des bois et des techniques utilisées sur tous les éléments de cette charpente

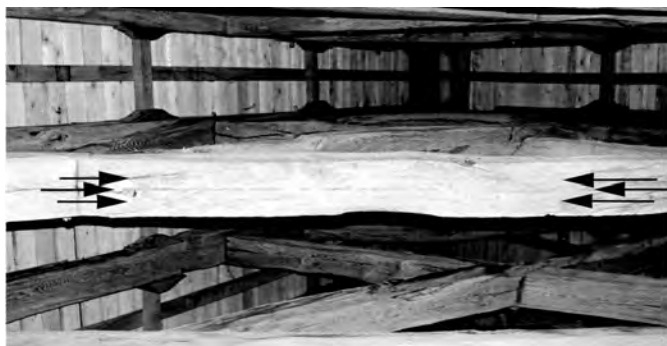


Fig. 61 : Lignage à trois traits.

confirment l'idée d'une mise en place en une seule campagne. Exécutée par différentes équipes de charpentiers au cours d'un unique chantier, cette charpente a été posée progressivement, ferme par ferme, d'une façon continue et sans interruption sur les maçonneries du chœur. Elle fut posée certainement avant la construction des voûtes, de façon à ce que celles-ci puissent bénéficier d'une couverture pour le séchage du mortier et aussi d'éléments de support pour les engins de levage.

D'après le sens du chevillage des fermes³⁶ et l'orientation de leur face d'établissage, la charpente a été posée de l'ouest vers l'est, en partant de la tour du transept vers la croupe. Il est en effet logique que les charpentiers se soient servis du mur de cette tour pour prendre appui afin de poser les premières fermes. S'appuyant ensuite sur ces fermes, ils ont progressé vers l'est en assemblant et chevillant les bois face à eux. Le sens de la numérotation du marquage des fermes correspond ici au sens de leur mise en place. Les charpentiers-levageurs ont suivi la numérotation des fermes pour les disposer selon un plan préétabli, et ensuite, la numérotation des pièces au sein de chaque ferme pour les monter. Il est évident que ces charpentiers ont utilisé des engins de levage, comme des chèvres, des cabestans ou des roues à hommes, disposés sur les murs ou sur les entrails. Les traces de fixation d'un engin de levage subsistent sur la face supérieure des entrails de F20 et F24, sur leur moitié sud, sous la forme de mortaises chevillées, d'entailles et de trous de cheville de forte section répartis sur 1,45 m de long. Placé à cheval sur ces deux entrails, au milieu de la charpente, cet engin pouvait servir aussi bien au levage des poutres qu'à celui des matériaux de couverture. Il est aussi possible qu'il n'ait servi qu'à la maçonnerie des voûtes. L'absence de trappe ou de remaniement des voûtes d'origine à ce niveau témoigne bien que cet engin était en service avant l'achèvement de ces voûtes.

Aucun indice sur les bois ne permet d'affirmer que la couverture était faite en tuiles ou en schiste puisqu'aucun chevron

n'a été réemployé en laissant apparente sa face extérieure. Cependant on constate qu'aucun fragment de tuile n'a été retrouvé dans les gravats des combles du déambulatoire et des chapelles latérales, situés en contrebas de cette toiture. Il est donc fort probable qu'une couverture identique à celle du déambulatoire a été posée sur la charpente du chœur.

Par ailleurs, si nous nous référons au mode de fixation des tables de plomb des couvertures du XII^e et du XIII^e siècles étudiées sur la cathédrale de Rouen ou de celles de l'abbatiale de La Trinité de Fécamp en Seine-Maritime, considérées comme les plus anciennes encore en place en Normandie, les bois présenteraient sur leurs flancs des clous ou des traces de clous destinés à fixer le repli supérieur des tables. N'ayant relevé aucune trace de ces clous, seul témoignage lisible sur les chevrons pour identifier ce type de couverture, nous supposons que le plomb n'a pas été utilisé ici ou du moins pas avec ce système de fixation.

Le transept

Selon Jean Vallery-Radot, Jacques Thirion et Jean-Jacques Bertaux, le chantier se déplaça dans la nef après l'achèvement du chœur, laissant provisoirement les croisillons du transept roman en place³⁷. Les analyses dendrochronologiques réalisées sur les charpentes du chœur et du transept contredisent en partie cette théorie puisque le chœur est achevé en 1228d avec son déambulatoire en 1225d, le bras sud entre 1223 et 1226d et le bras nord vers 1250d. Selon ces propositions de datation, le déambulatoire et le bras sud auraient été édifiés ensemble au cours d'un même chantier, achevé vers 1225, suivi par celui des parties hautes du chœur jusqu'en 1228d. La nef aurait logiquement succédé à celui-ci après 1230, jusqu'en 1240 vraisemblablement, pour terminer cette campagne de reconstruction par le bras nord, achevé en 1250d.

Lors de la translation de ce chantier du chevet vers la nef, les piliers de la tour-lanterne furent repris en conservant au sein des piles le noyau des maçonneries romanes et une voûte fut construite pour obturer la lanterne, dissimulant les baies romanes de l'étage supérieur encore présentes aujourd'hui. En effet, comment expliquer autrement la reprise intégrale en style gothique de la travée de la nef contiguë à la tour du transept³⁸ alors que sur les autres travées les piliers n'ont pas été remaniés? Par ailleurs, les modifications des piles de la tour de croisée étaient rendues nécessaires à la retombée des nouvelles voûtes gothiques du chœur, du bras sud et de la nef à venir. Les niveaux supérieurs romans de cette tour ont toutefois été conservés jusqu'à

36. Toutes les chevilles d'origine encore en place sont en chêne, de section carrée.

37. VALLÉRY-RADOT 1958 rééd., p. 15 et BERTAUX 1978, p. 44.

38. Cette travée a été entièrement reprise au XIX^e siècle.

l'achèvement du transept et n'ont pas été touchés par cette campagne. Pourquoi ne pas démolir les piles romanes sinon dans le but de conserver les niveaux supérieurs?

L'inhumation dans le chœur de l'évêque Guy, mort le 26 février 1259³⁹, et les indulgences accordées par le pape Innocent IV en 1243, 1244, et 1254⁴⁰ pour la reconstruction de la cathédrale confirmeraient cette chronologie en supposant que ces indulgences étaient destinées au chantier du croisillon nord et de la tour de croisée, survenu en dernier lieu.

a. Le croisillon sud (1223-1226d) (fig. 62)

L'élévation à deux niveaux divisés par une petite galerie s'apparente à celle de la nef. Le premier niveau se subdivise sur les murs latéraux et sur celui du fond en deux parties, la première constituée d'arcs pleins encadrant au sud une rosace quadrilobée avec de multiples motifs tréflés associés à des petites rosaces dans les écoinçons, la seconde de fines arcades aveugles trilobées sous un bandeau de médaillons tréflés (fig. 63). La balustrade dans laquelle ont été insérées des statues romanes est soulignée par un cordon de deux rangées de feuillages. La richesse de la décoration caractérisée par la profusion de rosaces, de médaillons sculptés, de feuillages, de trèfles et quadrilobes dans les bandeaux et les écoinçons, sur le nu des murs, témoigne indéniablement de l'appartenance de cette construction au style gothique normand.

Une expertise dendrochronologique menée par le laboratoire Archéolabs en 2000 sur la charpente du comble a proposé un abattage des bois vers 1192⁴¹. Une seconde expertise faite en 2002 et corrigée en 2006 par le laboratoire de Rennes a permis de proposer une date plus en cohérence avec le style architectural des élévations, entre 1223 et 1226.

La charpente d'origine est relativement bien conservée malgré les remaniements liés à la restauration de la tour de croisée au XIX^e siècle qui ont entraîné la suppression de la première travée nord de la charpente et à celles qui ces dernières années ont porté essentiellement sur les pieds de fermes (fig. 64-65).

La structure d'origine est une charpente à chevrons-formant-fermes de 21 fermes indépendantes disposées en quatre travées (des cinq premières fermes nord ne subsiste qu'une seule, réemployée dans la structure à fermes et pannes mises en place au XIX^e siècle). Chaque travée se compose d'une ferme principale à entrant et poinçon et de quatre fermes secondaires.

La trame de cette charpente apparaît légèrement décalée par rapport à la trame des voûtes du croisillon puisque l'extrados et le rein des voûtains ne sont pas tout à fait à la verticale des fermes principales. À l'exception de celles de fond, les fermes



Fig. 62 : Croisillon sud du transept.

sont décalées de 60 cm environ des extrados et de 1,20 m du rein des voûtains. Comme pour la charpente du chœur, ce décalage peut éventuellement servir à libérer l'espace au-dessus des voûtains pour faciliter la manutention des matériaux utilisés par les maçons. Notons aussi que les deux voûtes du croisillon sont différentes, la voûte nord étant plus étroite que la voûte sud.

La trame de la charpente répond à une certaine symétrie vis-à-vis des dimensions de ce croisillon puisque sa longueur totale est de 12,01 m et que la ferme principale médiane des quatre travées de la charpente est placée exactement au milieu. Cependant, les longueurs respectives de chaque travée ne se correspondent pas précisément, sauf à 10 cm près pour la première et la troisième travée ainsi que pour la seconde et la quatrième travée. Quant aux valeurs d'entraxe des chevrons, elles varient entre 34 et 64 cm avec une moyenne placée à 57,4 cm.

39. HERMANT 1705, p. 221.

40. *Antiquus cartularius ecclesiae Baiocensis...*, t. II, n° CCCXXXII, p. 53, CCCXXXIII, p. 54, CCCXXXIV, p. 56, CCCCI, p. 129, CCCIV, p. 130.

41. Archéolabs réf. ARC 00/R1722D/2.



Fig. 63 : Croisillon sud.

Haute de 7,96 m, longue de 12,01 m et large de 10,80 m pour une portée d'entrait de 8,45 m, cette charpente présente une pente de $56,5^\circ$ pour une longueur totale de rampant de 9,85 m. Elle présente donc des dimensions plus réduites que celles du chœur avec une pente légèrement inférieure. Aucun dispositif d'étréssillonement longitudinal des fermes n'a été relevé, à l'exception peut-être d'un système d'entretoisement provisoire au niveau des derniers faux-entraits des fermes et dont ne subsistent plus que des trous de cheville sur ces pièces. On y observe en effet des trous de cheville avec, pour certains, les chevilles encore conservées traversant de haut en bas les faux-entraits et disposées à différents endroits le long de ces pièces mais toujours à proximité pour des fermes contiguës. Elles devaient servir à fixer des petites entretoises sur trois ou quatre fermes afin de les étréssillonner le temps de leur mise en place ou bien pour les maintenir suite à une réfection de la couverture.

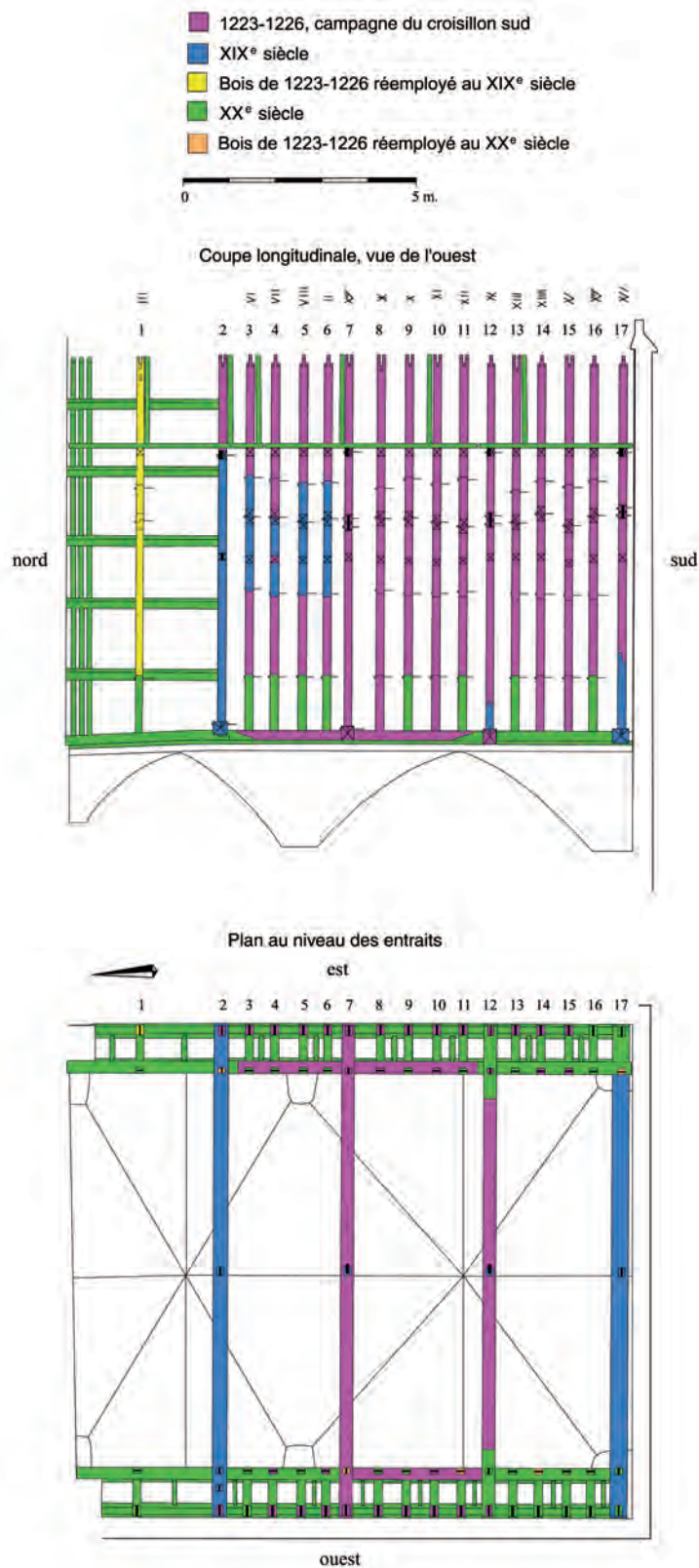


Fig. 64 : Charpente du croisillon sud.

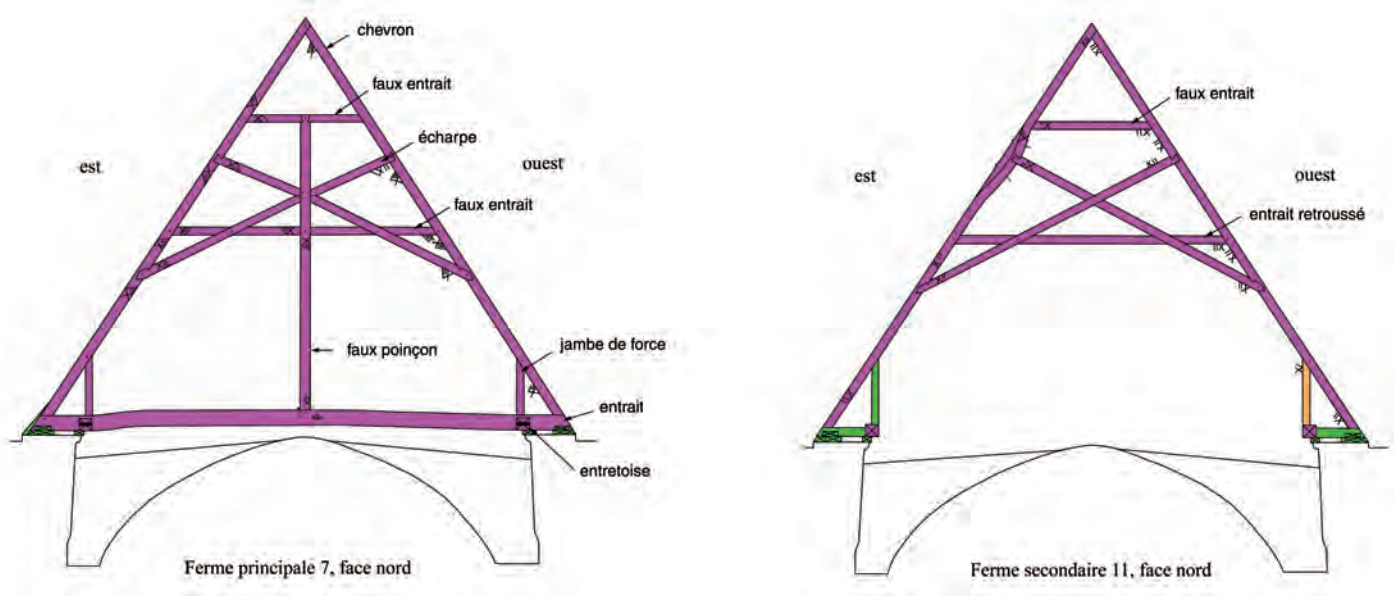


Fig. 65 : Fermes de la charpente du croisillon sud.



Fig. 66 : Pieds de fermes du croisillon sud.

Les pieds de fermes (fig. 66)

En dépit de la récente restauration de la plupart des pieds de fermes, il est possible d'en restituer l'aspect originel avec une certaine fidélité et de se rendre compte que le système de réception des fermes était similaire à celui observé sur la charpente du chœur. Il est constitué d'une entretoise de 21 x 24 cm de section, assemblée aux flancs des entrails par un tenon-mortaise chevillé, sur laquelle viennent s'assembler les jambes de force des fermes secondaires ainsi que de courts blochets. Ces derniers, aujourd'hui disparus, recevaient le pied des fermes, certainement par un

tenon-mortaise chevillé. Une plate-forme, également refaite à neuf, composée probablement à l'origine d'un double cours de sablière, devait parcourir l'entablement des murs en passant sous les entrails, les entretoises et les blochets. Cette plate-forme servait, comme celle qui la remplace aujourd'hui, à reprendre le débord de l'entretoise, placée en retrait de l'entablement des murs, à isoler les pieds de fermes des maçonneries – et donc des éventuels problèmes d'humidité⁴² et de condensation – ainsi qu'à stabiliser les blochets. On ne peut cependant pas parler d'une fonction liée à la répartition uniforme des charges puisque l'épaisseur de cette plate-forme ne permet pas de compenser les points de charges ponctuels au droit des fermes principales avec ceux des fermes secondaires.

Les fermes principales (fig. 65)

Des cinq fermes principales de cette charpente ne subsistent que deux complètes, F7 et F12, la première ferme ayant été supprimée, F2 presque entièrement remaniée et F17 ayant eu son entrait refait au XIX^e siècle.

La conception de ces fermes s'apparente à celles du chœur avec une disposition de pièces et des assemblages presque identiques. On retrouve un raidissement des chevrons généré par deux faux-entrails, un couple d'écharpes et une fausse triangulation par un poinçon assemblé en tête dans le dernier faux-entrait avec un

42. L'absence de plate-forme sous les fermes de la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen a entraîné la détérioration de l'ensemble des entretoises et des blochets d'origine suite à des problèmes d'humidité et de condensation en pieds de fermes.



Fig. 67 : Mi-bois de tête d'un faux-poinçon dans un faux-entrait.

mi-bois (fig. 67). Par comparaison à même échelle, on constate que ces fermes ont été travaillées à partir d'une épure différente de celle des fermes du chœur. Les rapports de distance et d'angle entre les pièces du réseau interne des fermes sont en effet différents. Il en est de même des fermes secondaires qui sont élaborées sur la même épure que les fermes principales.

Toutes les fermes principales sont donc constituées d'un couple de chevrons assemblés en pied dans un entrait par un tenon-mortaise chevillé et en tête par un enfourchement chevillé, raidis par deux faux-entraits assemblés à chaque bout par un tenon-mortaise chevillé. Un faux-poinçon est suspendu au dernier faux-entrait par un mi-bois à queue d'aronde chevillé et assemblé au premier faux-entrait par une simple entaille à mi-bois chevillée. Le tenon-mortaise du pied de ce poinçon est bloqué dans l'entrait par une cheville en bois⁴³ et par un rossignol, c'est-à-dire par une petite cale logée dans le prolongement de la mortaise. Le tenon de cet assemblage est désaboté de sorte que l'on a l'impression que le poinçon est décalé par rapport à la mortaise de l'entrait, d'où la présence du rossignol. Ce poinçon n'est pas chanfreiné aux arêtes comme ceux des fermes du chœur.

⁴³. Cet assemblage est parfois bloqué par des chevilles en fer au XIII^e siècle comme dans les charpentes de la cathédrale de Rouen et du dortoir de l'abbaye de Bonport.

Un couple d'écharpes, en deux pièces chacune, participe au raidissement des chevrons en étant assemblées en tête par un mi-bois à demi-queue d'aronde et en pied par un mi-bois avec ergot. Elles s'assemblent dans le poinçon au-dessus du niveau du premier faux-entrait par des tenons-mortaises chevillés. Enfin, un couple de jambes de force vient raidir le pied des chevrons par un tenon-mortaise chevillé en tête et en pied dans l'entrait.

Tous les assemblages à mi-bois de ces fermes ainsi que ceux des fermes secondaires sont disposés sur la face nord, déterminant ainsi la face d'établissage de ces fermes. Le chevillage des assemblages d'origine, orienté dans le sens nord-sud, permet d'affirmer que la mise en place de ces fermes s'est faite selon ce sens.

Entre les fermes du chœur et celles de cette charpente, on peut remarquer quelques petites différences, en dehors bien sûr de celles relevées sur le plan de l'épure. On constate en effet qu'ici le second faux-entrait est assemblé aux chevrons par des tenons-mortaises tandis que sur les fermes du chœur le mi-bois est utilisé. Il s'agit d'une meilleure adaptation de l'assemblage aux contraintes engendrées par la flexion des chevrons, travaillant en compression sur ce faux-entrait. On remarque également que le mi-bois de tête du poinçon comporte une queue d'aronde complète tandis que, dans le chœur, cet assemblage est à demi-queue d'aronde. Là aussi, l'assemblage est mieux adapté aux efforts de traction suscités par le poinçon sur le faux-entrait.

Le poinçon n'est pas chanfreiné sur ses arêtes, contrairement à ceux de la charpente du chœur.

Les fermes secondaires

Réalisées à partir d'une épure commune, elles présentent la même disposition de pièces que les fermes principales à l'exception bien sûr de l'entrait et du poinçon. Son réseau interne comprend deux faux-entrants assemblés aux chevrons par des tenons-mortaises, un couple de grandes écharpes assemblées aux abouts par des mi-bois à demi-queue d'aronde en tête et à ergot en pied, ainsi qu'un couple de jambes de force raidissant le pied des chevrons par des tenons-mortaises chevillés. La réception de ces chevrons, déjà évoquée plus haut, se faisait par des blochets assemblés dans une entretoise sur laquelle prenaient appui les jambes de force.

Le sens d'enfourchement de tête des chevrons et celui du recouvrement des écharpes à leur croisée semblent complètement aléatoires.

L'assemblage de pied des écharpes, comme ceux des fermes principales, est renforcé systématiquement par une cheville enfoncée transversalement, de l'extérieur vers l'intérieur de la ferme, afin d'éviter que le mi-bois ne sorte de son logement.

Enfin, la queue d'aronde du mi-bois de tête des écharpes est toujours orientée vers le haut tandis que sur les fermes du chœur elle est disposée aussi bien vers le haut que vers le bas. Notons un mi-bois bâtard, c'est-à-dire sans queue d'aronde et donc sans aucune efficacité, en tête de l'écharpe est de la ferme 5. Peut-être s'agit-il d'un défaut de taille ou d'un oubli.

Les marques d'assemblages

La réalisation des tableaux de marques d'assemblages de cette charpente n'a pris en compte ni les jambes de force, ni les poinçons, les premières étant pour la plupart remplacées, les secondes ayant conservé trop peu de marques (fig. 68 à 70).

La lecture de ces tableaux ne laisse pas transparaître de distinction évidente entre des lots de fermes. L'emplacement des marques sur les bois diffère selon les fermes mais il est quasiment impossible d'établir des regroupements de fermes en fonction de ce critère. En règle générale, les bois sont marqués à chaque extrémité et chaque marque est reportée à l'identique sur l'autre pièce au droit de l'assemblage. Il est fréquent que la marque se trouve placée au milieu d'un segment ou bien sur des faces différentes. La diversité de localisation de ces marques le long des pièces et le caractère apparemment aléatoire du choix de ces emplacements ne permettent pas en effet de distinguer différents types de marquages. Pourtant, il existe bien un marquage commun aux chevrons est des fermes 1-3-6 ou 4-5-9 ou encore 10-11-14, comme pour les chevrons ouest des fermes 4-8-9 et 10. De même, les écharpes et les faux-entrants de l'ensemble des fermes de cette charpente, à l'exception de F12 et F17, semblent avoir été marqués selon un principe commun d'écriture. Les seuls

regroupements possibles semblent se faire par type de pièces selon un même versant et non par fermes. Le seul lot de fermes qui se distingue véritablement est celui représenté par les fermes principales 12 et 17, que ce soit par le marquage de leurs chevrons ou par celui de leurs écharpes. La ferme principale 2, vierge de toute marque, s'isole également de l'ensemble des autres fermes.

La grande originalité de ce marquage réside dans la latéralisation des marques selon le versant de la charpente. Les marques situées à l'est de l'axe vertical des fermes sont placées sur la face d'établissage des bois, face nord; celles situées à l'ouest de cet axe sont localisées sur la face inférieure des bois. Ce procédé permet de faciliter considérablement l'orientation des bois lors de leur mise en place. Il apparaît dans son concept comme l'un des jalons les plus importants dans l'évolution du marquage des assemblages, après celui de l'apparition des chiffres romains puisque cette technique, généralisée au cours du XIV^e siècle, reste en usage de nos jours. L'apparition de cette technique traduit l'importance grandissante du rôle que prend le charpentier-levageur⁴⁴ dans les grands chantiers de charpenterie et peut-être la différenciation des fonctions qui s'opère au sein de la profession dès cette époque.

Cette latéralisation est appliquée au marquage de toutes les fermes de cette charpente, selon le même principe, c'est-à-dire face nord - face inférieure, à l'exception de F12 et F17 qui n'appliquent pas cette technique d'orientation des bois.

L'inscription de ces marques a été faite à l'aide d'une rainette avec une certaine vigueur de la part du charpentier : les incisions sont profondes dans le bois et traversent en général toute la face. Seules les marques de F1 et de F3 semblent plus petites que les autres.

Quant à la numérotation de ce marquage, seuls les chiffres romains sont utilisés, toujours selon le principe additif traditionnel, c'est-à-dire sans soustraction de chiffres. Il faut noter la marque de la ferme 8, valant 9, qui combine le X avec un I dans l'axe. Il est rare en effet que cette valeur se présente sous une forme combinée, apparaissant dans la plupart des cas sous la forme d'un V suivi de IIII. En outre, l'écriture combinatoire du 15, 16, 17, 18 et du 20, associe le V au X en incluant les I à l'intérieur du V uniquement pour le 17 et le 18. Cette écriture apparaît parfois avec la forme non combinée sur les bois d'une même ferme sans qu'il y ait pour autant une volonté d'une quelconque latéralisation. Cette forme non combinée s'écrit avec le V toujours lié au X mais avec les I exclus du V, simplement juxtaposés à côté. Le choix d'une écriture combinatoire ou non semble purement aléatoire et ne répond à aucune contrainte particulière du graphisme de ces marques. Enfin, les marques II et III des fermes 6 et 1, sur certains assemblages du chevron est, chevauchent le mi-bois et marquent ainsi l'extrémité de l'autre

44. Charpentier responsable du levage de la charpente.

Fig. 70 : Tableaux de répartition des fermes du croisillon sud.

exécutées selon un mode de marquage commun à toutes ces fermes et qu'elles appartiennent à la même campagne. L'absence de marque sur la ferme principale 2 correspondrait alors à un repère de fin de série puisqu'elle s'intègre aux derniers travaux dans l'exécution des fermes et qu'elle peut être assimilée à la marque 21, la marque 20 étant déjà utilisée pour la ferme principale 12. L'absence de marque sur une ferme en tant que repère de fin de série d'une numérotation correspond aux hypothèses déjà émises lors de l'étude précédente sur la charpente du chœur.

Les tracés d'établissage

Deux types de tracés ont été relevés. Le premier en sous-face des chevrons et des faux-entrants de la plupart des fermes ainsi qu'en sous-face de l'écharpe supérieure est de la ferme principale 12, le second uniquement en sous-face de l'écharpe est de la ferme secondaire 16.

Il s'agit pour le premier de deux traits noirs parallèles tracés au noir de carbone dans le prolongement des tenons-mortaises présents le long de la pièce (chevron) ou aux extrémités (faux-entrants). Pour les chevrons, ces traits ne s'alignent pas sur les entailles des assemblages à mi-bois ni sur l'assemblage à enfourchement de tête lorsque celui-ci est légèrement dévié par la déformation naturelle du bois, comme sur le chevron est de F5. Ce tracé est visiblement destiné aux assemblages à tenon-mortaise des faux-entrants. Ce même type de tracé, représenté par deux traits noirs parallèles, présent sous l'écharpe supérieure de F12, prolonge également le tenon-mortaise qui l'assemble au poinçon et ne s'aligne pas avec le mi-bois de tête. Cependant, les déformations naturelles des bois de cette charpente peuvent expliquer le fait que les assemblages ne s'alignent pas tous systématiquement sur les tracés de ces lignages.

Le second tracé s'observe sous la forme d'un trait noir, fait au noir de carbone, en sous-face de l'écharpe sur toute sa longueur.

Il est placé exactement dans le prolongement de l'entaille (ou du tenon bâtard) de l'assemblage à mi-bois de tête de la pièce. Effacé en partie, il se prolongeait très probablement sur le fond de l'entaille à mi-bois de la croisée des écharpes ainsi que sur celui du mi-bois de pied. Les autres écharpes devaient aussi certainement comporter ce tracé mais le noir de carbone se fixe difficilement sur le bois et se conserve rarement plusieurs siècles.

Des traces de piquage sont également visibles sur les bois de cette charpente, au droit des assemblages des chevrons notamment, et se distinguent des premiers tracés par de fines incisions faites au traceret uniquement sur l'assemblage, sur la face du bois non entaillé par le mi-bois ou la mortaise.

La taille des bois

La plupart des bois sont équarris à la hache, certainement à la doloire comme en témoignent les larges cupules planes visibles en surface, caractéristiques de cet outil.

Il existe dans cette charpente un autre type de traces d'équarrissage qui s'observe sur quelques pièces seulement, essentiellement sur les derniers faux-entrants⁴⁵ (fig. 71 à 73). À l'exception des faux-entrants de F15, il s'agit de pièces de section rectangulaire (17 x 12 cm en moyenne) dont l'une des deux faces les plus larges présente des traces de sciage. Les trois autres faces sont équarrées à la doloire avec, aux arêtes, des flaches et de l'aubier. Cette face sciée ne comporte aux arêtes ni flache ni aubier mais présente parfois un « tirage au cœur », c'est-à-dire un bombement au niveau du cœur apparent.

Les traits de sciage sont grossiers, obliques, irréguliers et toujours sans « rencontre », soit sans changement d'orientation des

45. Dernier faux-entrant de F9, F10, F11, F13, F14 et F15, premier faux-entrant de F15, écharpe supérieure ouest de F12, écharpe est de F14, écharpe ouest de F14 et F15.



Fig. 71 : Traces de sciage et de taille à la hache.



Fig. 72 : Vue rapprochée des traits de sciage.



Fig. 73 : Faux-entraits débités à la scie (face inférieure sciée).

traits le long de la pièce. Cette taille à la scie s'explique par la section des bois puisque les faces sciées dépassent en dimension les valeurs des sections des autres pièces du même type : 11 x 18 cm pour le dernier faux-entrait de F14 pour une section moyenne de 14 x 15 cm des derniers faux-entraits non sciés des autres fermes; 11 x 18 cm pour l'écharpe ouest de F15 et de F14 contre 15 x 15 cm en moyenne pour les autres. Les bois étaient donc surdimensionnés (18 x 18 cm) ou tordus, d'où ce travail de

débitage partiel. La section moyenne des autres bois correspond en effet à celle des bois de la charpente du chœur.

Certaines faces sciées ont été retravaillées à la doloire et ne laissent apparents les traits de scie que partiellement le long de la pièce (fig. 71). Les bois débités devaient être manifestement rectifiés pour correspondre plus précisément aux dimensions et aux formes requises pour leur fonction. Les faces sciées de ces bois se présentent toujours en face inférieure à l'exception de l'écharpe

est de F14 dont la face sciée correspond à la face d'établissage, face nord.

Les deux faux-entrants de F15 présentent également une face sciée mais uniquement en bout de pièce au niveau où le bois s'incurve. Il ne s'agit pas d'un débitage ni d'un sciage mais plutôt d'une coupe longitudinale en bout de pièce. Le bois tors a été coupé dans le sens de sa longueur, le long de son flanc. Il est probable que ces deux pièces proviennent du même bois, tordu naturellement, et taillé longitudinalement à la scie afin d'en tirer deux éléments exploitables.

Il s'agit, dans l'état actuel de nos connaissances, des traces de débitage au cœur à la scie les plus anciennes que nous ayons recensées pour des bois de charpentes médiévales. En effet, les premiers bois débités à la scie ne s'observent généralement dans les structures de charpente de combles qu'à partir du XIV^e siècle.

Les déformations des bois

Les bois de cette charpente ne sont pas aussi rectilignes que ceux observés dans la charpente du chœur. Les déformations sont légères pour la plupart et se remarquent surtout sur une grande longueur comme sur les chevrons. Orientés dans le sens du fil du bois, les chevrons sont de plus grande section en pied et s'affinent en tête, correspondant au sommet du tronc de l'arbre. C'est à ce niveau que s'observent les plus grandes déformations, notamment en tête du chevron ouest de F8 et de F13, et du chevron est de F6. L'extrémité du chevron devient torse et réclame le rajout d'une pièce supplémentaire ou greffe, liée au chevron par plusieurs chevilles, afin de le prolonger correctement de façon rectiligne jusqu'à l'enfourchement de tête. Le bout dévié du chevron vient s'assembler plus bas, toujours par tenon-mortaise, à l'autre chevron. Lorsque la déformation est en milieu de pièce comme sur le chevron est de F11, la greffe vient pareillement rectifier la courbure du bois, par une adhésion quasi parfaite maintenue par un double chevillage, afin que la transmission des charges sur ce chevron ne soit pas interrompue voire déviée par ce défaut (fig. 65).

La mise en place

L'orientation de la face d'établissage vers le nord, le sens d'enfoncement nord-sud du chevillage et le fait qu'il s'agisse d'une charpente à chevrons-formant-fermes nous incitent à penser que la mise en place de ces fermes s'est faite progressivement du nord vers le sud. La correspondance de la numérotation des fermes avec le sens de leur montage n'est certainement pas un hasard, bien qu'il ne faille pas en tirer obligatoirement un lien de cause à effet, puisque la mise en place des fermes n'est pas censée respecter cette numérotation. Ici, il apparaît que l'ordre de montage correspond à l'ordre d'exécution des fermes dans le seul but de faciliter le travail du levageur. L'ordre exact n'a pas été pour autant respecté puisque la marque 2 se trouve entre 8 et 9,

la marque 18 après le 15 et que les fermes principales s'insèrent dans l'ordre des fermes secondaires en dépit de la suite logique de la numérotation. Ceci prouve bien que la numérotation des fermes n'est pas faite exclusivement en prévision de leur levage mais surtout en fonction des impératifs liés à leur exécution, en l'occurrence la réalisation des fermes secondaires avant celle des fermes principales.

La poursuite du chantier sur la nef

À la fin du chantier du croisillon sud, achevé entre 1223 et 1226d, le chantier se transporta dans la nef pour laquelle nous n'avons malheureusement pas de proposition de datation dendrochronologique, la charpente ayant été refaite vers la fin du XVI^e siècle. Les transformations de la nef portèrent sur les niveaux supérieurs aux grandes arcades romanes et sur la dernière travée est (fig. 7). Un étage de grandes verrières à double remplage fut érigé au-dessus d'une coursière à balustrades, subdivisant l'élévation en deux niveaux principaux. Le double remplage qui répète le meneau et la rosace des verrières, comme pour le chœur, participe au jeu illusionniste sur la lumière qui pénètre le vaisseau d'une façon indirecte, suivant l'un des principes architecturaux du gothique normand. L'élévation à deux niveaux, le doublement des verrières et les arcades trilobées de la balustrade sont des caractéristiques du style normand qui se retrouvent dans la nef de l'abbatiale d'Ardenne ou dans le chœur de la cathédrale de Coutances et l'église de Longues.

Des arcs-boutants à une volée, portés à deux volées lors de l'adjonction des chapelles latérales, reprennent les poussées des voûtes du vaisseau de la nef. Au-dessus des voûtes des deux premières travées ouest de la nef, on observe trois grands arcs-diaphragmes en plein-cintre disposés à la verticale des arcs-doubleaux. Le premier de ces arcs est aujourd'hui englobé dans les maçonneries du mur-pignon et s'aperçoit au travers des baies. Ces arcs-diaphragmes qui prennent appui sur les parements des tours servent à reprendre le surplomb des maçonneries de la tour nord, constitué à ce niveau d'une succession d'arcatures en encorbellement, pour reporter les poussées sur la tour sud. Ces organes de contrebutement permettent aux voûtes sous-jacentes d'être soulagées des éventuelles poussées des tours, sujettes parfois, en raison de leur hauteur, à d'imprévisibles déformations.

Le débord des maçonneries de la tour nord, repris par ces arcs, correspond à un remaniement général de la tour entrepris dans le courant du XIII^e siècle, probablement lors de la campagne de la nef en raison de la connexion des éléments de ces arcs avec les murs de la nef gothique. Ces travaux, liés à la construction d'une flèche en pierre, ont consisté à renforcer les maçonneries de la tour par l'adjonction de puissants contreforts sur les façades ouest et nord et par l'épaississement du mur sud à partir du niveau des voûtes. La tour sud, couronnée comme sa sœur jumelle

par une flèche en pierre, semble n'avoir pas eu besoin d'autres renforcements que les contreforts déjà mis en place au cours de la seconde moitié du XII^e siècle.

Seul le solin maçonné et sculpté de la toiture gothique, incliné à 56,5°, subsiste sur le mur ouest de la tour de croisée du transept et sur le mur-pignon occidental.

b. Le croisillon nord (vers 1250d)

Les modifications apportées aux charpentes du déambulatoire (1224-1225d) au collatéral nord et dans la chapelle du Trésor, dont les toits venaient à l'origine s'appuyer contre le transept roman, témoignent de la postériorité du nouveau croisillon sur le chœur gothique. Cette transformation prouve également qu'un laps de temps relativement long s'est écoulé entre ces deux campagnes puisque le maître charpentier du déambulatoire n'avait pas prévu dans la conception de sa charpente une éventuelle adaptation pour un croisillon gothique.

À l'image de la nef, l'élévation du croisillon septentrional est divisée en deux étages (fig. 74). Le premier niveau du mur du fond est pourvu de grands arcs aveugles encadrant dans les écoinçons des petites rosaces trilobées. Ce niveau est surmonté d'une balustrade identique à celle du croisillon sud, avec en dessous un cordon de deux rangées de crochets, souligné par une rangée de quadrilobes en creux. Le dernier niveau est rempli par une vaste baie en tiers-point, sur les trois côtés, dont le remplage a été refait en 1849⁴⁶. Sur le côté oriental, subsiste l'ancienne arcade en tiers-point qui ouvrait sur la chapelle Saint-Pierre, arcade murée depuis 1756⁴⁷.

Le style gothique rayonnant d'Île-de-France, très sobre, des arcs du premier niveau de ce croisillon tranche avec celui plus florissant et plus richement décoré de sculptures du croisillon sud, de style gothique normand et achevé 25 ans plus tôt.

Des analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire Archéolabs en mars 1995 ont permis d'établir sur la base de 15 prélèvements une séquence chronologique allant de 1133 à 1241⁴⁸. En tenant compte des cernes d'aubier, ce laboratoire propose une **date d'abattage située vers 1250** pour la majorité de ces bois. Toutefois, les prélèvements pratiqués dans la jambe de force est, le poinçon et le chevron est de F16, le poinçon de F6 et le poinçon de F1 ont fourni un résultat nettement différent avec une date d'abattage située en 1217 ou dans les cinq ans qui suivent. Comme nous l'expliquerons plus loin dans la partie consacrée aux réemplois, ces bois abattus vers 1217 et mis en place indistinctement avec les autres vers 1250 ne présentent aucune trace de réemploi et peuvent donc correspondre à des bois issus du surplus d'un autre chantier de cette cathédrale. Il est



Fig. 74 : Croisillon nord.

probable en effet qu'ils proviennent d'un lot de bois destinés à un précédent chantier réalisé vers 1217 sur la cathédrale ou sur ses dépendances et que suite à un changement de parti, ces bois ont été stockés par la fabrique dans l'attente d'une utilisation ultérieure.

La charpente du bras nord du transept présente une structure à chevrons-formant-fermes de 20 fermes indépendantes, étrésoillonnées depuis la dernière restauration de 1993 seulement par une lierne haute. Cette charpente, longue de 11,44 m, haute de 7,93 et large de 11,88 pour une portée d'entrait de 9,80 m, possède des fermes qui ont une inclinaison de chevrons de 54° pour une longueur totale de rampant de 10,45 m. Cette charpente est donc plus large d'1 m que celle du bras sud pour une hauteur égale, d'où la pente légèrement moins raide (fig. 75-77).

Elle est composée de quatre travées irrégulières avec un espace d'1 m compris entre le mur de la tour du transept et la première ferme principale, espace réservé à l'emplacement d'une ferme secondaire aujourd'hui disparue. Les trois premières travées sud comprennent chacune quatre fermes secondaires tandis que la

46. ANDERSON 1996, p. 20.

47. *Ibid.*, p. 16.

48. Archéolabs réf. ARC95/R1722D.

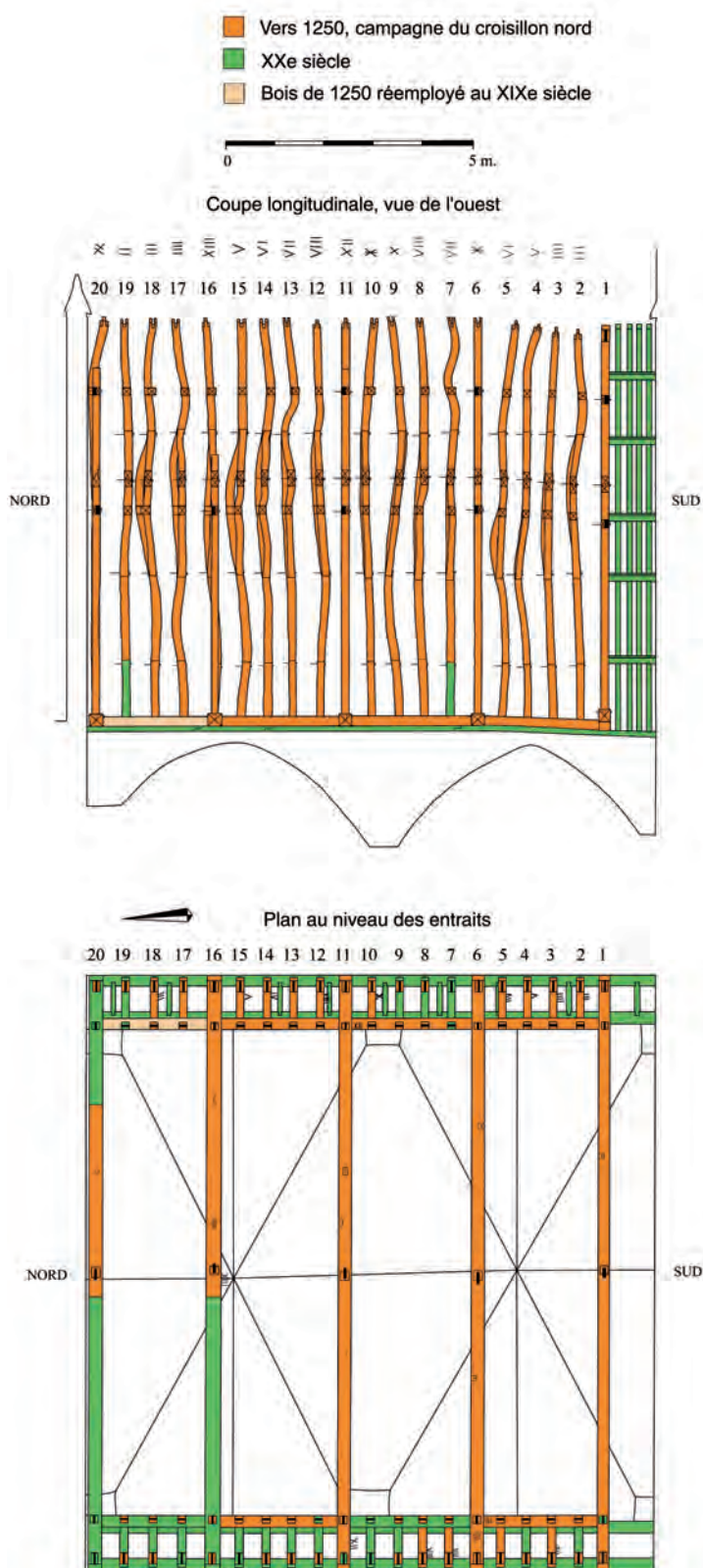


Fig. 75 : Charpente du croisillon nord.

plus septentrionale n'en possède que trois. Cette irrégularité se traduit par une relative discordance entre la trame de la charpente et celle des deux voûtes, ces dernières étant d'égale longueur. Seules les deux travées nord s'accordent avec la voûte, F11 et F20 étant à la verticale de la retombée des voûtes et F16 au droit de son extradós. Là aussi, F16 se trouve légèrement décalée du sommet de la voûte de sorte que l'entrait ne puisse pas gêner la manutention lors de la construction des voûtes. Pour les deux premières travées sud, ce problème ne se pose plus puisque F1 et F6 sont placées au droit des flancs des voûtains.

L'espacement des fermes est relativement homogène avec des entrevous compris autour d'une moyenne de 33,5 cm. Cette constante se retrouve au niveau des longueurs des travées qui possèdent un nombre identique de fermes secondaires.

| Travée | Nombre de fermes secondaires | Longueur mesurée aux flancs des entrails |
|---------|------------------------------|--|
| F1-F6 | 4 | 2,32 m |
| F6-F11 | 4 | 2,41 m |
| F11-F16 | 4 | 2,36 m |
| F16-F20 | 3 | 2,10 m |

Tableau des mesures de la trame

L'originalité de cette trame réside dans la position de F1, la première ferme principale, disposée à 1 m du mur de la tour du transept. Sur le flanc sud de son entrait, à l'emplacement des entretoises des autres travées, on observe une mortaise destinée à l'assemblage d'une courte entretoise fichée à l'autre extrémité dans les maçonneries qui ont été refaites au XIX^e siècle. Cette entretoise devait être destinée à une ferme secondaire, retirée suite aux travaux de réfection de la tour en 1856. De plus, l'entrevous de F1 au mur de la tour correspond exactement à deux entrevous des autres fermes de cette charpente. Il semble donc exclu, pour l'instant, que F1 ait été déplacée d'un rang vers le nord et assise à la place d'une ferme secondaire, après un « raccourcissement » des entretoises, pour libérer le mur afin d'effectuer les reprises de la tour au siècle dernier. En effet, comment expliquer dans ce cas la présence, sur le flanc sud de l'entrait, d'un assemblage pour une entretoise alors que ce système devait être inutile au XIX^e siècle puisqu'aucune ferme secondaire n'a été conservée?

Il est toutefois difficile d'expliquer cet écart entre le mur de la tour et la première ferme principale sinon peut-être par l'obligation de libérer un espace de circulation devant la porte si celle-ci se trouvait dans l'axe de la charpente. Le poinçon de la ferme principale aurait en effet empêché le passage à l'intérieur du comble. Pour preuve, le passage d'accès du mur-pignon nord se trouve décalé vers l'ouest afin d'éviter le poinçon de la ferme principale F20, placée contre ce mur. Le niveau de la tour qui

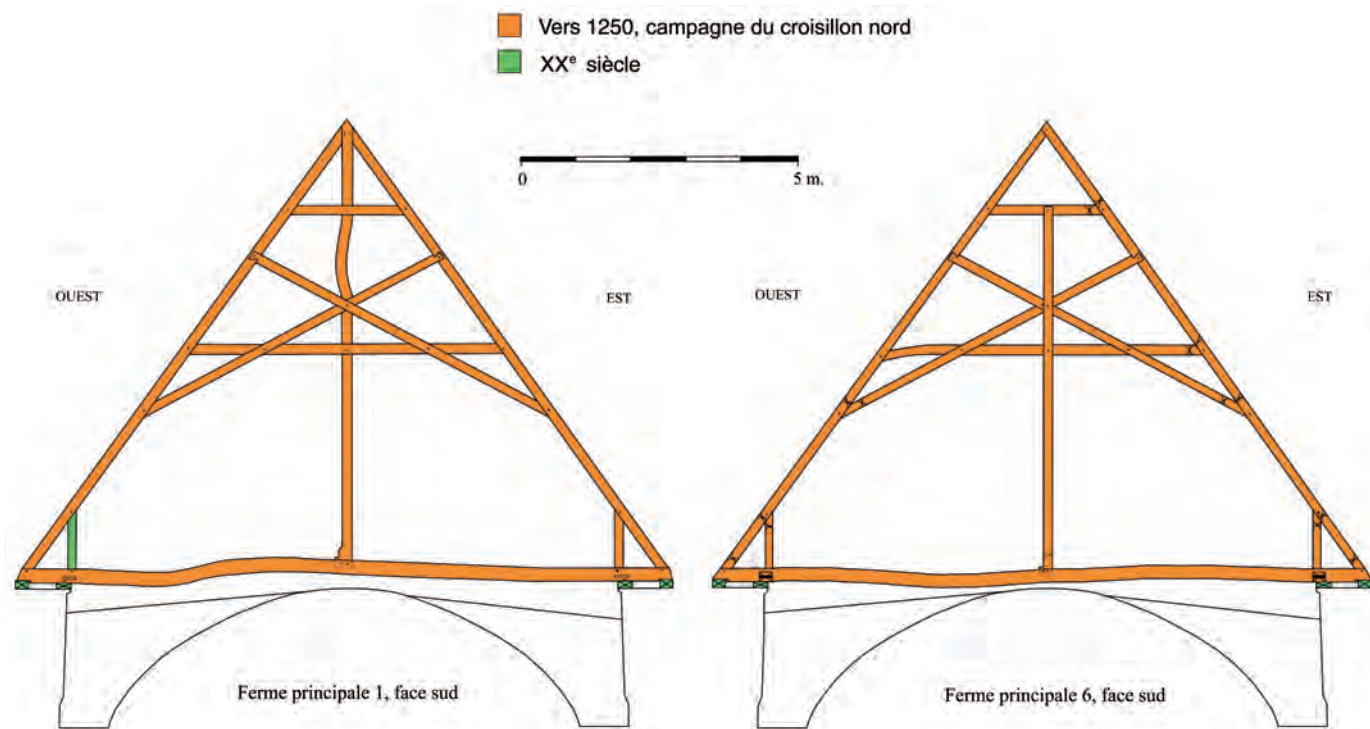


Fig. 76 : Fermes du croisillon nord.

donne accès aux charpentes des combles a été entièrement refait au XV^e siècle et rien ne subsiste des accès qui existaient lors de la mise en place des charpentes gothiques. Cependant, on peut supposer que les niveaux supérieurs romans de la tour ont été conservés jusqu'à l'achèvement des deux bras du transept. Lors de la reprise des piliers de la tour pour leur adaptation aux nouvelles voûtes gothiques, après l'achèvement du chœur, les piliers romans ont été englobés dans les piles gothiques. Pourquoi ne pas les avoir supprimés si ce n'est pour conserver les niveaux supérieurs romans? Ils ont dû être préservés jusqu'à l'achèvement des toitures de façon à servir d'assise aux nouvelles constructions. Les charpentes gothiques ont donc été mises en place autour d'une tour de croisée dont les parties hautes étaient encore romanes. Il est ainsi probable que les accès prévus pour les combles gothiques, percés dans les murs romans, ne furent pas adaptés à la structure des fermes principales, avec des passages axiaux, face au poinçon des fermes principales. Rappelons que la toiture de la nef de la seconde moitié du XII^e siècle, dont le mur-pignon occidental est encore conservé en place, se situait au même niveau que les toitures gothiques actuelles et que l'accès aux combles se faisait par la tour-lanterne à ce niveau.

Les pieds de fermes

La restauration entreprise en 1993 a restitué la disposition primitive des pieds de fermes qui avait été modifiée à une époque indéterminée. Il subsiste encore de nombreux éléments d'origine

en place qui permettent d'affirmer que le système de réception des pieds de fermes était identique à ceux déjà observés dans la charpente du chœur et du croisillon sud. Il s'agit du principe qui utilise une entretoise assemblée par tenon-mortaise aux flancs des entrants pour recevoir le pied des jambes de force et les blochets qui, eux, vont réceptionner le pied des chevrons (fig. 80). Un cours de double sablière supporte ce dispositif et répartit les charges transmises par les fermes sur les maçonneries. Ces sablières s'assemblaient en sous-face des entrants par une rainure de 15 cm de large pour la sablière interne et par une entaille perpendiculaire à l'axe de l'entrant pour la sablière externe. Ces assemblages n'étaient destinés qu'à maintenir l'entrant en place sur les sablières. Ils ne participaient que faiblement à contrer les efforts de flexion de l'entrant, contrairement aux entailles en queue d'aronde ou demi-queue d'aronde que l'on remarque plus fréquemment pour ces assemblages.

Les fermes principales

Les cinq fermes principales de cette charpente sont presque identiques sauf au niveau de leurs assemblages qui présentent de nombreuses disparités (fig. 76-77). L'épure diffère de celle des fermes du croisillon sud mais correspond à celle des fermes du chœur, uniquement pour les niveaux des faux-entrants.

Ces fermes comprennent toutes un entrait, un couple de chevrons, enfourchés en tête et raidis par deux faux-entrants, un

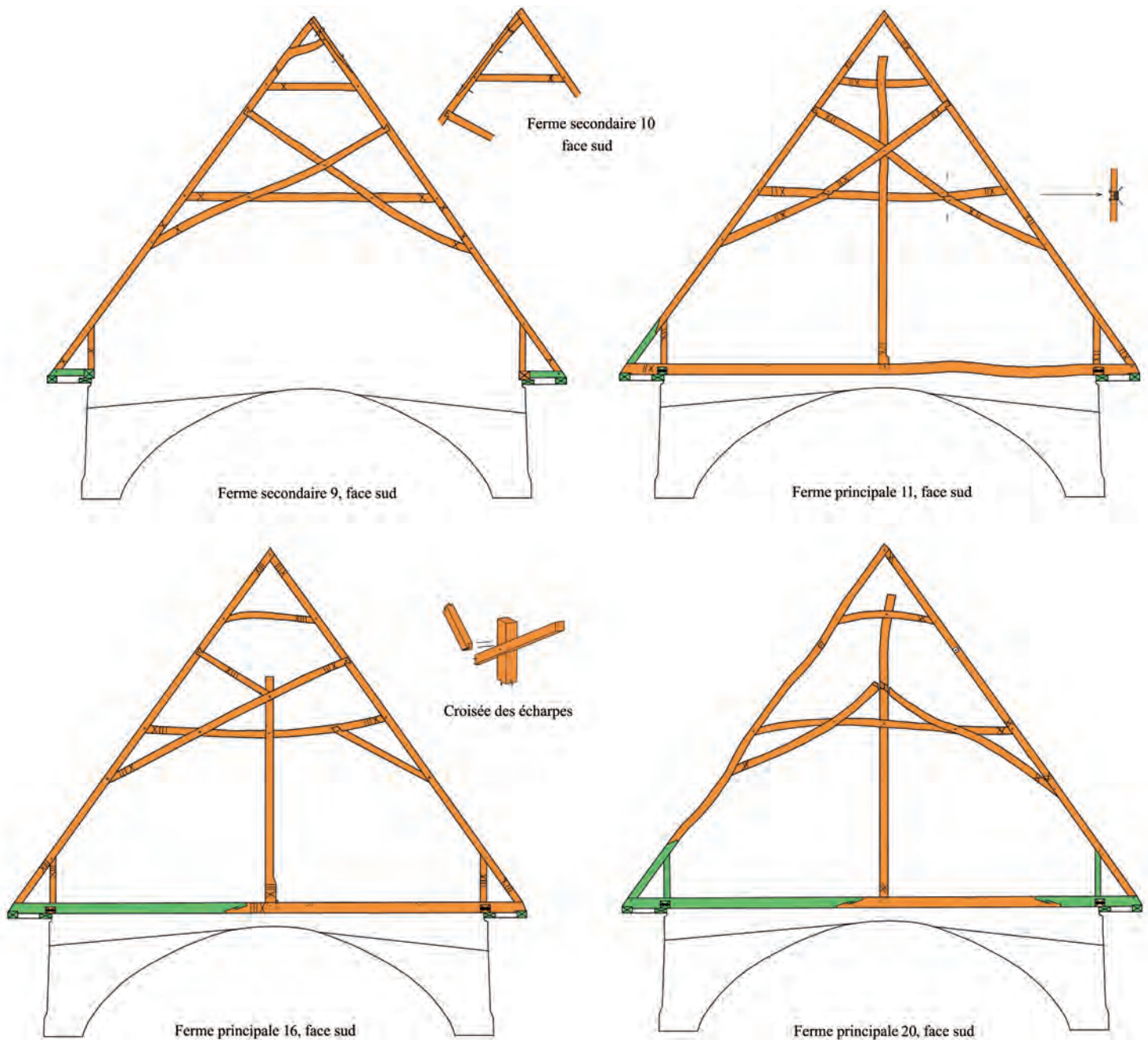


Fig. 77 : Fermes du croisillon nord (suite).

couple d'écharpes et deux jambes de force en pied. Les entrails sont suspendus par un faux-poinçon à l'exception de F1 qui possède un poinçon de fond assemblé en tête aux chevrons et fonctionnant véritablement en triangulation.

Les faux-entrails de chaque ferme sont assemblés aux chevrons par des tenons-mortaises, de même que les jambes de force et le pied des écharpes. Seules les têtes d'écharpes présentent des assemblages

à mi-bois à demi-queue d'aronde, toujours sur la face sud des fermes. Les principales différences entre ces fermes s'observent au niveau de ces écharpes. Celles des deux premières fermes principales F1 et F6 sont monoxyles tandis que celles des autres fermes principales sont constituées de deux pièces assemblées par un mi-bois au premier faux-entrail pour F11 (fig. 81), au faux-poinçon pour F20 ou aux deux sur la même ferme pour F16.



Fig. 78 : Charpente du croisillon nord.

Ces assemblages sont pour la plupart imparfaits, simplement chevillés (écharpe supérieure ouest de F16) ou parfois uniquement désabotés, comme l'écharpe supérieure est de F20, aujourd'hui disparue. Ces défauts d'exécution devaient être compensés par les forces de compression circulant dans ces écharpes pour maintenir en place les assemblages. Ces forces n'ont parfois pas suffi et certains éléments des écharpes sont tombés (F20).

Les faux-poinçons sont également différents selon les fermes. Leur tête est tronquée, parfois avant le dernier faux-entrait (F16), parfois après (F11 et F 20). Seul celui de F6 s'apparente à ceux des charpentes du chœur et du croisillon sud bien que sa tête ne soit pas taillée en mi-bois. Leurs assemblages aux écharpes et aux faux-entrants sur la face sud ou nord diffèrent également selon les fermes. Leur tenon de pied est presque toujours taillé dans un ressaut naturel du bois et s'assemble dans une mortaise soit plus longue que la largeur du poinçon (F1, F6), soit décalée par rapport à l'axe du poinçon (F16). Lorsque ce ressaut est inexistant



Fig. 79 : Écharpes des fermes du croisillon nord, décalage des assemblages du fait de la torsion des bois.



Fig. 80 : Croisillon nord, pieds de fermes principales et secondaires.

ou que la mortaise de l'entrait est trop grande, un rossignol, sorte de petite cale de bois, vient bloquer l'assemblage en comblant le vide nécessaire à l'engagement du tenon. Dans ce cas, il peut s'agir d'un tenon en demi-queue d'aronde qui présente l'avantage d'être particulièrement bien adapté aux efforts de traction réclamés par cet assemblage.

Il apparaît que le concept de la triangulation était compris par le maître charpentier puisqu'une ferme est parfaitement triangulée (F1) et que les assemblages de pied des faux-poinçons sont doublement chevillés. Ces faux-poinçons, assemblés aux faux-entrants et aux écharpes, remplissent tout de même leur fonction dans la suspension de l'entrait principal.

Les fermes secondaires

Constituées des mêmes éléments que les fermes principales, à l'exception bien sûr de l'entrait principal et du poinçon, les fermes secondaires répondent à une certaine homogénéité dans leur



Fig. 81 : Assemblages des deux pièces d'une écharpe à l'entrait retroussé.



Fig. 82 : Déviation des chevrons et absence d'assemblage des écharpes.



Fig. 83 : Déviation naturelle des écharpes.



Fig. 84 : Tête torse d'un chevron greffé d'un about.

structure (fig. 77). Leurs écharpes sont monoxyles et les assemblages sont identiques à ceux des fermes principales : mi-bois à demi-queue d'aronde en tête d'écharpes, enfourchement en tête des chevrons, tenons-mortaises partout ailleurs. Il existe quelques exceptions comme un tenon bâtard en tête de l'écharpe est de F5 et de l'écharpe ouest de F7, un mi-bois à queue d'aronde en tête d'écharpe est de F19, un mi-bois avec ergot à l'extrémité ouest du dernier faux-entrait de F14 ou bien tout simplement l'absence totale d'assemblage en tête de l'écharpe est de F7 en raison de la déformation des bois empêchant tout assemblage possible (fig. 82).

Aucun assemblage n'a été relevé sur les poinçons, ni aucune trace sur les faux-entraits des fermes qui aurait pu évoquer la présence, à l'origine, d'un système d'étrésillonnement longitudinal de la charpente. Les fermes mises en place étaient donc toutes indépendantes. L'étrésillonnement constitué par des petites entretoises placées dans le plan des chevrons, remplacées lors de la dernière restauration, semble plutôt appartenir à une campagne de réfection tardive de la toiture. Aucun indice ne permet d'affirmer que ce dispositif fragile et apparemment provisoire soit d'origine.

Les bois

Il n'a pas été remarqué de trace de sciage en surface des bois ni de section pouvant faire penser qu'une pièce a été débitée. L'équarrissage des bois de brin s'est fait à l'aide de doloires.

La grande particularité de cette charpente est la torsion très prononcée de ses bois (fig. 79, 82, 83). Toutes les pièces constitutives de ces fermes manifestent des défauts naturels de déformations du fil du bois. Les entrails, les chevrons, les écharpes et les faux-entrails sont tous tors, à de rares exceptions près. Ces déformations sont à l'origine des anomalies remarquées au niveau des assemblages des écharpes et du fait que les fermes principales ne sont pas toutes triangulées par des poinçons de fond. En effet, la torsion des chevrons dans le plan longitudinal de la charpente, déplaçant de l'axe de la ferme l'assemblage de tête des chevrons, ne permet pas d'assembler selon un axe vertical les chevrons, les faux-entrails et la croisée des écharpes par un poinçon de fond. Seule la rectitude de toutes les pièces constituant d'une ferme autorise la mise en place d'un poinçon de fond comme pour F1. De même, la torsion des longues pièces explique que, pour les fermes principales, les écharpes soient composées de deux éléments afin d'assurer leur assemblage sur quatre points placés dans un axe linéaire.

La distorsion des bois, particulièrement prononcée en bout de longues pièces comme les chevrons dont la tête correspond au sommet de l'arbre, a obligé les charpentiers à confectionner des greffes afin de rectifier les défauts de rectitude. Ces greffes sont nombreuses en tête des chevrons et consistent en général en des morceaux de bois simplement chevillés qui épousent parfaitement le profil du chevron à prolonger comme sur F9 ou F10 (fig. 84).

Il faut souligner le fait que parmi les bois tors de cette charpente, seuls ceux datés de 1217 et quelques autres non datés apparaissent comme presque rectilignes. Cette distinction s'expliquerait par leur provenance d'un lot de bois issu d'un autre contexte forestier et climatique.

Le marquage des assemblages (fig. 85-86)

Toutes les marques sont inscrites sur la face sud des fermes, c'est-à-dire sur leur face d'établissement puisque c'est aussi sur cette face que sont taillés les assemblages à mi-bois.

Il existe quatre types de marquage des assemblages dans cette charpente. Le premier consiste à marquer un assemblage et à reporter cette marque sur l'autre pièce au droit de cet assemblage. Le second revient à ne marquer que l'extrémité d'une pièce sans report de la marque sur l'autre pièce, au droit de l'assemblage. Le troisième correspond aux marques qui recouvrent l'assemblage sur les deux pièces, ce qui permet de faire l'économie d'une deuxième marque pour le même assemblage. Le quatrième enfin consiste à marquer les bois entre deux assemblages afin, là aussi, de faire l'économie de marques.

Ces trois types de marquage ont été utilisés de façon non ordonnée par les charpentiers pour les fermes de cette charpente. Une ferme peut comporter trois de ces marquages et la ferme suivante trois autres à des emplacements différents. Les

charpentiers ne se sont donc pas souciés de l'emplacement des marques au sein des fermes ni au sein de la charpente. On peut toutefois remarquer que les écharpes sont toutes marquées en pied, avec parfois un marquage en tête à partir de F10, et que les seconds faux-entrails le sont à une seule extrémité, contrairement aux premiers faux-entrails qui le sont aux deux systématiquement à partir de F9.

La numérotation du marquage emploie les chiffres romains selon le principe additif traditionnel, c'est-à-dire sans soustraction de chiffres. On remarque deux séries continues. La première allant de la ferme F1 à F8 dans le sens croissant du sud vers le nord et une seconde allant de la ferme F9 jusqu'à F20 dans le sens décroissant, toujours du sud vers le nord.

Concernant la première numérotation, elle devait débiter sur la ferme supprimée au XIX^e siècle à I manifestement. Les fermes secondaires sont marquées ensuite sans interruption de III jusqu'à VIII. Les fermes principales, comme pour la charpente du croisillon sud, utilisent les chiffres de la fin de la série, en l'occurrence 9 ici en F6 ou bien l'absence de marque en F1. La marque 9 présente le même graphisme que celui de la numérotation de la charpente du croisillon sud. Il est possible aussi d'émettre l'hypothèse, pour la numérotation des fermes principales, de l'emploi d'un système de marquage qui utiliserait une base X. Ces fermes auraient donc une numérotation distincte des autres fermes, qui se manifesterait par la présence d'un X dans son marquage.

La deuxième série de marques présente exactement les mêmes caractères que la première. Les fermes secondaires sont marquées sans discontinuité de II à X. Les fermes principales termineraient la série avec XII en F11 et XIII en F16 (fig. 87). La valeur 11 aurait été supprimée au profit de 20 en F20 qui correspond au nombre total de fermes marquées dans cette charpente à l'origine, c'est-à-dire sans compter la ferme F1 vierge de toute marque.

Un aspect particulièrement remarquable de ce marquage réside dans les outils utilisés pour l'inscription de ces marques. Toutes celles de la première série, de F1 à F8, ont été marquées à l'aide d'une rainette normale, selon un usage commun au marquage des bois des charpentes du chœur et du croisillon sud, avec des incisions généralement courtes et peu profondes. Les marques de la deuxième série, de F9 à F20, bien qu'elles soient aussi en chiffres romains, répondent à un autre graphisme. Elles sont toutes gravées à l'aide d'une rainette dont la lame est plus large. L'incision est très profonde et traverse systématiquement la face de la pièce. La taille de la marque est plus importante et son emprise sur la pièce plus étendue. Cette démarcation très prononcée et surtout très visuelle du graphisme des marques traduit une volonté de distinguer les deux numérotations. Il apparaît que l'usage d'une rainette différente est le principal critère de distinction entre les deux séries. Le graphisme du 9, commun



Fig. 87 : Marque XIII inscrite à la rainette.

deuxième série puisqu'elle appartient à une série finissant à 13. De plus, la volonté de départager les fermes de cette charpente en deux lots distincts par la numérotation et le graphisme des marques permet d'écarter sans hésitation l'idée selon laquelle l'un des deux lots de fermes appartiendrait à une campagne postérieure. Il s'agit d'une charpente homogène établie en seule fois mais réalisée par deux équipes de charpentiers.

La mise en place de ces fermes s'est faite du sud vers le nord. Le chevillage des assemblages, orienté selon un sens d'enfoncement des chevilles⁴⁹ du sud vers le nord, et l'orientation au sud de la face d'établissement, correspondant avec la face sur laquelle se lisent les marques, confirment cette supposition. En effet, une charpente à chevrons-formant-fermes se monte ferme après ferme, en conjuguant l'orientation des assemblages des mi-bois avec leur chevillage et la lecture de leur marque. Soulignons le fait que les fermes de la seconde série (F9-F20) présentent une numérotation inversée par rapport au sens de leur mise en place, preuve que le marquage des assemblages n'est en aucun cas un critère déterminant pour définir le sens de montage d'une charpente à chevrons-formant-fermes.

49. Toutes les chevilles sont encore d'origine à l'exception de celles des pieds de fermes restaurés en 1993. Les chevilles d'origine sont en chêne, de section carrée.

La mise en place des fermes de la charpente du chœur et des croisillons sud et nord débute toujours en partant de la tour de croisée du transept vers l'autre extrémité de la charpente. Il est en effet logique d'utiliser la tour comme support d'engin pour lever les premières fermes avant que celles-ci puissent servir par la suite au levage des suivantes.

Des traces d'assemblages de pieds d'engins identifiées sur les cinq entrants de cette charpente, sous la forme d'entailles à mi-bois chevillées, témoignent que les engins de levage étaient également disposés sur les fermes principales, selon l'avancée du chantier, de chaque côté du poinçon, comme le montrent les entailles des entrants de F6 et F11. De même, les séries de dizaines de trous de cheville identifiées sur certains entrants évoquent la présence d'un plancher de travail, peut-être dès l'origine lors de l'opération du levage des bois. Il pouvait aussi s'agir d'un plancher de sécurité sachant que les voûtes n'étaient pas encore construites lors de la mise en place de la charpente.

Les traces d'établissement

Le piquage des assemblages a été fait à l'aide d'un traceret. Il s'observe rarement, en raison de l'état des bois, mais il se rencontre généralement sur les assemblages des chevrons notamment au droit des têtes d'écharpes. On y remarque généralement un trait barrant le mi-bois suivant le profil du chevron.

Ces écharpes ont donc été disposées sur l'épure, lors de la mise sur ligne, en dessous des chevrons, de façon à pouvoir reporter l'emplacement de ces derniers en traçant le profil du bois sur la tête de l'écharpe. Ce procédé diffère du précédent, observé sur le croisillon sud, puisque pour cette charpente les écharpes étaient disposées sur les chevrons, non en dessous.

L'état pulvérulent de l'aubier des bois, sur lequel se trouvent les traces d'établissage, n'a permis de relever que deux traces de lignage seulement. La première, observée sur la face interne du chevron est de F13, se présente sous la forme de deux traits rectilignes, parallèles et tracés au cordeau au noir de carbone sur tout le long de la pièce (fig. 82). Ce chevron, comme la plupart des autres chevrons, est extrêmement tors et le tracé rectiligne de ce lignage, débutant en tête du chevron à partir de la mortaise de l'enfourchement, dévie de l'axe de la pièce pour y revenir à mi-longueur. Ces deux traits parallèles se profilent dans le prolongement des mortaises de l'enfourchement et du premier entrait retroussé, le second entrait retroussé étant en dehors de ce tracé vertical.

Le second lignage s'observe à mi-longueur du chevron est de F17 sous la forme d'un seul trait axial, tracé au noir de carbone et passant dans l'axe de la mortaise du premier entrait retroussé. Ce trait ne semble pas destiné aux assemblages à mi-bois mais plutôt aux mortaises du chevron pouvant s'aligner sur un axe commun. Il se distingue donc de celui identifié sur les bois du croisillon sud qui n'était tracé que pour les assemblages à mi-bois.

On a malheureusement eu à constater que les charpentes du transept et du chœur ont été restaurées sans aucun souci de préservation des données archéologiques. Sur le chœur, restauré en 1998, toute la croupe a été démontée, alors qu'il n'existe plus en France que de rares exemplaires de croupes du XIII^e siècle encore en place. Le démontage et la restauration de ces pièces représentent une perte d'informations inestimable sur les techniques de conception et de mises en œuvres des éléments d'une croupe de cathédrale, comme par exemple la numérotation des assemblages. De même, toujours sur le chœur, toutes les pièces de pied de fermes ont été remplacées, ainsi que tous les étrépillons de chevrons, ce qui nous semble excessif vu l'état de ces bois. Nous avons été aussi consterné de constater qu'à l'issue de ces chantiers, tous les bois avaient été systématiquement grattés et purgés de leur aubier, empêchant définitivement de nouvelles contre-expertises dendrochronologiques. Les traces de piquage, de lignage et de nombreuses marques d'assemblage ont ainsi disparu sans qu'il y ait eu au préalable de relevés archéologiques. Le grattage des aubiers reste au demeurant une précaution contre les xylophages fort discutable pour des bois secs depuis plusieurs siècles.

Il serait souhaitable que de telles charpentes, si rares par leurs dimensions exceptionnelles et donc par les technologies mises en œuvres pour leur édification, puissent faire l'objet d'études archéologiques approfondies au préalable de leur restauration afin de préserver les informations qu'elles sont susceptibles de contenir.

ROUEN (SEINE-MARITIME) CATHÉDRALE NOTRE-DAME

L'INITIATIVE de la reconstruction de la cathédrale romane de Rouen est attribuée à l'archevêque Robert (989-1037), dans les dernières années du principat de Richard I^{er}. Vers 1020, le chœur devait être en chantier et l'ensemble de la cathédrale fut achevé peu avant 1063, l'année de sa dédicace, sous l'archiepiscopat de Maurille (1055-1067)². À cette cathédrale fut adjointe une tour-campanile vers le milieu du XII^e siècle, dans les années 1140-1150, au nord du massif occidental, avec un passage suspendu entre cette tour et la nef. Quelques années après son achèvement, vers 1180, l'archevêque Rotrou (1165-1183), puis Gautier Le Magnifique (1185-1207) détruisirent l'ancien *westwerk* pour édifier une nouvelle façade occidentale avec trois grands portails³. Ces travaux furent certainement terminés en 1200 lorsqu'un incendie, d'après une chronique rouennaise, ravagea les paroisses orientales de la ville et probablement une grande partie de la cathédrale⁴. Les traces de cet incendie ont été retrouvées récemment en fouilles à proximité de la cathédrale, dans des niveaux d'occupations de la fin du XII^e siècle⁵. À l'issue des travaux de reconstruction, il ne restait plus de la cathédrale

romane que la tour nord occidentale, la façade occidentale, les bases de la crypte et quelques chapiteaux de la nef de Maurille, réemployés dans les fondations des nouvelles piles gothiques et retrouvés lors de fouilles archéologiques⁶.

D'après Maylis Baylé, le chantier de reconstruction de la nouvelle cathédrale gothique (fig. 1) évolua d'ouest en est, en engageant la reprise des éléments sauvegardés de la nef et se poursuivant par le transept puis le chœur⁷. **Les analyses dendrochronologiques réalisées sur la charpente de la nef proposent un abattage des bois entre 1227 et 1232⁸** et donc l'achèvement de la nef aux alentours de 1230. On est ainsi en droit de penser que le chœur et la nef étaient en chantier au même moment. L'ensemble de la cathédrale dut être achevé en 1237, l'année de sa consécration par l'archevêque Pierre de Colmieu. Le parti adopté dans la nef par l'architecte Jean d'Andeli comprit quatre étages avec, au-dessus des grandes arcades, un niveau de fausses tribunes ouvertes sur les collatéraux, un étage d'arcs de décharges, pourvus d'une coursière derrière une petite balustrade dans les sept premières travées et d'un fenestrage dans les quatre dernières, et un niveau de fenêtres hautes (fig. 2). Les voûtes sur croisées d'ogives répartissent leurs charges, à l'extérieur, sur des arcs-boutants prolongés d'une culée supplémentaire au XIV^e siècle.

1. ORDERIC VITAL, *Historia ecclesiastica Libri XIII*, LE PRÉVOST et DELISLE (éd.) 1838-1855, t. II, p. 365.

2. *Ibid.*, p. 365.

3. BAYLÉ 1997b, p. 185.

4. *Normanniae nova chronica*, CHERUEL (éd.), MSAN, t. XVIII, p. 15.

5. LE MAHO 1994, p. 43.

6. LANFRY 1953-1959, p. 294-295.

7. BAYLÉ 1997b, p. 185.

8. BERNARD et LE DIGOL 2006.

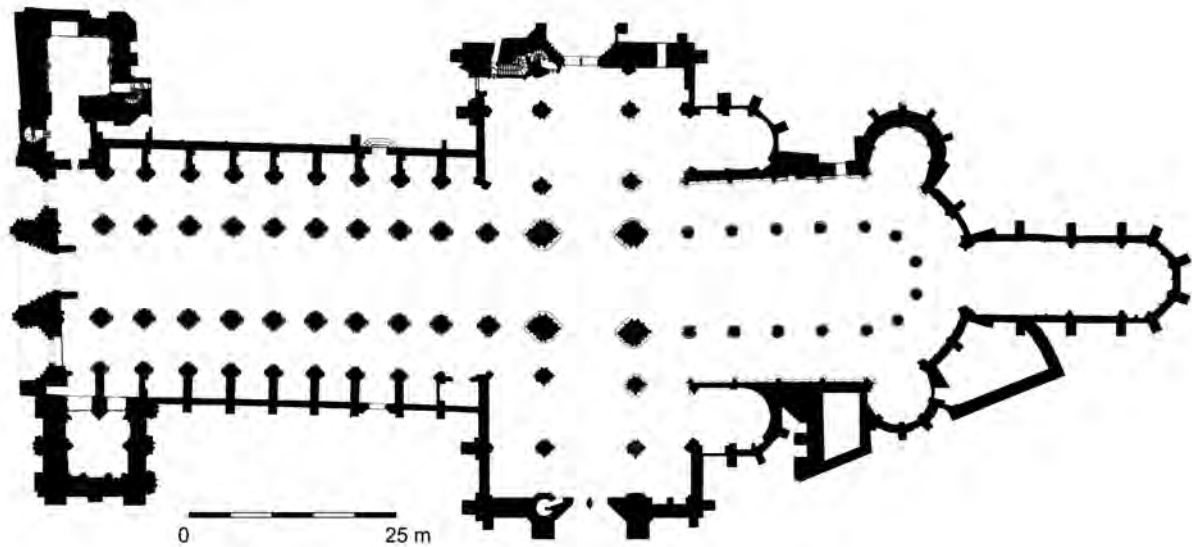


Fig. 1 : Plan de la cathédrale Notre-Dame de Rouen.



Fig. 2 : Nef vue depuis le massif occidental.

Dotés à l'est et à l'ouest de collatéraux, les deux bras du transept appartiennent au gothique rayonnant du fait de la présence sur chaque façade d'une grande rose et d'un triforium ajouré qui inondent de lumière la croisée du transept, déjà éclairée par la tour-lanterne qui la couvre (fig. 3). La conception du chœur se distingue de celle de la nef par une élévation tripartite composée d'un niveau de grandes arcades aux piles cylindriques supportant un triforium aux arcatures en tiers-point et un niveau de grandes fenêtres (fig. 4).

De nombreuses adjonctions et transformations furent réalisées peu après son achèvement : ouverture des portails des transepts dès la fin du XIII^e siècle par l'architecte Jean Davi, sous l'archiépiscopat de Guillaume de Flavacourt; construction des chapelles dans les collatéraux de la nef, à partir de 1270, et de la chapelle de la Vierge, achevée en 1316 d'après la datation dendrochronologique de sa charpente⁹; percement de la façade occidentale pour l'ouverture d'une rose en 1370¹⁰; transformation des fenêtres hautes de la nef (fin XIV^e siècle)¹¹, du chœur (1430-1435)¹² et des transepts (1450-1455 et 1465-1477)¹³. Sous la direction de l'architecte Guillaume Pontif (mort en 1496), la fabrique entreprit la construction du dernier étage de la tour Saint-Romain (1468-1478) et des premiers étages de la tour de Beurre¹⁴.

D'autres événements marquèrent l'histoire architecturale de la cathédrale comme l'incendie de l'aiguille, la flèche en bois du

9. Archéolabs réf. ARC93/R1444D.

10. BAYLÉ 1997b, p. 188.

11. AD Seine-Maritime, G 2483.

12. AD Seine-Maritime, G 2489-2491.

13. AD Seine-Maritime, G 2501-2507.

14. AD Seine-Maritime, G 2505-2509.



Fig. 3 : Tour-lanterne de la croisée du transept vue depuis la nef.

XIII^e siècle posée sur la croisée du transept, le 4 octobre 1514 et sa reconstruction, de 1542 à 1544, par les maîtres charpentiers Robert Becquet et Toussaint Dubuc¹⁵. Entre-temps, la tour de croisée fut rehaussée d'un étage de maçonnerie par le célèbre maître d'œuvre Roullant Le Roux (mort en 1527). Cette nouvelle flèche en bois fut également incendiée le 5 septembre 1822, de même que les charpentes des combles du chœur, des deux bras du transept et des quatre travées orientales de la nef¹⁶. Les combles des bas-côtés et des chapelles, à l'exception de la chapelle de la Vierge, furent également détruits. Ainsi, les seuls vestiges de la charpente d'origine sont situés sur les sept premières travées de la nef. L'ensemble des travaux de reconstruction fut exécuté pendant les deux années qui suivirent ce drame¹⁷. Seule la flèche en fonte,

15. AD Seine-Maritime, 2541-2542.

16. LANGLOIS 1823, p. 1-23.

17. AD Seine-Maritime, 4 NP 218.



Fig. 4 : Chœur de la cathédrale de Rouen.

dessinée par l'architecte Alavoine, fut achevée 60 ans plus tard, en 1881. D'autres travaux de charpenterie furent réalisés au cours du XIX^e siècle, notamment sur la tour Saint-Romain en 1839, dont les combles furent entièrement détruits en 1944, sur la chapelle de la Vierge en 1860 et sur la nef en 1882¹⁸.

La charpente épargnée par l'incendie de 1822 ne couvre donc que les deux tiers ouest de la nef sur 38,50 m, entre le pignon de la façade occidentale et les deux grandes lucarnes qui font aujourd'hui office d'entrée aux combles (fig. 5-6). Couvrant sept travées, cette charpente présente une largeur moyenne hors œuvre des murs de 11,50 m pour une portée d'entrait de 9,75 m. Sa hauteur totale depuis l'entablement des maçonneries jusqu'au faite est de 7,65 m, donnant une pente de 54° et une longueur de chevron proche de 9,60 m.

18. AD Seine-Maritime, 4 NP 217-220.

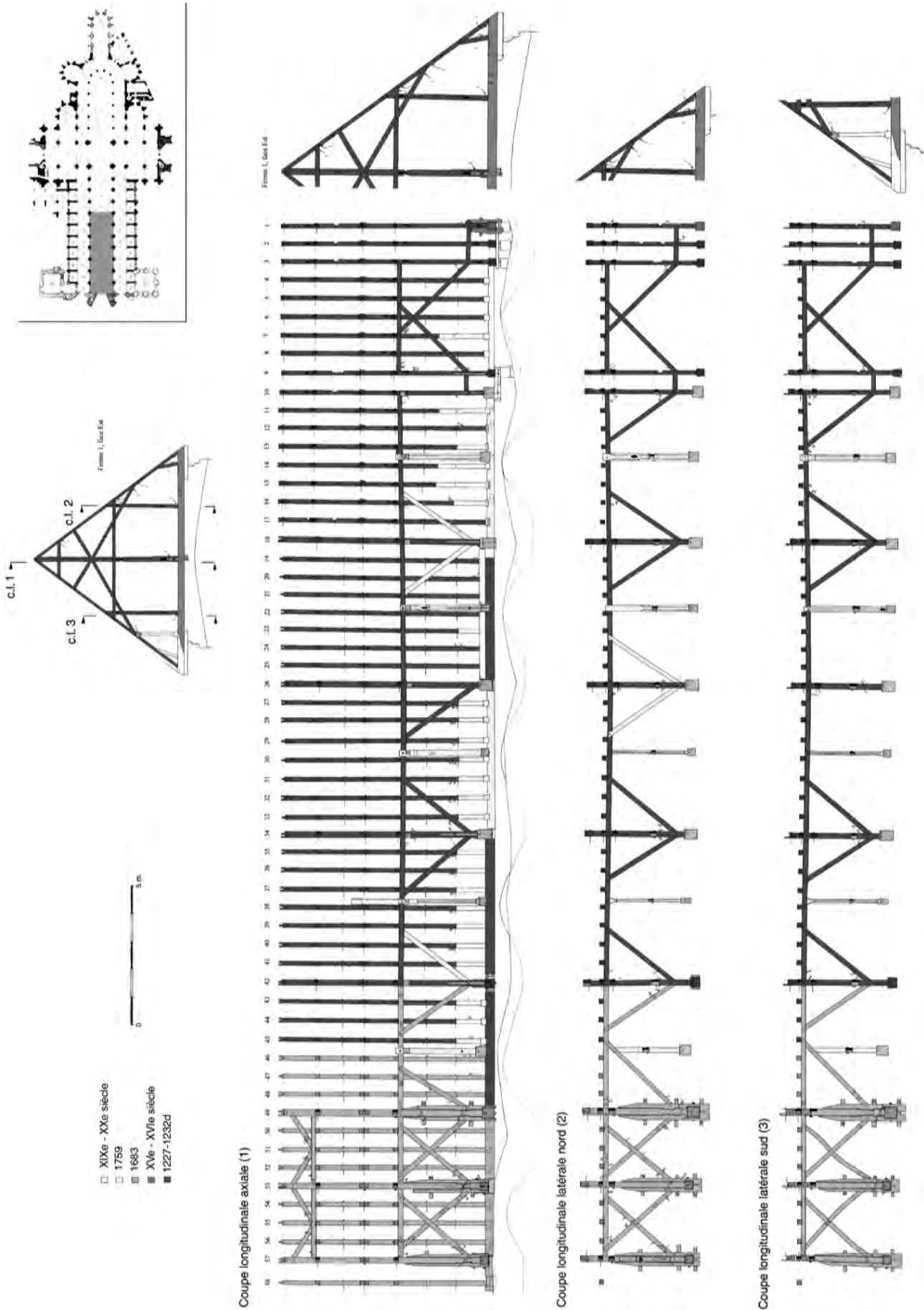


Fig. 5 : Coupes longitudinales axiales et latérales, vues du sud, de la charpente de la nef.

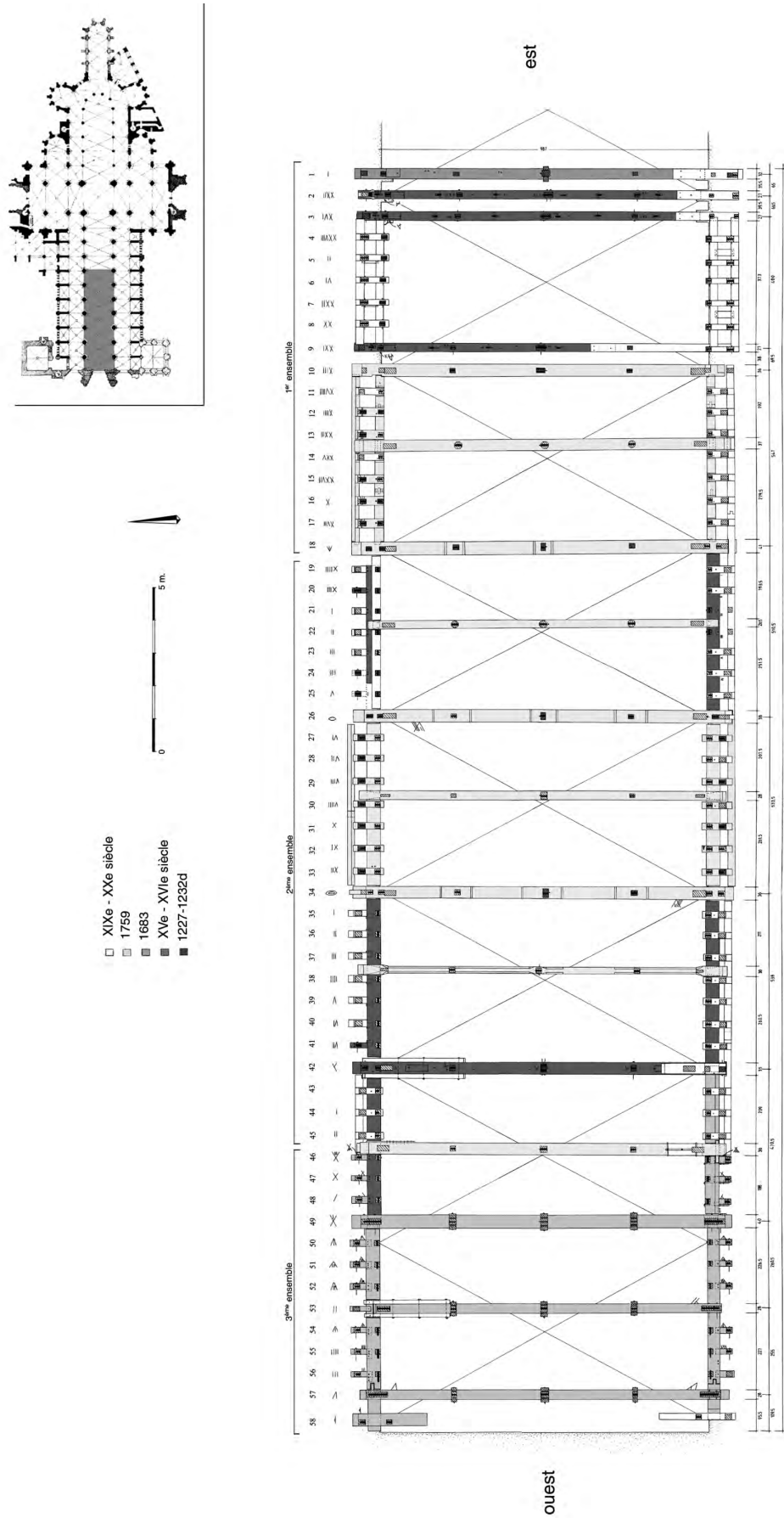


Fig. 6 : Plan de la charpente de la nef au niveau des entrails.



Fig. 7 : Cours de liernes axiales raidies par ses liens obliques.



Fig. 8 : Trois cours de liernes longitudinales avec leurs liens obliques.

Cette structure à chevrons-formant-fermes réunit un ensemble de 58 fermes réparties en 8 travées inégales dont chacune est déterminée par au moins une ferme principale, à entrain et poinçon de fond, et par un nombre de fermes secondaires variable de 3 à 7. La trame de ces 8 travées s'articule en fonction de l'emplacement des piliers de retombée des voûtes de la nef. Au milieu des cinq travées médianes de la charpente, se trouvent des structures d'étaie composées d'un entrain, de trois poteaux courts et d'un couple de décharges qui ont été rapportées en 1759 pour soutenir les travées.

Un étrésolement longitudinal parcourt l'ensemble de la charpente en trois cours de liernes, un axial et deux latéraux, placés sous les premiers entrains retroussés, assemblés aux poteaux et au poinçon de chaque ferme principale par des tenons-mortaises (fig. 7-8). À l'ouest, sur les deux dernières travées, un cours de liernes hautes complète l'étrésolement des fermes.

Les huit travées de la charpente gothique présentent une grande diversité dans leur structure ainsi que dans la nature des bois qui les composent. Trois ensembles se distinguent particulièrement (fig. 6) : – Les deux premières travées est, de F1 à F17 ont été mises en place avec exclusivement des bois de réemplois (entrains, poinçons, chevrons et pièces internes) comportant des entailles d'assemblages à mi-bois (fig. 9). Par ailleurs, la distribution des fermes est tout à fait originale pour une charpente à structure tramée puisqu'on y

observe deux regroupements de fermes principales (F1-F2-F3 et F9-F10) et une interruption du cours normal du contreventement longitudinal entre ces fermes que seules des petites entretoises assemblées en pied des poinçons et des poteaux latéraux étrésoient.

– Un deuxième ensemble, de F18 à F45, se distingue par la régularité de ses travées et l'homogénéité de ses bois. Il est composé de trois travées comprenant chacune une ferme principale et sept fermes secondaires, ainsi que trois fermes secondaires, F43, F44 et F45, appartenant à une travée de l'ensemble suivant. L'étrésolement longitudinal se poursuit ici sans discontinuité.

– Enfin, de F46 à F58, les bois présentent un équarrissage, des marques d'assemblage et un lignage différents de ceux des bois précédents. La trame de deux travées de trois fermes secondaires chacune, l'étrésolement longitudinal supplémentaire en hauteur des fermes, la présence de bois réemployés et d'éléments structuraux non rencontrés auparavant – tels des moises pendantes, des sous-chevrons et des ferrures – témoignent d'une reconstruction mentionnée par un devis¹⁹ qui évoque des travaux entrepris en 1683 suite aux dommages causés par l'effondrement de trois tourelles de façade²⁰.

La charpente en réemploi

Les bois en réemploi du premier ensemble (F1-F17) sont très variés. On y reconnaît des entrails réemployés en entrails, des poinçons réutilisés en poinçons, des chevrons ainsi que des pièces internes de fermes dont la structure a pu être restituée grâce aux inclinaisons des entailles d'assemblages, à la distribution de ces entailles sur les bois et au positionnement des marques d'assemblage. Par recoupement de ces données, une seule restitution de ferme et de charpente a été possible et aucune pièce réemployée n'échappe à cette proposition de configuration (fig. 10).

La structure

Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes d'une largeur totale de 12 m exactement pour une hauteur totale de 7,65 m et une pente de 53°. Elle est constituée d'une succession de fermes identiques non étrésoignées et toutes pourvues à leur base d'un entrait de 27 x 26 cm de section. Aucune sablière ne vient s'assembler aux extrémités des entrails



Fig. 9 : Bois de réemploi avec leurs anciennes entailles à mi-bois.

sur les murs gouttereaux. Seules les voliges de la couverture maintenaient l'écartement des fermes et empêchaient le déversement de la structure²¹. L'entraxe de ces fermes ne peut pas être retrouvé à partir de leur réemploi; on peut toutefois l'estimer par comparaison avec des charpentes présentant une structure et des dimensions analogues²², aux environs de 0,90 m.

Chaque ferme est composée d'un couple de chevrons assemblés en tête, sur les faces latérales d'un poinçon de fond, par des tenons-mortaises chevillés, et en pied aux extrémités d'un entrait. Ces chevrons sont raidis par deux jambes de force, un couple de contrefiches et un faux-entrait, en trois points équidistants par des mi-bois à demi-queue d'aronde chevillés. Les contrefiches reportent les charges des versants sur le pied d'un poinçon de fond en contrebutée d'un bossage latéral. Ce poinçon soulage l'entrait au milieu de sa portée par un tenon-mortaise

21. Les clous du voligeage sont encore visibles sur les chevrons réemployés dans le réseau interne de la structure actuelle.

22. Transept de l'abbatiale Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime) : entraxe de 0,90 m pour une longueur d'entrait de 12,50 m; nef de l'église Saint-Georges à Haguenau (Bas-Rhin) : 0,88 m pour 10,10 m (CRMH 1982a, pl. D.4050); nef de l'église Saint-Pierre de Montmartre (Paris) : 0,64 m pour 9,95 m (CRMH 1982a, pl. D.6938); transept de la cathédrale de Tournai (Hautes-Pyrénées) : 0,90 m pour 13,00 m (GÉNICOT 1977, p. 143); transept de l'abbatiale de Floreffe (Belgique) : 0,87 m pour 13,50 m et 0,90 m pour 14,00 m (HOFFSUMMER 1989a, p. 106 et p. 110); etc.

19. AD Seine-Maritime, G 2818.

20. POMMERAYE 1686, p. 33.

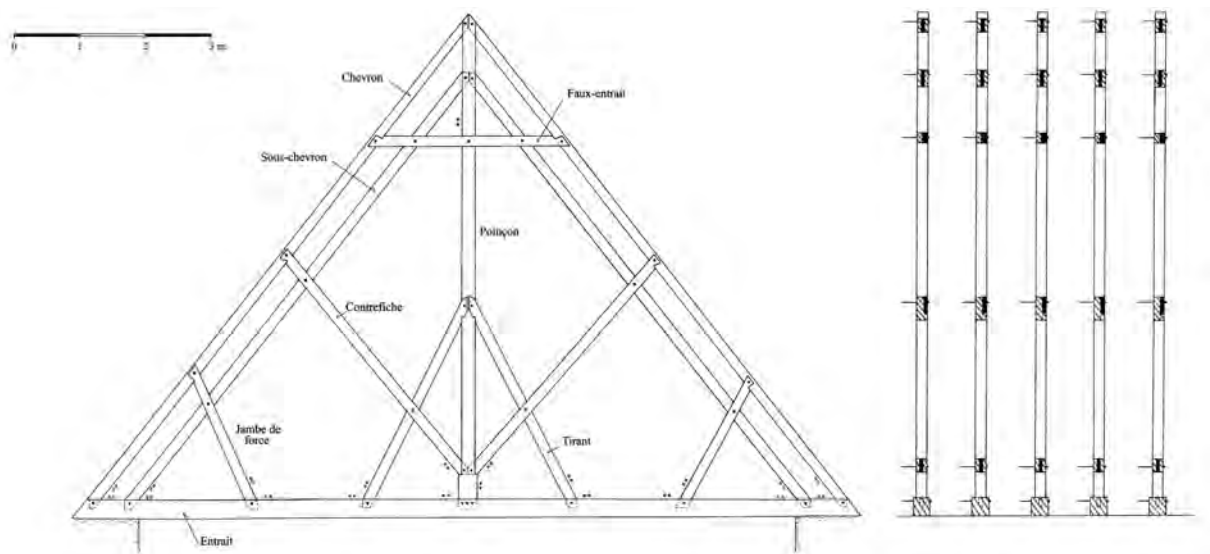


Fig. 10 : Restitution de la charpente primitive (1195-1200d) : ferme et coupe longitudinale.

doublément ou triplement chevillé²³ ; il est aidé dans son effort de traction par un couple de tirants obliques travaillant également contre la flexion naturelle de l'entrait. Enfin, pour renforcer la ferme, un couple de sous-chevrons est placé parallèlement aux chevrons, assemblés en tête au poinçon et en pied dans l'entrait comme les chevrons. Tous les pieds de pièces s'assemblent dans l'entrait ou dans le poinçon par un tenon-mortaise chevillé.

La parfaite maîtrise du principe de la triangulation est ici à souligner. La présence de deux à trois chevilles au tenon-mortaise du pied des poinçons, sollicité à la traction, et le renfort du couple de tirants obliques qui contribuent à soulager l'entrait grâce aux mi-bois avec ergot en tête, particulièrement bien adaptés aux efforts de traction, évoquent bien les contraintes auxquelles ces pièces sont soumises. D'autre part, la mise en tension de la tête du poinçon par les tenons-mortaises latéraux des couples de chevrons et de sous-chevrons permet de répondre convenablement aux sollicitations du pied du poinçon. On peut éventuellement parler d'une double triangulation dans la mesure où les sous-chevrons travaillent comme les chevrons sur le poinçon. Cet effet de triangulation, qui équilibre les forces de mise en tension et de traction, permet au poinçon de récupérer les efforts de compression transmis par les grandes contrefiches. Ajoutons que les sous-chevrons participent aussi au raidissement de la ferme par les mi-bois qui les assemblent aux jambes de force, aux contrefiches et au faux-entrait.

23. La présence de trous de cheville au niveau de toutes les autres mortaises non réemployées de l'entrait et le fait que seul un trou de cheville sur les trois de cet assemblage a été réutilisé confirment l'existence des trois trous dès l'origine.

Cette disposition des contrefiches, accouplée aux effets d'une triangulation, répond au principe isostatique de la ferme dite « latine », caractéristique des charpentes méridionales de la France. Ici, ce concept a été perfectionné par l'ajout de pièces complémentaires, tels des sous-chevrons ou des tirants obliques, pour l'adapter aux grandes dimensions de cette charpente.

Les assemblages

Tous les assemblages de l'entrait sont des tenons-mortaises chevillés. Contrairement aux mi-bois, ils permettent de stabiliser les bois verticalement, ce qui peut présenter un avantage certain lors de leur mise en place et garantir un meilleur ancrage des pièces là où de fortes charges peuvent désolidariser des assemblages à mi-bois. Le tenon-mortaise est utilisé prioritairement pour un travail de compression, en pied de ferme, en tête du poinçon ou encore en pied de contrefiches. Lorsqu'il est soumis à des efforts de traction auxquels il n'est pas adapté, comme au pied du poinçon, il est renforcé par plusieurs chevilles.

Tous les assemblages à mi-bois à demi-queue d'aronde travaillent ici en compression, malgré leur inaptitude à ce type de contrainte. Seul le mi-bois à ergot des têtes des tirants fonctionne en traction. Il semble par ailleurs que ce type d'assemblage, le mi-bois avec ergot, soit employé surtout lorsque l'angle entre les deux pièces assemblées est inférieur à environ 45°, comme dans le cas présent. Il ne s'agirait donc pas d'un assemblage plus perfectionné ou plus évolué que le mi-bois à queue d'aronde, comme il est considéré généralement, mais plutôt d'une variante du mi-

bois, adaptée aux angles aigus des pièces de charpentes. Notons enfin que, parmi ces assemblages, on ne rencontre pas de mi-bois à rives parallèles, considérés comme les plus archaïques des assemblages à mi-bois.

Les bois

Toutes les pièces de cette charpente sont des bois de brin en chêne mis en place selon le sens du fil du bois. Les pièces conservent beaucoup d'aubier et d'écorce en tête des pièces et les nombreuses flaches²⁴ témoignent d'un équarrissage minimal et prouvent que la section des arbres abattus correspondait exactement aux besoins des charpentiers. D'après les cupules de surface des bois, l'équarrissage fut effectué à l'aide d'une doloire ou hache « à blanchir ».

On peut remarquer, sur ces bois, des fentes de séchage recoupant parfois des marques d'assemblage d'origine qui se trouvent ainsi déformées par le retrait des fibres ligneuses. Ceci prouve que le séchage s'est effectué après le marquage des assemblages et que les bois ont été travaillés verts, peu de temps après leur abattage.

Le marquage des bois

Le faible échantillonnage des pièces marquées (29 marques) et leur dispersion provoquée par le réemploi limitent l'étude des marques à une simple typologie et à la recherche de leur positionnement au sein des fermes (fig. 11). Sur les 29 marques recensées, 21 ont pu être mises en relation avec un assemblage bien déterminé sur les fermes d'origine et 19 seulement présentent un graphisme distinctif, ce qui revient à dénombrer 19 fermes marquées différemment.

Les marques sont inscrites sur la face interne ou externe des pièces, jamais sur leurs flancs (face d'établissement ou face opposée) et toujours en pied de pièce. En base des fermes, elles sont systématiquement reportées au droit de l'assemblage sur l'entrait sauf quand elles sont trop longues à graver comme 9 encoches par exemple (fig. 12). Dans ce cas, seule l'extrémité de l'entrait, au pied du chevron, est marquée. Le marquage de la tête et du pied du poinçon n'est pas systématique. L'assemblage du dernier faux-entrait est inscrit préférentiellement au-dessus de l'entaille, sur la face sud du poinçon. Remarquons enfin qu'aucun signe de latéralisation ou contremarque ne semble différencier les marques du versant sud de celles du versant nord, comme cela commence à se pratiquer au XIII^e siècle.

24. Arrondi d'une arête provenant d'un bois dont les déformations n'ont pas pu être corrigées totalement par l'équarrissage (LE PORT 1979, p. 53).

| n° | marque | outil de taille | localisation dans la charpente actuelle | localisation dans une ferme d'origine |
|----|--------|-----------------|---|---------------------------------------|
| 1 | | tracéret | F1 : poinçon | poinçon - position 1* |
| 2 | | ciseau | entretoise F1-F2 nord | ? |
| 3 | | rainette | F2 : entrait, flanc ouest, ext. nord | entrait, flanc ouest, ext. nord |
| 4 | | ciseau | F2 : jambe de force | ? |
| 5 | | ciseau | entretoise F2-F3 axiale | ? |
| 6 | | rainette | entretoise F2-F3 sud | ? |
| 7 | | rainette | F3 : entrait, flanc ouest, ext. nord | entrait, flanc ouest, ext. nord |
| 8 | | ciseau | F3 : entrait, face sup., ext. nord | entrait, face sup., ext. nord |
| 9 | | ciseau | F3 : poinçon | poinçon - position 1 |
| 10 | | ciseau | F3 : jambe de force | ? |
| 11 | | ciseau | F4 : poinçon | poinçon - position 2 |
| 12 | | ciseau | F5 : poinçon | poinçon - position 3 |
| 13 | | ciseau | F8 : poinçon | poinçon - position 3 |
| 14 | | rainette | F8 : jambe de force | ? |
| 15 | | rainette | F9 : entrait, flanc ouest, ext. nord | entrait, flanc ouest, ext. nord |
| 16 | | ciseau | F9 : entrait, face supérieure | entrait, face supérieure |
| 17 | | ciseau | F9 : poinçon | poinçon : position 1 et 4 |
| 18 | | ciseau | F9 : premier faux-entrait | sous-chevron sud, face ext |
| 19 | | gouge | F9 : chevron nord, pied, face int. | chevron nord, pied, face int. |
| 20 | | ciseau | F9 : jambe de force | ? |
| 21 | | tracéret | F10 : poinçon | poinçon - position 1 |
| 22 | | tracéret | F10 : poinçon | poinçon - position 5 |
| 23 | | ciseau | F11 : poinçon | poinçon - position 1 |
| 24 | | tracéret | F14 : poinçon | poinçon - position 3 |
| 25 | | rainette | F17 : jambe de force | ? |
| 26 | | rainette | F17 : premier faux-entrait | sous-chevron sud, pied, face int. |
| 27 | | rainette | 1 ^e travée, étrésolement central, bras ouest | sous-chevron sud, pied, face externe |
| 28 | | rainette | 1 ^e travée, étrésolement central, bras est | sous-chev. sud, pied, face int. |
| 29 | | rainette | 2 ^e travée, étrésolement sud. lierne | sous-chevron, pied, face int. |

(*) position 1 : face sud, au-dessus de l'assemblage du faux-entrait ; position 2 : face sud, au-dessous ; position 3 : face nord, au-dessus ; position 4 : face nord, pied du poinçon ; position 5 : face nord, au-dessus de l'assemblage des contrefiches.

Fig. 11 : Tableau des marques des bois réemployés.

Les 29 marques se répartissent en trois catégories : les marques à encoches (fig. 11 : n° 2, 4, 5...), taillées au ciseau, les signes non conventionnels ou « signes particuliers » (n° 1, 3, 21...), gravés à la rainette ou au tracéret (fig. 13), et les chiffres romains adoptant la base V et X (n° 6, 14...), gravés à la rainette. La distinction entre ces catégories est parfois incertaine, comme la n° 2 (fig. 14), la n° 1 ou la n° 28 qui peuvent être le début d'un signe particulier.



Fig. 12 : Marque à encoches sur un poinçon réemployé (1195-1200d).

Les marques à encoches et les chiffres romains répondent tous deux au principe d'une numération séquentielle en se rapportant à l'ordre naturel des chiffres et en indiquant le rang de la ferme dans une série, soit par la juxtaposition d'encoches, soit par des nombres en chiffres romains. Bien que le graphisme des chiffres romains semble le mieux adapté à l'écriture sur bois, ces marques sont nettement moins nombreuses que les marques à encoches.

Le remaniement complet de ces bois a entraîné la perte de l'ordonnance première des fermes et il est désormais difficile de savoir si leur numérotation était continue ou bien discontinue,

25. Charpente de la chapelle de l'ancien palais épiscopal de Laon (Aisne) datée par dendrochronologie entre 1178 et 1188 (HOFESUMMER 1995a, p. 219); charpente de la nef de l'église Saint-Mort à Huy (Belgique) datée par dendrochronologie entre 1230 et 1235 (ID. 1995a, p. 221); charpente du chœur de l'église Saint-Pierre de Gonesse (Val-d'Oise) de la fin du XII^e siècle ou du début du XIII^e siècle (BONTEMPS 1984, p. 127-167).



Fig. 13 : Marque particulière gravée au traceret.

ne respectant pas l'ordre naturel des chiffres comme semble le suggérer la présence de signes particuliers.

La combinaison au sein des marquages des signes particuliers et des encoches est connue dans quelques charpentes de la fin du XII^e ou du début du XIII^e siècle²⁵. Dans ces exemples, les marques à encoches sont minoritaires et elles peuvent être soit dispersées parmi des signes particuliers et n'avoir aucune signification numérique, soit être regroupées pour constituer une petite série de trois fermes au maximum. À Laon, les séries d'encoches sont prolongées par des marques similaires constituées d'une juxtaposition de bâtonnets. Aucune règle précise ne semble donc se rattacher à l'usage de ces encoches. Notons la présence dans la charpente de Gonesse d'une marque presque identique à la marque n° 2.

26. BONTEMPS. 1984, p. 139.



Fig. 14 : Marque particulière à encoches.

Concernant les signes particuliers, leur écriture apparaît dépourvue de toute logique ordinale. Remarquons toutefois que les n° 1, 7 et 25 se rencontrent aussi dans la charpente de Gonesse dans le Val-d'Oise²⁶.

Les marques composées de bâtonnets, rencontrées dans la charpente du palais épiscopal de Laon, se retrouvent également dans la charpente de Huy, ainsi que dans de nombreuses charpentes de la fin du XII^e siècle et du début du XIII^e siècle²⁷. Elles constituent toujours des séries continues, conformes à l'ordre naturel des chiffres, que l'on trouve assez souvent en alternance

27. Charpente du transept nord de l'abbatiale Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime), première moitié du XII^e siècle; croisillon sud de la cathédrale de Tournai (Belgique), 1171 (GÉNICOT 1977, p. 145); croisillon nord de l'abbatiale de Floreffe (Belgique), 1170-1180 (ID. 1974, p. 34; HOFFSUMMER 1989a, p. 108); croupe du chœur de l'église Saint-Symphorien à Tours (Indre-et-Loire), 1170-1180 (BONTEMPS 1995a, p. 201); chœur de la collégiale Saint-Vincent à Soignies (Belgique), 1185-1200 (HOFFSUMMER 1995a, p. 225); chapelle des Fonts de la cathédrale de Laon, 1208-1218 (ID. 1995a, p. 220).

avec des ensembles de signes particuliers qui n'empêchent donc pas la numérotation progressive des fermes par des bâtonnets. En raison de la contemporanéité et de la similitude des marquages à encoches et à bâtonnets, on peut supposer que les marques à encoches devaient aussi constituer une ou plusieurs séries continues en alternance avec des signes particuliers.

Cependant, en ce qui concerne les chiffres romains, aucun indice ne permet de savoir de quelle manière ils s'intégraient dans la numérotation des fermes. Les premiers marquages en chiffres romains, datant, selon Patrick Hoffsummer, du milieu du XIII^e siècle pour le nord de la France et la Belgique²⁸, se situent, dans l'évolution du graphisme des marques, dans la continuité de la numérotation par bâtonnets, et apparaissent toujours en séries continues, sans jamais être associés à des signes particuliers ou à des marques à encoches. En Normandie, plusieurs charpentes dont celles du chœur et du transept nord de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux, entre 1192 et 1206d, présentent une numérotation utilisant des signes particuliers pour les fermes principales et des chiffres romains en séries continues pour les fermes secondaires. Celles de la maladrerie de Gravigny, de l'église de Norrey-en-Auge, du milieu ou de la seconde moitié du XII^e siècle, et de la maison du n° 18 rue Saint-Romain à Rouen, datée entre 1201 et 1216d, présentent une numérotation progressive continue en chiffres romains.

À l'instar de ces exemples, on peut supposer que la numérotation en chiffres romains devait être aussi progressive. Le marquage des fermes de cette charpente devait donc présenter une numérotation constituée de séries continues d'encoches et de séries continues de chiffres romains alternant avec des signes particuliers de façon aléatoire.

Signalons aussi que certaines fermes étaient dépourvues de marques d'assemblage, notamment celle qui possédait le poinçon P2, vierge de toute marque. Cette absence de marquage dans une charpente numérotée n'est pas rare aux XII^e-XIII^e siècles et peut même revêtir une signification sémiologique au sein d'une numérotation. En effet, dans la charpente de l'église de Gonesse (Val-d'Oise) datée de la fin du XII^e siècle ou début du XIII^e siècle²⁹, et dans celle de la grange de l'abbaye de Chaloché à Chaumont d'Anjou (Maine-et-Loire), datée par dendrochronologie de 1270³⁰, l'absence de marquage d'une ferme à l'intérieur d'une série numérotée a valeur de signe. Il est probable que ce fut également le cas ici pour certaines fermes.

Enfin, il faut remarquer les signes particuliers identiques figurant sur les flancs ouest des entrants de F2, F3 et F9 qui ne

28. HOFFSUMMER 1995a, p. 202.

29. BONTEMPS 1984, p. 150.

30. ID. 1995a, p. 43.



Fig. 15 : Chevron en réemploi : négatifs du voligeage (1195-1200d).

correspondent pas aux marques respectives des fermes situées sur la face supérieure de l'entrait (encoches n° 8 pour E3 et n° 16 pour E9). L'absence de sablière exclut l'hypothèse d'un marquage pour ce type de pièce. Il peut donc s'agir soit d'un signe de latéralisation destiné à orienter l'entrait lors du montage des bois puisqu'ils ne comportent que des mortaises axiales, soit de signes d'identité de charpentiers ou de marchands qui permettaient de reconnaître le travail de tel charpentier ou bien la provenance de telle pièce de bois.

Le mode de couverture

Onze chevrons de cette charpente ont été réemployés au sein des fermes actuelles, laissant apparentes les faces sur lesquelles étaient fixés les matériaux de la couverture. Ces faces présentent de nombreux fragments de clous disposés deux par deux, tous les 18 cm en moyenne le long des chevrons, selon l'entraxe des voliges (fig. 15). Entre certains emplacements de voliges dont la largeur avoisinait une dizaine de centimètres, d'autres clous subsistent sur



Fig. 16 : Clous avec fragments de plomb.

lesquels des fragments de plomb sont encore accrochés (fig. 16). On peut donc supposer l'existence d'une couverture de tables de plomb dont le rebord supérieur était cloué sur les chevrons et replié sur les voliges dans l'entrevous des chevrons. Le recouvrement des bords latéraux se faisait probablement par un simple ourlet comme cela se pratiquait encore aux XVIII^e et XIX^e siècles pour les toitures en plomb de la cathédrale de Rouen³¹ et de l'abbatiale de La Trinité de Fécamp en Seine-Maritime, sur le croisillon sud.

Essai de datation typologique

La pente du comble

Dans le nord-ouest de la France, le degré d'inclinaison des toitures est passé approximativement de 45° au XI^e siècle à 60° vers le milieu

31. Dispositif encore visible sur les toitures épargnées par l'incendie de 1822.

du XIII^e siècle pour s'y maintenir jusqu'au milieu du XVII^e siècle. La pente de 53° de cette charpente s'apparente avec celle des charpentes de la fin du XII^e et du début du XIII^e siècle en Normandie comme en témoignent les toitures des édifices suivants :

- église abbatiale Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime), première moitié du XII^e siècle : 45°;
- maladrerie de Gravigny (Eure), seconde moitié du XII^e siècle : 50°;
- cathédrale Saint-Pierre de Lisieux (Calvados), 1183-1208d : 49° et 53,2°;
- maison, 18 rue Saint-Romain à Rouen (Seine-Maritime), fin XII^e-début XIII^e siècle : 48°³²;
- dortoir de l'abbaye de Bonport à Pont-de-l'Arche (Eure), 1221d : 52°;
- cathédrale Notre-Dame de Bayeux (Calvados), 1223-1250d : 54,5°.

La présence d'un entrait à chaque ferme

Cette disposition se rencontre spécifiquement dans les charpentes du XI^e et du XII^e siècle³³. Les exemples les plus tardifs se situent dans le nord et en Belgique dans l'église de Sclayn (1190d), dans les églises Saint-Denis (1190d) et Saint-Barthélémy (1188d) à Liège³⁴. En Normandie, citons la charpente de l'église de Neuf-Marché vers 1127-1133d, celle réemployée de l'abbatiale de La Trinité de Caen (Calvados), de la fin XI^e-début XII^e siècle, celle de l'église abbatiale Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville, datée de la première moitié du XII^e siècle et celle réemployée de la chapelle de la léproserie Saint-Lazare à Gisors (Eure), du XII^e siècle.

Toutes ces charpentes étaient apparentes et dotées d'un plafond de planches ou de lattis fixés au niveau des entrants. Ces planches étaient soit disposées en entrevous des entrants, glissées dans des rainures (Boscherville), soit clouées en sous-face ou sur les entrants (église de Saint-Pierre de Montmartre), soit suspendues par l'intermédiaire de solives ou d'arceaux en fer (abbatiale de Floreffe³⁵, église Saint-Barthélémy à Liège³⁶ en Belgique).

Ici, aucune trace de fixation de planches n'a pu être identifiée : ni rainure, ni clou, ni d'autre indice qui laisserait supposer l'existence d'un plafond. De plus, les sous-faces des entrants sont absolument vierges de toute trace de peinture. On peut donc supposer que cette charpente a été conçue pour être dissimulée par des voûtes en maçonnerie.

La triangulation

Le principe de la triangulation est connu dès la seconde moitié du XII^e siècle à l'église Saint-Pierre de Montmartre à Paris, à l'église

abbatiale Saint-Martin et à la cathédrale de Laon, et peut-être encore plus tôt comme à l'église de Deuil-la-Barre dans le Val-d'Oise ou à l'église de Saint-Germain-des-Prés à Paris du XI^e siècle. Ces charpentes présentent comme ici des entrants à chaque ferme et un poinçon de fond qui sert à suspendre l'entrait au sein de chaque ferme. Ce dispositif se distingue de celui observé dans certaines charpentes du début du XIII^e siècle, qui est lié à la reprise des charges transmises aux fermes principales par des liernes longitudinales. La charpente de Rouen est l'un de ces très rares témoins qui permettent d'affirmer que l'apparition du poinçon et de la triangulation n'est pas nécessairement liée à la diffusion des structures tramées gothiques et des dispositifs de report des charges des fermes secondaires sur les fermes principales au XIII^e siècle.

Les sous-chevrons et l'absence d'étrésillonnement des fermes

La présence des sous-chevrons est fréquente en France septentrionale dans les charpentes des XII^e-XIII^e siècles, sous deux fonctions différentes, mais ils disparaissent ensuite pour ne réapparaître qu'au XVI^e siècle. La première de ces fonctions est d'éviter l'écartement des fermes sans entrait lorsqu'il n'existe pas d'autre dispositif comme des grandes écharpes. Citons les exemples de la charpente de la nef de la cathédrale Saint-Pierre à Lisieux (1182/1183d), de la grange du Val-de-la-Haye (1216-1220d), de la nef de l'église de Pontigné (Charente) et du transept nord de l'abbatiale de Noiriac (Cher), du XII^e siècle. Sa seconde fonction est liée directement à la présence du poinçon et sert à renforcer la triangulation des fermes comme dans la charpente de l'église Notre-Dame d'Étampes (Essonne), du début du XIII^e siècle ou dans celle de la cathédrale Notre-Dame de Soissons (Aisne), aussi du début du XIII^e siècle. Cet emploi des sous-chevrons s'apparente donc plus à l'usage d'une structure gothique du XIII^e siècle mais l'absence, ici, d'étrésillonnement longitudinal plaide davantage en faveur de la précocité de ce système à Rouen que d'une datation tardive de la charpente elle-même. En effet, l'étrésillonnement longitudinal des fermes se généralise très vite dans le courant du XIII^e siècle à la plupart des charpentes.

Les assemblages

L'usage du tenon-mortaise en pied de pièces et en tête de triangulation, en association avec le mi-bois à demi-queue d'aronde ou avec ergot pour les autres assemblages, est typique du XII^e siècle et du début du XIII^e siècle dans l'ouest de la France. Parmi les exemples les plus significatifs en Normandie, citons la charpente de la cathédrale de Lisieux (1182/1183d) et de Bayeux (début XIII^e siècle). Ce n'est que vers les années 1230-1240 que le tenon-mortaise se substituera définitivement au mi-bois, à l'exception toutefois des dispositifs de contreventement et des beffrois.

Les marques d'assemblage

Enfin, pour les marques d'assemblage, tous les exemples de comparaisons convergent vers une datation de la fin du XII^e siècle

32. PITTE et LESCROART 1991, p. 67.

33. LE PORT 1987, p. 368.

34. HOFFSUMMER 1989a, p. 123.

35. GÉNICOT 1974, p. 33.

36. HOFFSUMMER 1989a, p. 164.

ou du début du XIII^e siècle. L'usage simultané de marques à encoches, de chiffres romains et de symboles, tout comme l'absence de contremarque ou même de marque au sein de la numérotation des fermes, ainsi que la similitude entre certaines marques de cette charpente et celles de la charpente de Gonesse (datée de la fin XII^e-début XIII^e siècle³⁷) plaident largement en faveur de cette proposition de datation.

Datation dendrochronologique

Comme tous les éléments typologiques semblent l'indiquer, que ce soit la pente du comble, la configuration des fermes, l'usage de la triangulation, les assemblages ou le marquage des bois, cette charpente aurait été mise en place à la charnière du XII^e et du XIII^e siècle. Afin de confirmer cette datation, une expertise dendrochronologique a été menée en septembre 1998 par le laboratoire de chrono-écologie de Besançon, confirmée en 2006 par le laboratoire de Rennes. L'élaboration du dernier cerne d'aubier mesuré sur certains échantillons correspond à l'année 1195. **La mise en place de cette charpente s'est effectuée après 1195 et avant l'incendie de 1200**, si cette charpente provient effectivement de la cathédrale romane.

Provenance de la charpente

Au préalable, rappelons que les chevrons de cette charpente ont bien reçu des voliges et supporté des tables de plomb comme en témoignent les nombreux clous et les fragments de plomb retrouvés. De plus, la plupart des entailles à mi-bois et des mortaises de cette charpente conservent des bouts de chevilles, coincées dans leur logement, qui ont dû être brisées lors du démontage des pièces. Les bois réemployés proviennent bien d'une charpente, réellement mise en œuvre, qui a porté une couverture de plomb : il eut été possible en effet que ces bois aient été taillés et qu'ils n'aient jamais été mis en place à la suite d'un changement de programme. Rappelons aussi que cette charpente couvrait un édifice voûté en maçonnerie car ses entrails rapprochés ne comportent aucune trace de plafond apparent.

La charpente du XIII^e siècle qui réemploie ces bois a été montée dans le sens est-ouest, selon le sens d'enfoncement des chevilles dans les fermes. En effet, pour une charpente à chevrons-formant-fermes, les bois sont chevillés dans le sens de progression de leur mise en place. Les charpentiers, en prenant appui sur les fermes déjà montées, assemblent les pièces et les chevillent face à eux, d'où la correspondance du sens de progression du chantier avec le sens du chevillage. Ici, on s'aperçoit que la charpente gothique

a été montée en partant de la tour-lanterne et a progressé vers le portail occidental. Tout le stock de bois de réemploi a été consommé en priorité sur les six travées est de la nef, avant la mise en place des fermes des cinq travées ouest qui ont été taillées dans du bois vert, de premier emploi. Ceci s'accorde logiquement avec le principe consistant à utiliser d'abord tous les bois de réemploi, avant de pouvoir entreprendre l'abattage et le façonnage des bois verts pour compléter et terminer la charpente. Les structures de la partie orientale de la nef, brûlées en 1822, étaient très vraisemblablement constituées de bois de réemploi selon une trame identique. Ajoutons aussi que d'après ce chevillage, l'emploi et la distribution des assemblages ainsi que leur marquage, les fermes du premier et du deuxième ensemble ont été mises en place au cours d'une seule et unique campagne de construction.

Tous les historiens de la cathédrale s'accordent pour dire que la reconstruction, après l'incendie de 1200, a débuté par la nef. Le chœur, en chantier vers 1220, dut être achevé avec le transept aux environs de 1237 lors de la consécration par l'archevêque Pierre de Colmieu³⁸. La charpente de la nef a donc été édifiée avant celles du chœur et du transept et le réemploi de cette charpente a été strictement limité aux six travées est de la nef.

En dénombrant maintenant, grâce aux relevés, la quantité de pièces consommées par ce réemploi, il est possible par restitution d'estimer les dimensions de cette charpente et, par conséquent, sa provenance. La charpente disparue en 1822 dans la partie orientale de la nef couvre exactement 20,80 m, du pignon est jusqu'à la ferme F1. Avec un entraxe moyen des fermes du premier ensemble de 66,5 cm, on compte donc 31 fermes détruites par l'incendie dans cette partie orientale.

D'après le relevé exhaustif des fermes du premier ensemble, on dénombre un réemploi de 44 chevrons, 43 sous-chevrons, 12 contrefiches, 17 poinçons et 5 entrails, soit au maximum 22 fermes de la charpente primitive pour 17 fermes actuelles y compris les pièces longitudinales de l'étré sillonnement et les entretoises. Il faut toutefois adjoindre, pour ce même rapport, une perte en bois de forte section de 17 entrails et de 5 poinçons n'ayant pas pu être réemployés dans la nouvelle charpente. En appliquant ce rapport à la totalité de la charpente édifiée exclusivement en bois de réemploi au début du XIII^e siècle (17 + 31 fermes), en tenant compte des pièces de l'étré sillonnement longitudinal pour le nombre de travées couvertes (2 + 4), on obtient un total de 62 fermes réemployées. Avec un entraxe de fermes de 0,90 m environ et dans l'hypothèse d'une charpente complète de 62 fermes, on peut supposer une longueur totale de charpente de 57 m environ, dans œuvre des murs. La marge d'incertitude demeurant toutefois assez grande, compte tenu d'une base rapportée de 17 fermes seulement et

37. BONTEMPS 1984, p. 127.

38. BAYLÉ 1997, p. 185.

d'un entraxe approximatif, il convient de rester prudent sur l'interprétation de ces résultats.

Les charpentiers au début du XIII^e siècle ont donc réemployé pour la reconstruction de la nef gothique une charpente de 57 m de long, de 12 m de large, provenant d'un édifice couvert en plomb et pourvu de voûtes en maçonnerie.

Nous ne nous efforcerons pas de rechercher l'origine de cette charpente ailleurs que sur la cathédrale de Rouen car cela supposerait la « mise à nu » d'un édifice aussi grand que la cathédrale elle-même quelques années seulement après son couvrement.

Selon les plans de la cathédrale romane dressés en 1932 d'après les fouilles de Georges Lanfry, la longueur de chaque bras du transept est de 16,40 m, celle du chœur de 8,30 m et celle de la nef de 61,50 m environ. Les longueurs cumulées des combles des transepts et du chœur de la cathédrale romane sont inférieures à celle de cette charpente. Seul le comble de la nef romane serait adapté aux dimensions de cette structure. Toutefois, pour la largeur, aucun sondage archéologique n'a permis de retrouver l'emplacement exact des piles de la nef romane et il y a de fortes présomptions pour que leurs substructions aient servi de fondations aux piles de la nef gothique (entraxe des piles de 11,30 m) pour des raisons évidentes de stabilité. On remarque par ailleurs que les piles des premières travées du chœur gothique s'appuient sur les murs de la crypte romane, et que les piles du transept du XIII^e siècle reposent aussi sur les fondations du transept roman³⁹. Il est donc fortement probable que la largeur et la longueur de cette charpente réemployée correspondent précisément aux dimensions du comble de la nef romane.

Il faut remarquer qu'en 1195-1200, la structure tramée⁴⁰ était déjà très répandue, notamment en Normandie⁴¹ : le concepteur de cette charpente non tramée devait manifestement en connaître le système puisqu'il maîtrisait parfaitement celui très novateur et très peu diffusé de la triangulation. Ces charpentes à structure tramée sont adaptées aux murs minces et aux grandes verrières en répartissant les charges de la toiture au droit des piles. Ici, le maître-charpentier a conçu une charpente non tramée dont la principale particularité est de répartir ses charges de façon homogène sur les murs gouttereaux, ce qui répond aux caractéristiques des murs épais et massifs de l'architecture romane. Elle serait à l'inverse inadaptée à un édifice gothique doté de grandes baies et de murs gouttereaux étroits. Cette charpente a donc été portée par une nef romane, très vraisemblablement celle de la cathédrale du XI^e siècle de l'archevêque Maurille.

Cette nef a été épargnée par l'incendie de 1200 ce qui permet d'expliquer la bonne conservation des 6 chapiteaux de la nef du XI^e siècle, retrouvés en réemploi dans les fondations des piles de la nef gothique : ne présentant en effet aucune trace de rubéfaction, ils semblent avoir été démontés de leur support plutôt que récupérés parmi les décombres d'un incendie. La mise en place de cette charpente sur la nef romane, dans les années 1195-1200, a certainement fait suite aux travaux de réédification de la façade occidentale, entrepris vers 1180. Il est probable que ces travaux sont aussi à rattacher à un programme de voûtement de la nef puisque l'absence de plafond au niveau des entraxes de la charpente suggère que le vaisseau était soit déjà voûté lors de la mise en place de la charpente, soit qu'un programme de voûtement était alors prévu⁴².

La charpente en place de la nef (fig. 17-18)

Le plan de la charpente

Cette charpente présente une structure tramée de huit travées de sept fermes secondaires chacune, à l'exception de la première (F3-F9), qui n'en possède que cinq (fig. 5 et 6). Cette trame s'articule en fonction des travées maçonnées de la nef pour que les charges des fermes principales (fig. 19) soient reprises par les piles et que l'extrados des voûtes puisse se loger dans l'espace libéré des fermes secondaires, au milieu des travées⁴³ (fig. 20). Cette correspondance entre les voûtes et les travées de la charpente permet de restituer la disposition des fermes du XIII^e siècle dans le troisième ensemble (F46-F58), entièrement remanié au XVII^e siècle. Les fermes principales du XIII^e siècle étaient logées aux emplacements de F50 et F58, délimitant une travée à la place des deux dernières travées actuelles (F49-F53, F53-F57). Le nombre de travées couvrant les trois ensembles est donc de sept.

39. LANFRY 1928-1932, p. 5-22.

40. Charpentes dont la structure se subdivise en travées avec des fermes à entraxe à intervalle régulier au droit de la reprise des retombées de voûtes.

41. Charpentes du XII^e siècle de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais au Mesnil-Mauger (Calvados), de la chapelle de la commanderie de Chanu à Villiers-en-Désœuvre (Eure), de la chapelle de la ferme de Vaux à Gisors (Eure) etc.

42. La structure non tramée de la charpente n'est pas un handicap pour la stabilité des voûtes, comme peut en témoigner la présence de voûtes du XIII^e siècle dans l'abbatiale Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville sous une charpente non tramée du XII^e siècle.

43. La manutention de la maçonnerie des voûtes s'en trouve par ailleurs accommodée.



Fig. 17 : Charpente de la nef (1227-1232d).



Fig. 18 : Ferme principale de la charpente de la nef.

| Travée | Longueur à l'entraxe des entrails |
|---|--------------------------------------|
| 1 ^{re} travée (théorique) : F2-F10 | 5,36 m |
| 2 ^e travée : F10-F18 | 5,47 m |
| 3 ^e travée : F18-F26 | 5,10 m |
| 4 ^e travée : F26-F34 | 5,33 m |
| 5 ^e travée : F34-F42 | 5,38 m |
| 6 ^e travée (restituée) : F42-F50 | 5,41 m |
| 7 ^e travée (restituée) : F50-F58 | 5,33 m |

Tableau de longueur des travées

Mesurées à partir de l'entraxe des entrails, les longueurs respectives de chaque travée sont toutes différentes. Les écarts à la moyenne de 5,34 m varient de 1 à 28 cm. Ces variations, qui sont trop importantes pour être attribuées aux restaurations des pieds de fermes, se retrouvent au niveau de l'espacement des fermes dont l'entrevous varie de 47 à 54 cm environ. Plus précisément, on constate que deux mesures distinctes ont été utilisées pour l'entrevous des fermes : 47,9 cm ($\pm 0,6$) et 51,7 cm ($\pm 0,3$)⁴⁴, ce qui correspond à un entraxe de 66,5 cm pour les fermes du premier ensemble, de 64 cm et de 68 cm pour les autres fermes, selon ces deux valeurs d'entrevous.

44. La troisième travée n'a utilisé que la première mesure, d'où sa faible longueur comparée aux autres travées qui ont fait usage des deux mesures ou uniquement de la seconde comme la deuxième travée qui est la plus longue de toutes : 5,47 m.

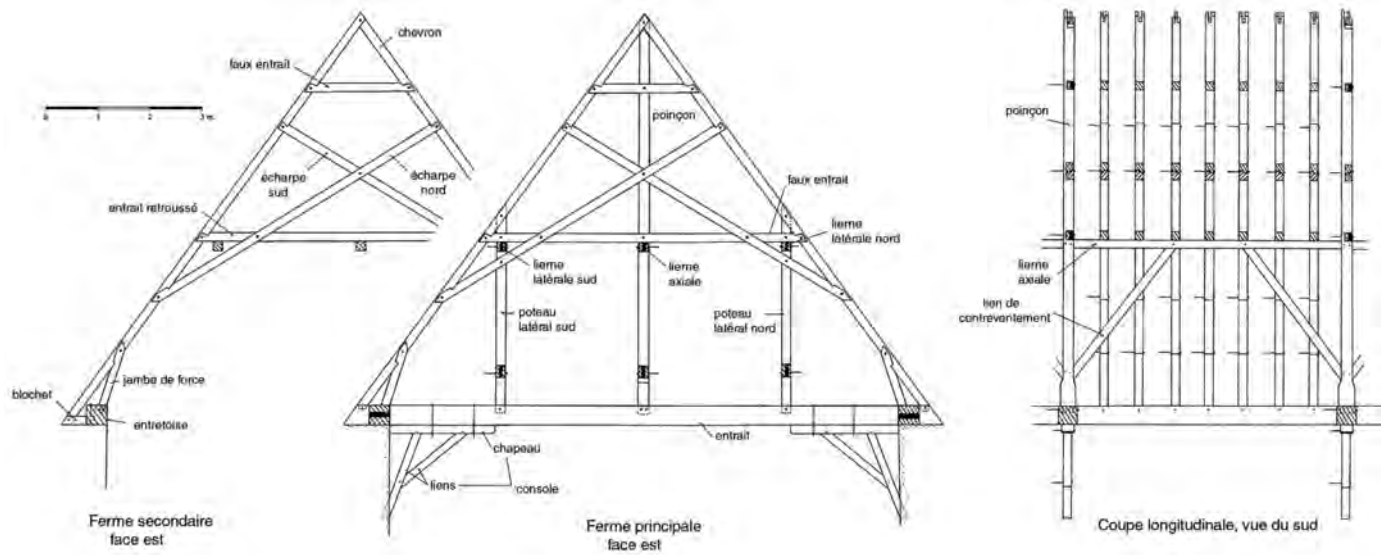


Fig. 19 : Charpente de la nef : fermes secondaire et principale, coupe longitudinale d'une travée (1227-1232d).

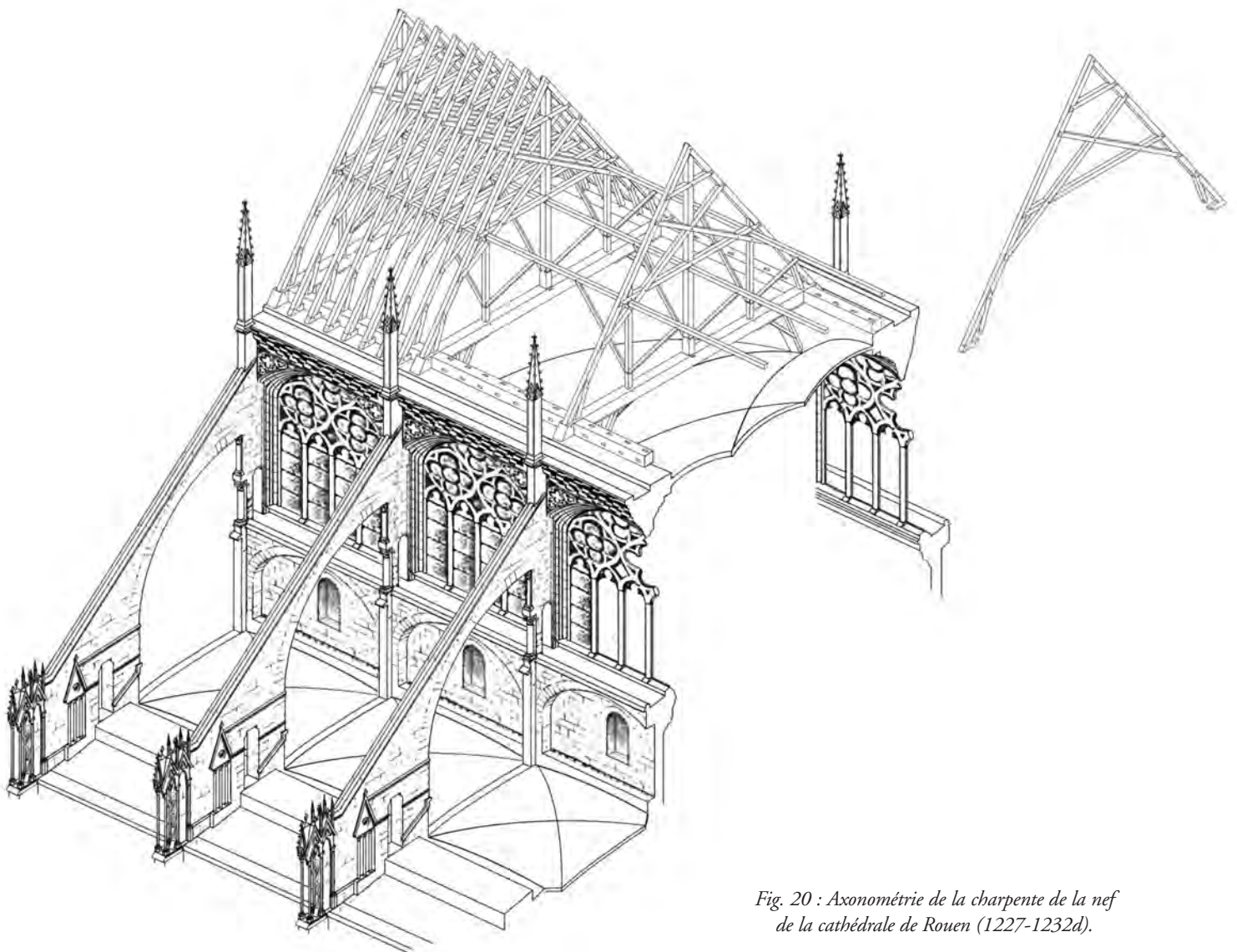


Fig. 20 : Axonométrie de la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen (1227-1232d).

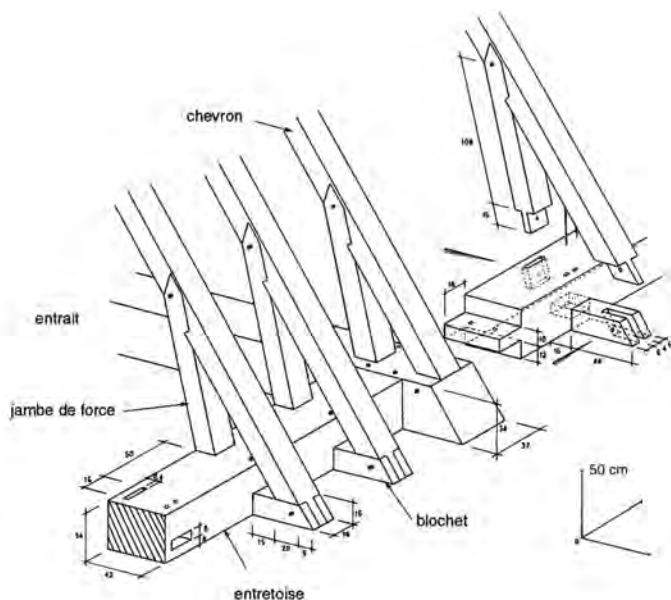


Fig. 21 : Dispositif des pieds de ferme.

Les pieds de ferme

Suite à des problèmes de condensation résultant de l'absence de ventilation aux pieds des fermes, la plupart des sablières et des blochets d'origine ont été remplacés, à l'exception de ceux situés dans la troisième et la cinquième travée, au nord de la sixième et, en réemploi, au nord de la septième et de la huitième travée.

Pour une travée, le dispositif des pieds de ferme est constitué d'une entretoise de 34 x 42 cm⁴⁵ de section et de courts blochets de 16 x 16 cm assemblés à cette dernière par un tenon-mortaise en forme de demi-queue d'aronde et fixé par deux chevilles (fig. 22). L'entretoise reçoit le pied des jambes de force et les blochets le pied des chevrons par des tenons-mortaises chevillées⁴⁶. Chaque entretoise est assemblée par des tenons-mortaises sur les flancs des entrants. L'ensemble entrait-entretoise et blochets repose donc directement sur les maçonneries, sans aucune pièce intermédiaire. Les énormes poussées latérales exercées par les chevrons en pieds de ferme secondaire justifient la forme en demi-queue d'aronde de l'assemblage des blochets et son double chevillage, qui permettent de résister à ces efforts de traction. De même, le surdimensionnement des entretoises contribue à lutter contre ces poussées latérales et limite ainsi la déformation des travées.

45. Pour un plan longitudinal, la première mesure désigne les faces nord et sud d'une pièce, la seconde, les faces supérieure et inférieure.

46. Les seuls blochets d'origine sont conservés au nord des fermes 20, 41, 46 et 47.



Fig. 22 : Décalage du poteau aux assemblages du chevron, de l'écharpe et de l'entrait retroussé.

Le système de l'entretoise se rencontre fréquemment dans les charpentes du XIII^e siècle en Normandie, comme à l'abbaye de Bonport, à la cathédrale de Bayeux ou dans le manoir des abbesses de Saint-Amand à Boos. Il se rencontre aussi aux XIV^e, XV^e et XVI^e siècles et ne constitue donc pas un critère de datation.

Les fermes principales

Sur les cinq fermes principales du premier ensemble (F1-F17), seules F2, F3 et F9 ont conservé leur entrait d'origine. Deux autres entrants du XII^e siècle, réemployés au XIII^e siècle, ont été retrouvés en tant que sablières doubles dans la deuxième travée, probablement à la suite de la campagne de restauration du XVIII^e siècle (deuxième réemploi). Des autres fermes principales du XIII^e siècle, seule F42 a conservé son entrait d'origine, de 34 x 42 cm de section.

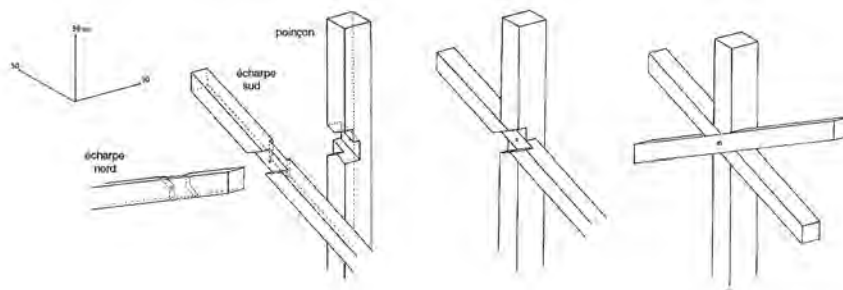


Fig. 23 : Assemblage des écharpes au poinçon des fermes principales du deuxième ensemble.

Toutes ces fermes principales, des premier et deuxième ensembles, sont constituées d'un couple de chevrons raidis par deux niveaux de faux-entraits, un couple d'écharpes et, en pied, par deux jambes de force (fig. 19). Les extrémités des faux-entraits sont assemblées aux chevrons par des mi-bois à demi-queue d'aronde chevillés. La tête des écharpes utilise aussi ce type d'assemblage, mais surtout dans le deuxième ensemble (F18-F45). Dans le premier, on rencontre surtout des tenons bâtards⁴⁷ ou des demi-tenons bâtards. Le pied des écharpes et la tête des jambes de force s'assemblent aux chevrons par des mi-bois avec ergot. Pour le pied des écharpes nord du premier ensemble, l'assemblage à mi-bois dissimule son ergot par un recouvrement, mais on reviendra plus loin sur ce détail. L'usage de cet assemblage est là aussi imposé par un angle inférieur à 40° environ entre les deux pièces.

Un poinçon de fond soulage l'entrait de sa flexion au milieu de sa portée par un tenon-mortaise chevillé dans le premier ensemble et par un double tenon-mortaise chevillé dans le deuxième. Deux poteaux latéraux viennent s'assembler en tête aux chevrons, au faux-entrait et à l'écharpe par des mi-bois et, en pied, à l'entrait par un tenon-mortaise chevillé. Le poinçon et les poteaux reçoivent, à l'exception de F2, les liernes de l'étréssillonement longitudinal qui s'assemblent par des tenons-mortaises chevillés juste sous le niveau des faux-entraits. Les liens du contreventement viennent s'assembler en pied de chacune de ces pièces.

De nombreuses différences structurelles existent entre les fermes du premier et celles du deuxième ensemble. Elles s'observent au niveau, bien sûr, de la section des bois, mais aussi au niveau de nombreux assemblages. Le réemploi des bois de la charpente primitive, dans le premier ensemble, a obligé les charpentiers à utiliser parfois des pièces dont la section n'était pas adaptée à l'usage qu'ils voulaient en faire. Par exemple, pour faire les poteaux latéraux, ils ont été contraints d'utiliser d'anciens chevrons (16 x 14,5 cm) ou des pièces du réseau interne

(16,5 x 15 cm) dont la section est insuffisante pour remplir cette fonction. Ces poteaux doivent en effet comporter en tête, sur moins d'un mètre, quatre assemblages et résister aux efforts de compression transmis par les chevrons et les liernes longitudinales (les poteaux du deuxième ensemble, taillés dans du bois vert, ont 19 x 17 cm de section). Pour remédier à ce handicap, les charpentiers ont décalé de quelques centimètres vers l'ouest les poteaux de l'axe des fermes (fig. 22). Ainsi, les entailles des assemblages à mi-bois pratiquées dans les poteaux sont moins profondes, ce qui présente l'avantage évident de moins affaiblir la pièce.

On peut aussi observer, sur ces poteaux du premier ensemble, que le mi-bois de tête qui les assemble aux chevrons n'est pas chevillé (fig. 22), contrairement à celui des poteaux des fermes du deuxième ensemble. Cette différence s'explique par le fait que sur les chevrons, au niveau de cet assemblage, se trouve l'entaille d'un ancien mi-bois et que le chevillage, recoupant cette entaille, n'aurait pas été efficace.

La particularité de l'assemblage de la croisée des écharpes relève également de cette différence de section entre les bois verts et les bois réemployés. Dans le premier ensemble, l'écharpe nord recouvre toujours l'écharpe sud avec un décrochement sur tout son long de quelques centimètres par rapport au plan de la ferme (fig. 18). Sur le poinçon, l'entaille traversante oblique destinée à l'écharpe sud est plus profonde que celle taillée dans le sens opposé, destinée à l'écharpe nord. Les deux écharpes comportent chacune une entaille à mi-bois pour s'assembler. Dans le deuxième ensemble, l'entaille destinée à l'écharpe nord est plus profonde, permettant de placer les deux écharpes dans un même plan et de pratiquer un recouvrement alternatif (fig. 23).

L'explication de ce décalage des écharpes nord dans le premier ensemble tient, là encore, au réemploi d'anciens bois. Ces derniers comportent plusieurs entailles vides de mi-bois non réemployées, sur une même face, constituant ainsi des points faibles susceptibles de rompre la pièce. Ces bois ont donc été orientés de façon à pratiquer les nouveaux assemblages sur cette même face, garantissant ainsi le réemploi d'anciennes entailles et

⁴⁷. Sorte de mi-bois à rive parallèle, utilisés ici pour réemployer d'anciennes entailles de mi-bois.



Fig. 24: Pied de ferme principale du premier ensemble.

la conservation, sur l'autre moitié de section du bois, de toute une longueur de fibres ligneuses intacte. De plus, les nouvelles entailles pratiquées dans ces pièces, à la croisée des écharpes et au niveau du faux-entrait, ont été taillées au tiers de leur section alors qu'habituellement elles le sont à moitié. Cette précaution permet de conserver un maximum de bois dans des pièces déjà très affaiblies. Le décrochement ainsi obtenu des écharpes nord explique dans le premier ensemble le recouvrement de l'ergot observé au niveau des mi-bois des pieds de ces écharpes.

Dans le premier ensemble, l'assemblage d'origine du pied des chevrons aux entrails, qui n'est préservé qu'au nord de E3 et de E9, se distingue de ceux du deuxième ensemble (fig. 24-25). Il présente en effet un enfourchement très large dans lequel vient se loger tout le pied du chevron, et au sein duquel se trouve un tenon destiné à s'engager dans une mortaise taillée en about du chevron. Ce tenon, qui est perpendiculaire aux arasements et donc à l'axe du chevron, contrebutait ce dernier avec une certaine efficacité. Un décollement⁴⁸ dissimule complètement le tenon

48. Partie de bois enlevée à un tenon.

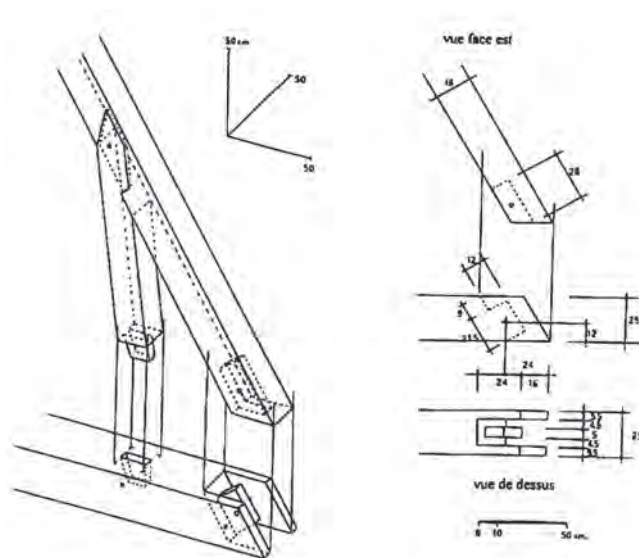


Fig. 25 : Pied de ferme principale du premier ensemble.

lorsque les pièces sont assemblées. À notre connaissance, ce type d'assemblage est le premier à être recensé dans une charpente médiévale. Le seul assemblage qui lui soit comparable se rencontre dans des charpentes des XVI^e-XVII^e siècles au niveau de la jonction des entrails retroussés aux chevrons mais sa fonction est quelque peu différente⁴⁹. Dans le deuxième ensemble, l'assemblage de pied du chevron dans l'entrait se présente sous l'aspect d'un simple tenon-mortaise chevillé. Le tenon du chevron comporte un décollement de façon à ce qu'il puisse venir en butée contre l'about de la mortaise.

L'assemblage de tête des chevrons aux poinçons diffère aussi entre les fermes principales du premier et celles du deuxième ensemble (fig. 26). Dans le premier ensemble, les chevrons réutilisent les anciens assemblages des têtes de poinçons destinés originellement aux chevrons de la charpente primitive. Ils reprennent ainsi le principe de la triangulation en imposant des efforts de compression en tête du poinçon. Dans le deuxième ensemble, la tête des poinçons est taillée d'une très large entaille, face est, dans laquelle vient se loger l'enfourchement de tête des deux chevrons, le tout étant chevillé. Cet assemblage, contrairement au précédent, ne peut pas suspendre efficacement le poinçon aux chevrons et ne tient pas compte de la triangulation. Toutefois, les mi-bois qui assemblent le poinçon au dernier faux-entrait et aux écharpes permettent quand même de le soutenir et de garantir partiellement sa suspension.

Le pied du poinçon est également différent entre ces deux ensembles. En F2, F3 et F9, l'assemblage du poinçon à l'entrait

49. LE PORT 1977a, p. 449 et 562; CRMH 1982d, pl. D 2977.

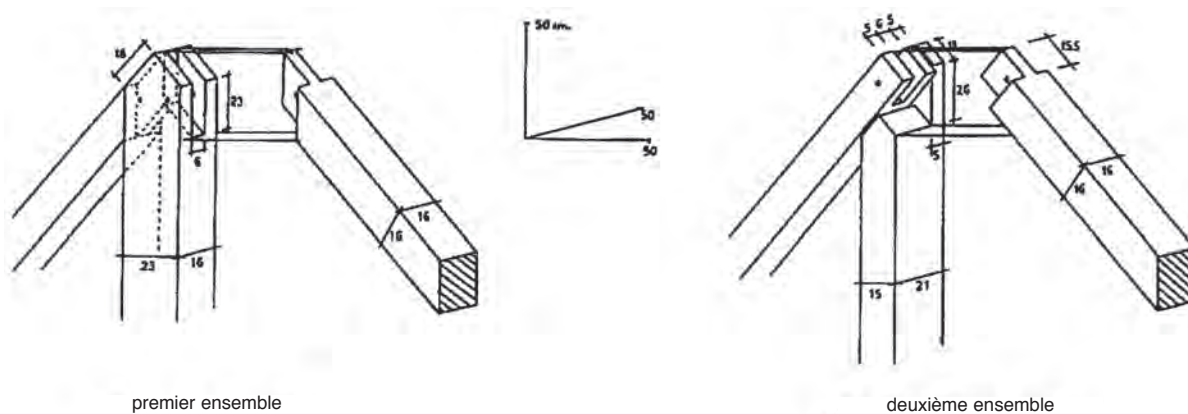


Fig. 26 : Assemblage de tête des poinçons.



Fig. 27 : Pied des poinçons de F2 et F3.

d'origine a été conservé sous la forme d'un tenon-mortaise percé de trois trous de cheville (fig. 27). Dans le deuxième ensemble, le pied des poinçons comporte deux tenons, logés dans deux mortaises distinctes et bloqués par deux chevilles. Ce double tenon-mortaise est obtenu grâce à l'orientation du poinçon qui présente son côté le plus large dans le sens est-ouest, contrairement aux poinçons du premier ensemble, ce qui a permis aux

charpentiers de tailler deux tenons dans le pied du poinçon au lieu d'un seul.

Au début du XIII^e siècle, les fermes principales étaient soulagées aux extrémités des entrants par des consoles constituées vraisemblablement d'un chapeau, sorte de semelle horizontale placée juste sous l'entrant, d'un lien en écharpe, incliné à 70° et fiché directement dans le mur ou reposant sur un dé de pierre, et d'un second lien oblique (fig. 19). Toutes ces consoles ont aujourd'hui disparu. Seules subsistent les cavités dans les maçonneries destinées à recevoir les liens, les dés placés dans le rein des voûtes et les trous de cheville de fixation des semelles dans les entrants.

Ce type de dispositif est fréquent dans les charpentes du début du XIII^e siècle, dont les entrants supportent des efforts de compression au quart ou au tiers de leur portée, efforts transmis par des poteaux latéraux, comme dans les charpentes des cathédrales de Paris, de Meaux et de Soissons. Ces consoles permettent de soulager les entrants de ces charges et de les reporter directement sur les maçonneries.

Sur la quasi-totalité des assemblages de pied de poinçons et de poteaux latéraux qui ont été conservés, des chevilles en fer ont été retrouvées en place dans leur logement d'origine. Seul le tenon-mortaise du poinçon à l'entrant de F42 est calé avec deux chevilles en noisetier.

Ces chevilles en fer forgé ont une section ronde de 2,5 à 3 cm de diamètre, et mesurent entre 26 et 35 cm de long (fig. 28). Leur mise en place au XIII^e siècle pour renforcer l'assemblage de pied des poinçons, fortement sollicité par des efforts de traction, s'explique aisément contrairement à celui du pied des poteaux latéraux qui travaillent eux en compression⁵⁰. Leur datation est attestée par leur blocage dans



Fig. 28 : Cheville métallique (1227-1232d).

les logements d'origine suite à la mise en tension des assemblages et au séchage du bois dès la pose de la couverture. Les extrémités des chevilles qui sortaient en dehors de l'assemblage ont subi une légère corrosion en surface.

L'emploi du fer pour le renforcement des assemblages au XIII^e siècle reste assez exceptionnel. Seule la charpente du dortoir (1221d) de l'abbaye de Bonport à Pont-de-l'Arche (Eure) utilise aussi des chevilles en fer aux tenons-mortaises des pieds de poinçons des fermes triangulées. Les plus anciens comptes de la fabrique de la cathédrale de Rouen, de la fin du XIV^e siècle, mentionnent de nombreuses commandes passées à des « fevres »⁵¹ de « queville carrees, de fiches bretees, de croches, de bendes a queue d'aronde » et « a fret » pour l'usage des charpentiers de la cathédrale⁵².

50. Ces poteaux reçoivent, d'une part, les charges des chevrons qui fléchissent sous le poids de la couverture et, d'autre part, les charges transmises par les liernes et les liens du contreventement longitudinal. Les poteaux travaillent donc en compression sur les entrails et l'usage de chevilles en fer pour leur assemblage de pied peut donc sembler inutile.

51. Forgerons et maréchaux.

52. AD Seine-Maritime, G 2483. En 1433, un compte de la fabrique mentionne une commande passée à « Johan Paen, fabro pro fabricatura [...] pour ung estrief de fer pour soutenir ung sollivel » (AD Seine-Maritime, G 2487).

Les fermes secondaires

Là encore, les fermes secondaires du premier ensemble se distinguent de celles du second ensemble. Les premières sont constituées de deux chevrons, d'un entrail retroussé, d'un faux-entrait, d'un couple d'écharpes, d'un poinçon-haut et, en pied, de deux jambes de force et de deux blochets (fig. 29). Les assemblages et la disposition des faux-entrails, des écharpes et de la partie supérieure du poinçon-haut sont identiques à ceux observés sur les fermes principales de cet ensemble. Les écharpes nord, recouvrant les écharpes sud, présentent un décolllement de quelques centimètres vers l'est du plan des fermes, provoquant au niveau de leur assemblage de pied le recouvrement de l'ergot du mi-bois.

La plupart des tenons bâtards de tête des écharpes, qui ne se rencontrent d'ailleurs que dans ce premier ensemble, s'assemblent à d'anciennes entailles de mi-bois des chevrons (fig. 30). Les autres n'en réutilisent pas et paraissent donc spécifiques à cet ensemble et au réemploi de ces mi-bois.

Toutes les fermes secondaires de ce premier ensemble possèdent un poinçon-haut assemblé aux chevrons par des tenons-mortaises latéraux, aux deux faux-entrails et aux écharpes par des mi-bois. Ces poinçons-hauts sont des réemplois de poinçons de fond recoupés en tête et en pied de

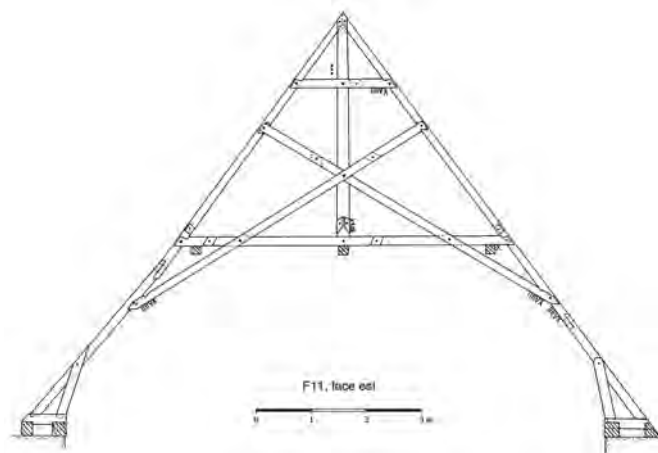


Fig. 29 : Ferme secondaire du premier ensemble.



Fig. 30 : Tête d'écharpe du premier ensemble avec réemploi des mi-bois des chevrons.

façon à ce que certains anciens assemblages puissent être réutilisés dans la nouvelle structure. Les mortaises latérales ayant servi dans la charpente primitive à l'assemblage des sous-chevrons sont réutilisées pour les tenons des chevrons actuels, et l'entaille du mi-bois destinée à l'origine au faux-entrait est réemployée pour l'assemblage du dernier faux-entrait. Il en est de même pour les chevrons, les écharpes et le premier faux-entrait qui exploitent de nouveau les entailles d'anciens mi-bois pour leur disposition actuelle. On est ainsi amené à se demander dans quelle mesure ces réemplois d'assemblages ont pu déterminer, non seulement le tracé d'épure de la ferme du XIII^e siècle, mais aussi l'usage d'assemblage à mi-bois puisqu'à cette époque le tenon-mortaise était déjà largement diffusé et que la présence de plusieurs tenons-mortaises et de mi-bois

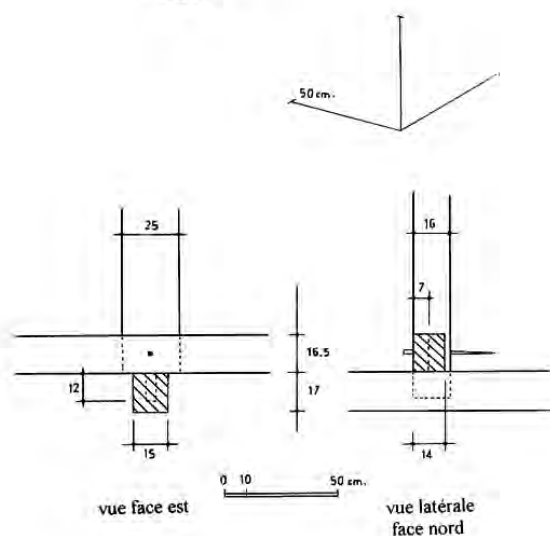
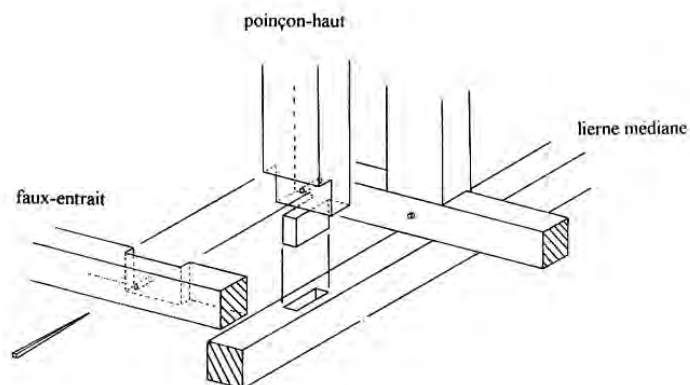


Fig. 31 : Fermes secondaires du premier ensemble : pied des poinçons-hauts.

sur une même pièce constitue un facteur de rupture indéniable⁵³.

L'assemblage du pied de ces poinçons-hauts présente une entaille à mi-bois, dans laquelle vient se loger le premier faux-entrait, et un tenon à l'about qui s'assemble dans une mortaise ménagée dans la lierne médiane de l'étréssillon longitudinal (fig. 31). Le tenon-mortaise n'est pas chevillé contrairement au mi-bois qui permet de suspendre le faux-entrait par triangulation puisque le poinçon-haut est comprimé en tête par les chevrons.

53. Ce double emploi interrompt en effet les fibres ligneuses sur la longueur de la pièce à mi-section (assemblage à mi-bois) et au cœur du bois (mortaise).

Les fermes secondaires du deuxième ensemble, réalisées sans bois de réemploi, présentent un tracé d'épure identique à celui des fermes du premier ensemble, à l'exception du poinçon-haut qui est ici absent. Les chevrons sont assemblés en tête par un enfourchement chevillé dont l'alternance des tenons-mortaises est aléatoire. Chaque couple d'écharpes est disposé dans un même plan, sans aucun décollement et avec un recouvrement là encore aléatoire. Le dispositif des pieds de fermes, constitué d'une entretoise et de courts blochets, est identique pour les fermes des deux ensembles.

Le dispositif longitudinal de report des charges

Dans chaque travée, l'étrésillonnement longitudinal des fermes est assuré par trois cours de liernes placées sous les premiers faux-entrants, un médian et deux latéraux, et par des liens obliques assemblés en tête dans ces liernes et en pied dans les poinçons et les poteaux latéraux (fig. 5, 19 et 20).

Dans le premier ensemble, le cours des liernes s'interrompt entre F1-F2-F3 et entre F9-F10 pour laisser des petites entretoises poursuivre l'étrésillonnement en partie basse des poinçons et des poteaux latéraux (fig. 32). Toutes ces liernes et ces entretoises sont assemblées par des tenons-mortaises chevillés.

On a vu plus haut que les liernes médianes du premier ensemble sont assemblées aux pieds des poinçons hauts des fermes secondaires par un tenon-mortaise non chevillé. Destiné à faciliter le levage des poinçons-hauts, cet assemblage pouvait aussi servir à maintenir l'écartement des fermes comme cela s'observe dans les charpentes du début du XIII^e siècle du réfectoire de l'abbaye de Saint-Martin-des-Champs à Paris⁵⁴ et de l'église de La Madeleine à Troyes⁵⁵ où les faux-entrants sont chevillés aux liernes médianes de l'étrésillonnement longitudinal. Remarquons toutefois qu'ici, aucun système de fixation n'a été relevé entre les faux-entrants et les liernes des fermes du second ensemble.

Chaque lierne est soulagée par deux liens assemblés en tête par un mi-bois à demi-queue d'aronde et, en pied, par un tenon-mortaise dans les poinçons et les poteaux. Seuls les liens de la première travée sont disposés en croix de Saint-André. On doit cette particularité au fait que cette travée ne comporte que cinq fermes secondaires, soit deux de moins que dans les autres travées : la longueur des liernes ne permettait pas de disposer autrement les liens obliques.

Pour les autres travées, les liens forment avec les poinçons et les poteaux un angle variant entre 50° et 58°. Le positionnement



Fig. 32 : Interruption des liernes entre les fermes principales mitoyennes 9 et 10.

des assemblages des liens sur les liernes n'est pas régulier de travée en travée. Cependant, on constate que pour les liens situés dans un même plan latéral, c'est-à-dire pour ceux qui se rattachent aux pieds d'un poinçon et des poteaux d'une même ferme et pour un même côté, les angles formés par ces pièces sont identiques. Cette analogie semble indiquer qu'elles ont été taillées et assemblées à partir d'un même tracé d'épure et qu'il existait un tracé d'épure différent pour chaque plan latéral, c'est-à-dire pour chaque travée. Ceci serait effectivement logique si l'on tient compte des différences de longueurs relevées entre chaque travée.

Ces liens ont pour fonction principale de supporter les liernes auxquelles ils sont assemblés à chaque tiers de leur longueur. Ils soulagent donc les entrants retroussés de leurs charges au milieu de leur longueur et à leurs extrémités. Les liernes latérales sont placées au point le plus proche de l'assemblage des faux-entrants aux chevrons, là où les efforts de compression sont les plus

54. LE PORT 1977a, p. 405.

55. CRMH 1982b, pl. D 6916.

importants. Ce dispositif d'étrésillonnement longitudinal permet de reporter sur les fermes principales les charges des fermes secondaires par l'intermédiaire des liernes. Ceci explique donc le souci qu'ont eu les charpentiers au XIII^e siècle de vouloir renforcer les entrails par des consoles reprenant les charges des poteaux latéraux et par des chevilles en fer en pied des poinçons afin de garantir l'effet de la triangulation et compenser les charges transmises aux poinçons.

Ce dispositif témoigne des premières tentatives de soulagement des travées réalisées dans la première moitié du XIII^e siècle, avec des liernes disposées en partie basse des fermes sous les premiers faux-entrails et dans les plans latéraux de la charpente comme dans les cathédrales de Paris et de Meaux ou dans l'église Notre-Dame de Mantes⁵⁶. On remarque dans ces premiers dispositifs que l'usage des liernes latérales est systématique alors que celui des liernes axiales l'est beaucoup moins puisqu'il suppose l'existence d'un poinçon de fond et l'application de la triangulation pour soulager l'entrait. D'autre part, les charges sont beaucoup plus importantes sur les plans latéraux, au plus près des chevrons, qu'au milieu de la charpente. Cette disposition des liernes et des poteaux latéraux placés au niveau de l'assemblage des premiers faux-entrails aux chevrons n'est pas sans rappeler d'autres formes expérimentales qui répondent à cette même volonté de soulager les travées pour concentrer les charges sur les fermes principales, notamment dans les granges du Val-de-la-Haye (1216-1220d) en Seine-Maritime ou de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais (1220d). Dans chacune de ces granges, la nécessité de libérer les travées se manifeste : la charpente est en effet portée sur une trame de piliers comme dans les cathédrales gothiques.

Dans le courant du XIII^e siècle, les liernes disparaissent des plans latéraux pour se limiter uniquement à l'axe des fermes et, après le milieu du XIII^e siècle, on voit apparaître les premières pièces de faitage et de sous-faitage dans la partie haute des fermes, c'est-à-dire aux endroits où le contreventement est le plus efficace⁵⁷. Cet abandon des liernes et des poteaux latéraux justifie vers le milieu du XIII^e siècle la disparition progressive des consoles qui étaient destinées à reporter les charges de ces poteaux latéraux sur les maçonneries.

Explication de la trame du premier ensemble

Il a été mis en évidence que dans les fermes du premier ensemble, de nombreuses dispositions ont été prises pour pallier l'insuffisance de section des bois de réemploi. Les écharpes nord et les poteaux

latéraux sont tous désaxés afin d'éviter que les entailles des mi-bois ne soient trop profondes. La section des bois réemployés en poteaux latéraux est de 16 x 15 cm alors que ceux nouvellement taillés pour le deuxième ensemble sont de 17 x 19 cm de section. Il en est de même pour les entrails : 27 x 26 cm pour ceux du premier ensemble contre 35 x 37 cm pour ceux du deuxième, ce qui constitue une différence considérable. Il est donc logique que les charpentiers aient, là aussi, cherché à soulager au maximum les entrails, et ce grâce à deux dispositifs. Le premier consiste à mettre en place, dans les fermes secondaires, des poinçons-hauts qui suspendent les premiers faux-entrails par triangulation, contribuant à soulager les liernes longitudinales ainsi que les poteaux latéraux des fermes principales, destinés à les recevoir. Le deuxième dispositif utilise directement la trame de la charpente en juxtaposant côte à côte plusieurs fermes principales de façon à interrompre le cours longitudinal des liernes pour ne transmettre sur ces fermes que les charges d'une seule travée au lieu de deux si le cours des liernes était continu. Cette subdivision permet de réduire de moitié les charges transmises aux fermes principales et de soulager ainsi les entrails dont la section est insuffisante pour résister à une répartition normale des charges d'une structure tramée. Il s'agit de l'unique exemple recensé à ce jour d'un système de décharge et d'adaptation des structures lié à un réemploi de bois et à un défaut de section.

La pente

L'inclinaison des fermes de cette charpente est de 54°, approximativement comme celle de la charpente réemployée. Caractéristique de la fin du XII^e-début du XIII^e siècle, cette pente s'inscrit dans un processus de redressement des combles lié à l'adaptation des charpentes à l'architecture gothique et, par conséquent, à l'apparition des structures tramées au XII^e siècle. En effet, avec les nouvelles charpentes tramées, il fut nécessaire d'accroître l'inclinaison des versants pour diminuer la poussée latérale transmise aux murs gouttereaux par les fermes secondaires. Ces dernières, contrairement aux fermes principales à entrait, s'écartent à leur base, exerçant des contraintes latérales que seul le relèvement de l'inclinaison des versants ou le renforcement des pieds de ferme, comme ici avec le surdimensionnement des entretoises et l'assemblage doublement chevillé des blochets, peut restreindre. Cette réduction des charges permet de réduire l'épaisseur des murs gouttereaux et d'ouvrir de grandes verrières, selon les modèles de l'architecture gothique.

Le mode de couverture

Aucune source écrite ni archéologique n'a permis jusqu'à présent de connaître la nature des matériaux de couverture des toitures

56. CRMH 1982b, pl. D 6988, D 6985 et D 6909.

57. LE PORT 1987, p. 368.

de la cathédrale du XIII^e siècle. Il existe cependant, dans le troisième ensemble (F46-F58), dans la partie reconstruite en 1683, des éléments de chevrons du XIII^e siècle réemployés montrant leur ancienne face externe et donc les traces de ces matériaux de couverture. Comme sur les bois de la charpente précédente, on relève une succession de paires de clous distants de 17 cm en moyenne, destinés à la fixation des voliges et, entre certaines paires, des clous conservant parfois des fragments de plomb. Un système identique à celui de la charpente de la fin du XII^e siècle se retrouve donc ici, avec une couverture de tables de plomb fixées sur les voliges et sur les chevrons par leurs rebords supérieurs, et par le recouvrement des rebords latéraux entre chaque table.

Les premiers comptes conservés de la fabrique de la cathédrale mentionnent en 1383 des « *plomies* » ou « *plombario* »⁵⁸ sans détailler leurs activités et, au début du XV^e siècle « *l'establie de la plomerie a serer les tables de plomb* »⁵⁹. Par la suite, il sera toujours fait mention de tables de plomb pour les réfections de couverture des grandes toitures de la cathédrale et de la tour de la croisée du transept⁶⁰. Les bas-côtés, les chapelles latérales et le « *revestiaire* » ne seront, eux, jamais couverts en plomb mais, à diverses époques, en tuiles⁶¹, en essentes⁶² ou en ardoises à partir de la seconde moitié du XV^e siècle⁶³.

Les bois

Tous les bois du second ensemble, comme ceux du premier, présentent au niveau des entailles des assemblages, en coupe transversale, des rayons ligneux bien apparents caractéristiques du chêne. Cette essence de bois a toujours été utilisée en charpenterie en raison de sa résistance particulière aux efforts de flexion, de compression et de traction ainsi qu'aux maladies comme la lunure ou la roulure auxquelles le châtaignier est, lui, très souvent sujet, le rendant impropre à la construction. Les chevilles



Fig. 33 : Marque déformée par une fente de séchage.

d'origine, de section carrée, sont également en chêne à l'exception des deux en noisetier du pied du poinçon de F42 qui ont remplacé celles en fer à une époque indéterminée.

Dans ce deuxième ensemble, les nombreuses marques d'assemblages, recoupées et déformées par des fentes de dessiccation, suite au retrait du bois, témoignent indéniablement que le séchage est intervenu après la mise en œuvre des bois et qu'ils ont été travaillés verts (fig. 33). Cet usage du bois vert est une règle générale dans les charpentes médiévales en raison de la facilité de taille et de mortaisage que procure un bois encore gorgé d'eau et de l'impossibilité économique de stocker des grumes pendant plusieurs années (problèmes de vols, de conditionnement, d'entretien, de prévisions budgétaires, etc.)⁶⁴.

Les chevilles ont également été taillées dans du bois vert. Un compte de 1553 mentionne l'achat d'« *une piece de boys vert a faire des chevilles pour les crevons [chevrons]* »⁶⁵ ce qui est logique en raison de la facilité de fendage que procure un bois vert par rapport à un bois sec.

Tous les bois mis en place au XIII^e siècle sont des bois de brin⁶⁶, conservant beaucoup d'aubier et d'écorce. Comme pour les pièces du premier ensemble, leur équarrissage à la doloire a été minimal et la section des bois abattus correspondait exactement aux besoins de cette charpente. Ce travail du bois a dû se faire à proximité de l'aire d'épures, à l'intérieur même de la nef de façon à limiter les

58. AD Seine-Maritime, G 2483.

59. AD Seine-Maritime, G 2485.

60. En 1560 : « *Audit Lemelle et Richet plombiez pour avoir ouvré [...] a mectre soudure tant es allees de hault en la tour de la gresle tour comme en plusieurs lieux sur la nef de la dicte eglise* » (AD Seine-Maritime, G 2493).

61. Sur la chapelle Notre-Dame en 1434 (AD Seine-Maritime, G 2487), sur les chapelles Saint-Fiacre et Saint-Romain en 1480 (AD Seine-Maritime, G 2510), sur la chapelle Saint-Pierre et Saint-Paul en 1488 (AD Seine-Maritime, G 2512) et sur les bas-côtés de la nef et du chœur à la fin du XV^e siècle (AD Seine-Maritime, G 2512, G 2513).

62. Une couverture en essentes est mentionnée sur la chapelle du revestiaire en 1458 (AD Seine-Maritime, G 2492) et sur l'ancienne librairie en 1464 (AD Seine-Maritime, G 2500) et en 1476 (AD Seine-Maritime, G 2506).

63. Premières mentions d'ardoise en 1466 (AD Seine-Maritime, G 2501) et 1469 (AD Seine-Maritime, G 2505).

64. Seuls les menuisiers utilisaient parfois du bois séché pour leurs travaux comme en 1467 pour la fabrication des stalles du chœur de la cathédrale « *A Jehan Boucher huchier marchand de aes demourant a la rue percie a Rouen pour l'achat de XXVI aes de quesne scechez de dix pies de long et de deux pousses de refait ou environ pour servir en planches desdictes chaeres parmy d'aultres aes verts [...]* ». (AD Seine-Maritime, G 2502).

65. AD Seine-Maritime, G 2548.

66. Pièce conservant le cœur de l'arbre dans lequel il a été taillé.

opérations de manutention et de levage des pièces lors de la mise en place de la charpente⁶⁷.

Une loge, située à proximité, permettait aux charpentiers d'entreposer leurs outils. Cette loge fut par la suite permanente sur le chantier de la cathédrale en raison des travaux d'entretien et de restauration qu'il fallait y entreprendre. Cette « *loge des charpentiers* » mentionnée en 1386 et en 1434 était distincte de celle des maçons et se situait au pied et « *au devers* » de la tour Saint-Romain, au nord de la cathédrale⁶⁸.

La consommation en bois d'œuvre

Connaissant le nombre de fermes de la charpente de la nef romane, estimé à 62, il est permis d'estimer la quantité de grumes consommées sachant que la longueur maximale d'une grume est celle d'un chevron et que toutes les pièces sont des bois de brin. Ainsi, pour une ferme, on compte à chaque fois une longueur de grume pour l'entrait, le poinçon, un chevron, un sous-chevron, deux jambes de force avec une contrefiche, la deuxième contrefiche avec un tirant, et le second tirant avec le faux-entrait, soit 9 grumes en tout pour une seule ferme. On dénombre ainsi $9 \times 62 = 558$ grumes pour la charpente de la nef romane puisque toutes ces fermes sont identiques et non étrépillonnées. Parmi ces grumes, il faut compter cependant une très grande majorité (80 % environ) de bois de faible section (16 x 15 cm). Seuls les entrails et les poinçons réclamaient des bois de forte section (27 x 26 cm et 25 x 16 cm).

Pour la charpente à structure tramée mise en place au début du XIII^e siècle sur la nef avec des bois de premier emploi, il faut compter pour une ferme principale à chaque fois une longueur de grume pour le poinçon, l'entrait, un chevron, les deux faux-entrails, les deux poteaux latéraux, les consoles et deux grumes pour les deux écharpes avec les deux jambes de force soit 9 grumes en tout. Pour une ferme secondaire, on dénombre 5 grumes⁶⁹, et pour les éléments de l'étrépillonnement longitudinal et les entretoises pour une travée de sept fermes secondaires, 5 grumes⁷⁰, soit 49 grumes en tout pour une travée ($9 + 5 \times 7 + 5$).

Sachant qu'il restait à couvrir, sur la nef, cinq travées avec du bois de premier emploi (puisque six travées sur les onze de la nef ont utilisé du bois de réemploi), on compte pour la

construction de la charpente de la nef $253 \text{ arbres} - 5 \times 49 + 8$ (F18). D'autre part, sachant que chaque bras du transept devait compter 30 fermes (19,65 m de longueur / 0,66 m d'entraxe de ferme) dont cinq principales, réparties en quatre travées, et le chœur cinq travées de sept fermes secondaires chacune⁷¹ avec une croupe estimée à 30 grumes environs, on obtient une consommation totale pour les grandes charpentes de la cathédrale de 906 grumes⁷², en supposant que la charpente du chœur et des transepts était identique à celle de la nef.

Sur ces 906 grumes, seulement 80, soit 8,8 %, ont été taillées pour des pièces d'une section supérieure ou égale à 26 x 26 cm (entrait et entretoise) ou d'une section dont l'un des côtés est de 26 cm (poinçon). Toutes les autres (91,2 %) ont servi pour des pièces de section moyenne 15 x 16 cm. Neuf arbres sur dix abattus étaient donc de faible section.

À simple titre de comparaison, il fallait, pour la charpente non tramée de 58 m de long sur 12 m de large, abattre 558 arbres dont 20 % de forte section. Pour le XIII^e siècle et pour une charpente à structure tramée, sur une nef de dimensions analogues, il fallait abattre 547 arbres⁷³ dont 8,4 % de forte section⁷⁴. Dans le cas présent, le passage d'une structure romane – où chaque ferme possède un entrait – à celle d'une charpente gothique tramée n'a donc pas entraîné de réduction en quantité de la consommation en bois d'œuvre, même si la seconde économise plus sur les bois de forte section que la première. Ce qui a été gagné par la suppression des entrails a été perdu par la nécessité de mettre en place l'étrépillonnement longitudinal, le contreventement et les entretoises. Ce simple exemple ne peut évidemment pas être révélateur d'une tendance et n'autorise bien sûr aucune généralisation. Toutefois, il met en garde contre les interprétations trop rapides portées sur l'évolution des formes des charpentes des XII^e-XIII^e siècles qui tendent trop souvent à n'y voir qu'un problème d'économie en bois d'œuvre sans que soient prises en compte les adaptations de la charpente à l'évolution de l'architecture et la nécessité d'appliquer les nouveaux principes isostatiques de stabilité comme la triangulation ou l'étrépillonnement longitudinal.

67. En 1478, lors de la construction de la librairie, le chantier des charpentiers était situé dans « *l'estre de l'église* », dans le cimetière devant le parvis, à quelques dizaines de mètres du bâtiment (AD Seine-Maritime, G 2508).

68. AD Seine-Maritime, G 2483 et G 2487.

69. 2 grumes pour les deux chevrons, 2 grumes pour les deux écharpes, les deux jambes de force et les deux blochets et 1 grume pour les deux faux-entrails.

70. 1 grume pour les deux sablières, 3 grumes pour trois liernes et trois liens de contreventement et 1 grume pour les trois liens restants.

71. $27,38 \text{ m (longueur du chœur)} / 0,66 \text{ m (entraxe des fermes XIII}^{\text{e}}) = 41,5$; $41,5 \text{ (nombre de fermes dans le chœur)} / 5 \text{ (nombre de travées du chœur)} = 8,2$: nombre de fermes par travée (1 principale et 7 secondaires). Les charpentes actuelles des bras du transept et du chœur datent de 1822.

72. Nef : $5 \times 49 + 8$ (F18) = 253; transept : $2 \times (5 \times 8 + 25 \times 5 + 4 \times 6) = 378$; chœur : $5 \times 49 + 30 = 275$.

73. $11 \text{ travées} \times 49 + 8$ (ferme principale d'extrémité) = 547

74. 4 pièces de forte section par travée (poinçon, entrait et deux entretoises) et celles de la ferme principale d'extrémité.

Le marquage des bois⁷⁵

La numérotation des fermes (fig. 34)

De la charpente mise en place sur la nef au début du XIII^e siècle, il ne subsiste que les fermes comprises entre F1 et F45, soit 50 % de la structure d'origine (29,26 m sur 59 m de longueur de nef). Le troisième ensemble (F46-F58) daté de 1683 a réemployé quelques pièces marquées de la charpente du XIII^e siècle, complétant ainsi sa numérotation jusque dans ce troisième ensemble⁷⁶.

La numérotation des fermes du premier ensemble est constituée uniquement de chiffres romains dont la succession ne correspond à aucune suite numérique. Comprises entre I et XXVIII, les marques n'ont entre elles aucun rapport séquentiel (ordre croissant/décroissant) ou distinctif (ferme principale/secondaire). Certaines sont même répétées deux fois. Elles n'ont donc aucune valeur ordinale au sein du plan de la charpente. Ce marquage, sans contremarque, ne servait ainsi qu'à différencier les pièces pour le montage *stricto sensu* d'une ferme et non pour la mise en place d'un ensemble de fermes au sein d'un plan cohérent préétabli. Ce type de numérotation est, à notre connaissance, unique puisque tous les marquages en chiffres romains recensés, dont les premiers apparaissent à la fin du XII^e siècle, respectent toujours des séries continues⁷⁷. Il s'apparente de loin aux marquages utilisant des signes particuliers, qui ne répondent également à aucune logique ordinale, comme dans la charpente du chœur de l'église Saint-Pierre de Gonesse, de la fin XII^e-début XIII^e siècle⁷⁸.

La localisation des marques de cet ensemble obéit à des principes de marquage qui facilitent le travail du levageur au moment de la mise en place des pièces d'une ferme. Elles répondent donc à des usages et à des pratiques qui sont propres à chaque équipe de charpentiers.

Ici, les marques sont toutes situées sur les faces internes des pièces, en pied pour les éléments verticaux et obliques, et sur l'extrémité nord pour les éléments horizontaux comme les faux-entraits. Chaque marque renvoie à une autre identique au droit de l'assemblage (fig. 35)⁷⁹. Cette règle sera toujours appliquée



Fig. 35 : Marques d'assemblage en pied d'écharpe.

dans cette charpente à l'exception de l'assemblage des poinçons-hauts des fermes secondaires avec les premiers faux-entraits. Les marques des faux-entraits et des écharpes sont situées sur leur face inférieure. Les poteaux latéraux nord sont tous marqués en pied, au nord, alors que tous les poteaux sud le sont au sud. Les poinçons-hauts des fermes secondaires sont marqués au nord, en réponse au marquage des faux-entraits. Les poinçons de fond sont, quant à eux, marqués indistinctement au nord comme au sud.

Ces marques ont été gravées à l'aide d'une rainette, petit outil dont la lame recourbée laisse sur les bois une incision caractéristique (fig. 36). La lecture attentive de ces incisions permet de savoir dans quel sens le trait de la marque a été gravé, ce qui revient à retrouver le véritable sens de lecture de ces marques. L'amorce du trait est adoucie et convexe tandis que son arrêt est net et concave. Ainsi, d'après ces incisions et le fait que toutes ces marques sont inscrites sur la bordure de l'arête

75. Aucune trace de lignage n'a été relevée. En revanche, les traces de piquages (tracé du profil de l'assemblage) sont assez nombreuses, aussi bien sur les mi-bois que sur les tenons-mortaises.

76. Entre parenthèses figurent les marques relevées sur les bois du XIII^e siècle réemployés dans la structure de 1683.

77. Cathédrale Saint-Pierre de Lisieux, fin XII^e siècle; n° 18, rue Saint-Romain à Rouen, entre 1201 et 1216 (PITTE et LESCROART 1991, p. 68).

78. BONTEMPS 1984, p. 150.

79. Principe qui permet au levageur, lors du montage des fermes, de reconnaître plus facilement l'assemblage de deux pièces.



Fig. 36 : Marque de la ferme 15 gravée à la rainette.



Fig. 37 : Ferme 34 : marque d'assemblage à connotation sexuelle.

est de la face d'inscription des pièces (face interne), les marques doivent se lire XLI et non IVX⁸⁰. L'écriture des chiffres romains est donc respectée à l'exception des V qui sont toujours renversés.

La numérotation des fermes du deuxième et du troisième ensemble (restitué) dans le plan de la charpente se présente comme une suite de séries continues et discontinues de marques sans contremarque, en chiffres romains, gravées exclusivement sur les fermes secondaires entre lesquelles s'intercalent des signes particuliers sur les fermes principales. Certains de ces signes particuliers sont à connotation sexuelle (F26 et F34) ce qui est relativement fréquent dans le métier de charpenterie (fig. 37).

La première série est discontinue : elle débute en F21 à la marque I, progresse dans le sens est-ouest jusqu'à XII en F33 en sautant la ferme principale F26 sans décompte, puis reprend en

F20 à XIII pour terminer dans le sens inverse de progression (ouest-est) en F19 à XIII.

La deuxième série est continue mais plus courte : elle évolue de F35 à F41, dans le sens est-ouest, de I à VII.

Le principe de marquage des pièces à l'intérieur des fermes, de F18 à F42, est identique à celui des fermes du premier ensemble : localisées sur la face externe des pièces, en pied des éléments obliques et verticaux et aux extrémités nord des pièces horizontales. On note, de plus, un marquage de la tête des chevrons des deux versants ainsi que de la tête des poinçons. Par ailleurs, les chiffres inscrits aux extrémités des faux-entrants et en pied des écharpes se situent ici sur les faces supérieures des pièces alors qu'elles étaient précédemment inscrites sur les faces inférieures. Les marques qui leur correspondent sur les chevrons se retrouvent ainsi déplacées. On constate aussi que le marquage des poteaux latéraux et des poinçons est toujours situé sur la face nord, alors qu'auparavant, il était situé au nord pour les poteaux nord, au sud pour les poteaux sud, et indistinctement pour les poinçons.

Toutes ces marques ont été gravées à l'aide d'une rainette. Leur écriture est inversée par rapport à celle du premier ensemble

80. En considérant que la lecture se fait de gauche à droite. Le nombre XVI sert de référence par convention puisqu'il associe les trois principaux types de chiffres de la numérotation romaine X, V et I.

puisque selon les incisions de la rainette et leur position sur les faces où ils sont inscrits, les chiffres doivent se lire IVX et non plus XΛI⁸¹.

La troisième série débute par une ferme vierge de toute marque, en F43, et commence sa numérotation en F44 à I, suivi de II en F45. La suite est interrompue par la charpente de 1683. On a déjà relevé cette absence de marquage dans la charpente romane réemployée, comme dans d'autres charpentes des XII^e-XIII^e siècles⁸², et compris que cette omission prend valeur de signe au sein d'une numérotation.

Parmi les réemplois de pièces du XIII^e siècle dans la charpente de 1683, on relève trois marques V, VI et XIII qui proviennent de cette troisième série. Elles étaient probablement situées respectivement à l'emplacement des fermes actuelles F48, F49 et F57⁸³. Nous aurions ainsi une troisième série allant de I à XIII avec un sens de progression est-ouest. Deux marques particulières étaient destinées aux fermes principales.

Dans cette troisième série, les faux-entrants et les écharpes sont marqués aux deux extrémités, sur les faces internes supérieures. Ainsi, les chevrons nord et sud sont marqués au droit de tous leurs assemblages, même au niveau de leur enfourchement de tête. Le marquage des deux extrémités de chaque pièce est inutile ici puisque la forme des mi-bois suffisait au levageur pour orienter la pièce au sein de la ferme⁸⁴. Ce surnombre d'inscription se comprendrait donc difficilement s'il ne permettait pas de distinguer ces fermes de celles des autres séries.

L'écriture de ces chiffres, gravés à la rainette, se distingue encore une fois des précédentes puisque les chiffres se lisent XVI, et non plus IVX ou XΛI, avec toujours un sens de lecture gauche-droite.

L'utilisation, dans un plan de charpente, d'une numérotation en chiffres romains destinée aux fermes secondaires et d'une autre en signes particuliers pour les fermes principales est rarissime. Seule la charpente de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux, datée de 1182/1183d, présente une numérotation analogue. Ce qui est cependant beaucoup plus courant, toutes époques confondues, c'est un marquage distinctif en chiffres romains pour les fermes principales et pour les fermes secondaires (exemple : I I II III IV II V VI VII VIII III VIII X...).

81. En gardant un sens de lecture gauche-droite.

82. Charpente du chœur de l'église Saint-Pierre de Gonesse (BONTEMPS 1984, p. 150); charpente disparue de la grange de l'abbaye de Chaloché à Chaumont-d'Anjou (ID. 1995a, p. 59).

83. La restitution des emplacements des fermes principales et des fermes secondaires du XIII^e siècle dans le troisième ensemble se fait par décompte de sept fermes secondaires par travée en partant de la dernière ferme principale en place (F42).

84. La généralisation des tenons-mortaises qui, à l'inverse du mi-bois, ne rendaient pas possible l'orientation des pièces selon la seule forme de l'assemblage, a contraint les charpentiers du XIII^e siècle à inventer des systèmes de latéralisation.

L'examen de ces marques, de leur répartition au sein des fermes et de leur écriture met ainsi clairement en évidence trois types de marquage différents : le premier attribué aux fermes du premier ensemble, le deuxième de F18 à F41, le troisième de F42 à la dernière ferme. Cette subdivision se retrouve sur le plan structurel avec des assemblages de pied de chevrons dans les entrants et des tenons bâtards en tête d'écharpes qui ne se rencontrent que dans le premier ensemble⁸⁵.

L'existence de ces trois séries distinctes de fermes, qui utilisent toutefois un même registre de marques, témoigne d'un partage du travail d'exécution de la charpente en plusieurs équipes de charpentiers, caractérisées par leurs propres techniques de marquage. Cette distinction du marquage devait éventuellement permettre de ne pas confondre au sol les bois exécutés par ces différentes équipes. Il est exclu cependant d'y voir plusieurs campagnes de construction d'époques différentes en raison de la relative homogénéité des structures et des assemblages sur l'ensemble de la charpente et de l'absence de trace de cloisonnement provisoire du comble entre ces séries.

La numérotation du dispositif longitudinal (fig. 38)

Elle concerne toutes les pièces intervenant dans le contreventement et l'étrésillonnement des fermes à savoir les poinçons, les poteaux latéraux, les liernes et les liens obliques⁸⁶. La plupart des marques se situent sur les faces inférieures des liernes et sur les faces internes des liens et des poteaux. Le report des marques au droit d'un assemblage sur la pièce associée est toujours respecté sauf pour chaque poteau latéral de F26 où la marque chevauche l'assemblage des deux pièces, servant ainsi également de signe d'appareillage.

Les liernes sont marquées à une seule extrémité, à l'est comme à l'ouest, à l'exception des liernes médianes de la troisième et de la quatrième travée est qui le sont aux deux extrémités mais avec deux marques différentes. L'extrémité marquée de la lierne détermine la marque du pied du lien assemblé de ce côté. L'autre lien de la lierne porte en général une autre marque, à l'exception de ceux de la deuxième travée est.

Les marques sont essentiellement des signes particuliers. Aucune correspondance entre les travées, entre les cours du contreventement ou encore entre ces signes et les marques des fermes ou des séries de fermes n'a pu être relevé. En dépit de la diversité de leur graphisme, la répartition de ces marques semble relativement homogène, ce qui suppose une exécution de l'étrésillonnement longitudinal réalisée par une seule et même équipe de charpentiers, contrairement à l'ensemble des fermes.

85. Différences qui ne sont pas liées aux problèmes de réemploi des anciens bois.

86. Les poinçons et les poteaux latéraux possèdent donc tous un marquage pour la ferme et un deuxième marquage pour l'étrésillonnement.

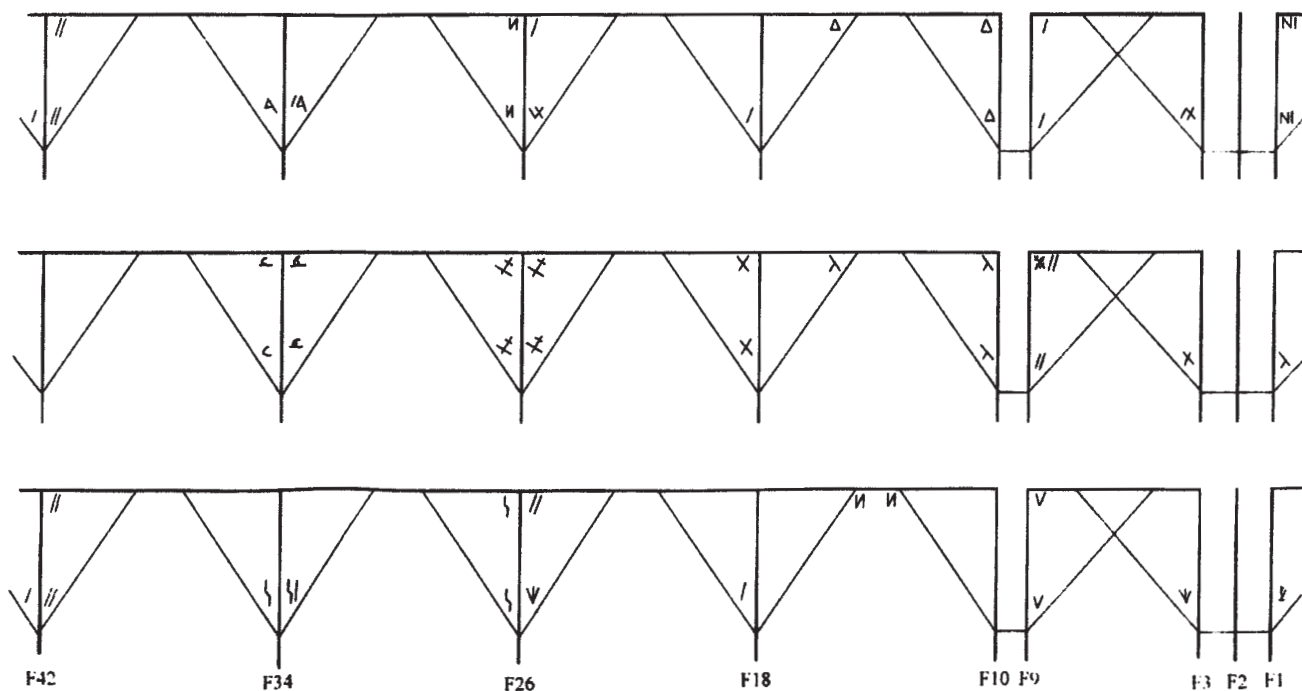


Fig. 38 : Marquage des trois cours de liernes longitudinales avec leurs liens.

La mise en place de la charpente

Le sens de montage de cette charpente se détermine par le sens du chevillage des fermes et par l'orientation de leur face d'établissement. En effet, pour mettre en place une ferme d'une charpente à chevrons-formant-fermes, les charpentiers prennent appui sur les fermes déjà montées, assemblent et chevillent les mi-bois face à eux. On conçoit mal un mi-bois chevillé du côté opposé à sa face d'établissement, dans le vide, surtout avec des chevilles de 40 cm de long.

La face d'établissement de ces fermes est toujours orientée à l'est et le chevillage de leurs assemblages est orienté est-ouest. La charpente du XIII^e siècle a donc été mise en place sur la nef selon un sens de progression est-ouest, en évoluant de la croisée du transept vers le pignon occidental.

Le sens de la numérotation des marques d'assemblage n'est pas, dans le cas présent, un critère de détermination fiable. En effet, le levage des fermes n'est pas censé respecter obligatoirement le sens croissant de la numérotation. Les charpentes du chœur et du transept nord de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux (1192-1206d) présentent une numérotation des fermes inversée par rapport au sens du chevillage⁸⁷, et des assemblages à mi-bois chevillés par leur face d'établissement⁸⁸. La mise en place d'une charpente ne respecte donc pas nécessairement la gradation du marquage de ses fermes.

Le levage de cette charpente s'est effectué travée par travée, en disposant en priorité les fermes principales, les entretoises et les

liernes longitudinales. Les écharpes de ces fermes principales ont été posées après l'assemblage des liernes aux poteaux latéraux comme en témoigne leur chevillage qui n'aurait pu se faire en présence des écharpes. Les fermes secondaires ont été mises en place après les fermes principales et les éléments longitudinaux d'une travée puisque ces dernières leur servent de support. Ce décalage explique peut-être la double numérotation de ces fermes et la continuité de la numérotation des fermes secondaires sans décompte pour les fermes principales.

Pour faciliter la manutention des pièces dans la charpente, de longues chevilles ont été placées dans les poteaux latéraux et dans les poinçons pour servir d'échelons aux charpentiers. Ces chevilles, dont certaines sont toujours en place, sont toutes traversantes et équidistantes d'environ 40 cm.

Les voûtes de la nef ont été construites après la pose de la charpente et de la couverture, comme cela était le cas pour la plupart des édifices⁸⁹ de façon à permettre le séchage des

87. Toutes les chevilles sont d'origine.

88. Sur les fermes de la charpente de la cathédrale de Rouen, les marques d'assemblage sont inscrites sur la bordure interne de la face d'établissement, située à l'est. Ces marques, destinées à être lues au moment du levage des fermes, étaient disposées sur les bois en fonction de la lecture que les charpentiers pouvaient en faire à ce moment, et donc en fonction de leur position dans la charpente lors de l'assemblage des pièces.

89. PRACHE 1995, p. 35.

maçonneries des voûtes et pour faciliter les travaux de levage des pierres. Mais il ne faut pas oublier aussi que le levage de la charpente s'opérait à l'intérieur du vaisseau principal grâce à des engins fixés aux entrants, ce que des voûtes auraient rendu impossible, sinon par l'extérieur.

Datation

La présence des différents types d'assemblages relevés dans cette charpente et leur répartition au sein des fermes sont caractéristiques du début du XIII^e siècle avec des tenons-mortaises en pied de fermes⁹⁰, dans l'étré sillonnement longitudinal⁹¹ et des mi-bois à demi-queue d'aronde et avec ergot dans le restant de la ferme. Certains dispositifs s'inscrivent aussi dans le courant du premier tiers du XIII^e siècle comme celui des liernes latérales destinées à répartir les charges des fermes secondaires sur les fermes principales, liées à la mise en place de consoles sous les entrants. Le marquage des assemblages et la pente du comble sont plutôt attribuables à la fin du XII^e ou au début du XIII^e siècle et le renforcement du dispositif de pied des chevrons ainsi que les grandes écharpes couplées à des faux-entrants à la première moitié du XIII^e siècle. En outre, l'analogie entre l'épure des fermes de la charpente de la cathédrale de Bayeux, du début du XIII^e siècle, et celle des fermes la cathédrale de Rouen semble confirmer une mise en place dans les premières décennies du XIII^e siècle.

Tous les référentiels typologiques sont donc en concordance et attestent l'édification de cette charpente dans le premier tiers du XIII^e siècle, ce qui s'accorde avec le contexte historique de la reconstruction de la cathédrale.

Les neuf échantillons prélevés dans les bois du XIII^e siècle et analysés en 1998 par le laboratoire de Besançon n'ont malheureusement pas pu être synchronisés avec une courbe chronologique. Reprises en 2006 par le laboratoire de Rennes, mises en corrélation avec les récentes références régionales, ces données ont permis de fournir une proposition de **datation entre 1227 et 1232**. Un texte tiré de la chronique de la cathédrale évoque justement l'arrivage de bois d'œuvre coupés dans la forêt de Louviers, située en amont de Rouen au bord de la Seine, en 1227⁹². Cette mention pourrait se rapporter à la construction de la charpente de la nef.

90. Cathédrale de Bayeux : début XIII^e siècle (CRMH 1982b, pl. D 2557-60) ; salle des États généraux du château de Blois : début XIII^e siècle (CRMH 1982b, pl. D 6981).

91. Église Notre-Dame à Étampes : début XIII^e siècle (CRMH 1982b, pl. D 6907-6908).

92. « E chronico Rotomagensi », *Recueil des Historiens des Gaules et de la France*, t. XXIII, 1876, p. 333. Je tiens à remercier vivement M. Jacques Le Maho de m'avoir transmis cette précieuse information.

Les travaux de restauration et de reconstruction

La campagne de 1683

En 1686, dom Pommeraye rapporte, dans son histoire de la cathédrale de Rouen, que :

le 25 juin 1683, la ville de Rouen fut désolée par un orage [...] L'impétuosité du vent, jointe à la gresle, donna tant de force contre le portail que trois tourelles qui en faisoient le principal ornement, furent abattues. Elles tombèrent sur la couverture du bas de la nef et crevèrent une arcade de la voûte, dont le débris accabla entièrement le positif de l'orgue et causa plusieurs ruines⁹³.

Les dégâts occasionnés par cet orage ont entraîné la réfection des fermes 46 à 58 de la charpente.

Parmi les pièces justificatives des comptes de la fabrique figure le devis de charpenterie daté du 7 septembre 1683⁹⁴. Il mentionne la mise en place d'une charpente à chevrons-formant-fermes de 13 fermes dont trois à entrants « *comme celles qui y sont de présent* », c'est-à-dire selon la disposition des pièces et les assemblages du XIII^e siècle. Effectivement, la charpente est identique à celle du XIII^e siècle avec en supplément dans les fermes principales la présence de sous-chevrons pour raidir la partie inférieure des fermes, de moises pendantes clavetées en pied des poinçons et des poteaux latéraux, un étré sillonnement longitudinal en partie haute et quelques ferrures tels des boulons clavetés sur certains assemblages (fig. 5-6).

Ce fac-similé de charpente gothique peut surprendre sachant qu'à la fin du XVII^e siècle les techniques de charpenterie permettaient de construire une structure plus économique en bois d'œuvre avec des assemblages plus stables que des mi-bois, abandonnés depuis presque 500 ans. La préservation de l'uniformité structurelle de la nef devait paraître comme un gage de stabilité pour le maître charpentier qui a par ailleurs mis en place trois fermes principales sur cette travée alors que deux eussent largement suffi.

Les déformations de la charpente

Des entrants d'origine, il ne subsiste que ceux des fermes 2, 3, 9 et 42. Tous les autres, à l'exception de ceux de la charpente de 1683, présentent un équarrissage à la scie de long, une section identique et paraissent donc avoir été mis en place lors d'une même campagne de restauration, lors de l'installation des

93. POMMERAYE 1686, p. 33.

94. AD Seine-Maritime, G 2818.

dispositifs d'étalement en milieu des travées⁹⁵. Des entretoises et des sablières semblent appartenir à cette même campagne.

Cette substitution des entrails des fermes principales est intervenue manifestement à la suite de la rupture des entrails préexistants. Un mémoire de charpenterie dressé par le chapitre de la cathédrale en décembre 1721 montre bien l'affection qui touche particulièrement les entrails de cette charpente. Il mentionne, pour les combles de la nef, « deux sommiers qui sont hors d'état de subsister, un estant cassé et l'autre estraité ou de deux pièces [entrait constitué de deux pièces assemblées par une enture], et tous deux fléchis et en estat de tomber sur la creste des voulttes »⁹⁶. De même, une délibération de la chambre ecclésiastique du diocèse de Rouen, datée du 13 avril 1759, rapporte que « l'énorme pesanteur des couvertures de plomb, à force de souler sur les charpentes, a causé la rupture de presque toutes les poutres ou sommiers qui sont au dessus des voulttes, que plusieurs des poutres fléchissant sur les dictes voulttes y ont causé des fractures et lézardes qui annoncent leur chute prochaine »⁹⁷. Déjà au XVI^e siècle, les problèmes de rupture des entrails étaient fréquents, comme en 1540 où « ung sommier estoit tombé pres de la voulte du comble de la croizée du portail des Libraires »⁹⁸ et en 1567 où il fallut « amoisé [moiser] ung grand sommier qui estoit rompu »⁹⁹.

En 1759, suite à la rupture des entrails, un « toisé » fut dressé par un marchand de bois dénommé Gardien pour la livraison à la fabrique de la cathédrale de Rouen de 18 « sommiers » de plus de 11 m de long, de 84 « décharges » et de 30 « étais »¹⁰⁰. L'ensemble de ces pièces devaient servir au renforcement des fermes principales par des décharges obliques¹⁰¹ et par le remplacement de leur entrait ainsi qu'à la mise en place de dispositifs d'étalement constitués chacun d'un entrait, de trois poteaux supportant les liernes d'étrésolement et d'un couple de décharges obliques. Les prélèvements dendrochronologiques réalisés sur ces bois ont confirmé un abattage dans les années 1758-1759.

La rupture de ces entrails a provoqué un léger affaissement de la charpente, affaissement qui s'observe encore aujourd'hui entre F18 et F42. Tout le dispositif de l'étrésolement longitudinal s'est en effet incliné vers le bas, entraînant les fermes secondaires qui reposaient en grande partie sur les liernes. La raison de ces ruptures d'entrails semble liée à l'état défectueux des consoles, actuellement disparues, qui n'ont pu soulager les entrails au

niveau des poteaux latéraux, provoquant ainsi une surcharge fatidique. L'arrêt de cet affaissement aux fermes du premier ensemble témoigne bien de l'efficacité du dispositif de soulagement des entrails, lié aux défauts de section des bois de réemploi, qui a su les prémunir d'une telle rupture.

Notons enfin la présence de marques de marchand sur ces entrails¹⁰² et sur la plupart de ces décharges qui permettaient d'identifier l'atelier d'origine de ces pièces, en l'occurrence ici le marchand de bois Gardien mentionné dans le toisé de 1759.

Les autres restaurations de cette charpente ont porté essentiellement sur les pieds de fermes, versant sud, notamment en 1882 où la quasi-totalité des jambes de force, des entretoises et des pieds de chevrons sud ont été remplacés. Les tables de plomb, particulièrement exposées aux variations de température sur le versant sud, auraient subi le jeu de la dilatation provoquant ainsi plus d'infiltrations sur ce versant que sur l'autre.

Concernant les structures incendiées en 1822, en dehors de la nef, les pièces justificatives des comptes de la fabrique de la cathédrale conservent le contrat passé en 1529 avec « Laurens et Robert Becquet, maîtres de charpenterie a Rouen »¹⁰³ pour la reconstruction complète de la charpente du chœur de la cathédrale, suite manifestement aux dégâts causés par l'incendie de la flèche en 1514¹⁰⁴. Ce texte et d'autres mentions de travaux d'entretien évoquent une structure presque identique à celle de la nef¹⁰⁵, avec cependant des assemblages à tenons et mortaises, un faîtage et un sous-faîtage supplémentaires, à l'image des combles des bras du transept représentés sur un dessin de E.-H. Langlois en 1823¹⁰⁶. Ce dessin, exécuté un an après la destruction de ces charpentes, est à interpréter avec beaucoup de prudence.

À noter enfin l'existence de la charpente de la chapelle de la Vierge, épargnée par l'incendie de 1822 et datée de 1315 par dendrochronologie¹⁰⁷. Subsistent également parmi les bâtiments archiépiscopaux attenants à la cathédrale, la charpente voûtée à chevrons-formant-fermes, anciennement lambrissée, de 1272d de la maîtrise Saint-Évode et, sur le bâtiment principal de l'archevêché, en réemploi, les bois de sa charpente du XV^e siècle également voûtée et lambrissée.

95. Ces derniers sont pour certains composés de bois de réemploi, visiblement des XV^e-XVI^e siècles

96. AD Seine-Maritime, G 4422.

97. AD Seine-Maritime, G 5421.

98. AD Seine-Maritime, G 2822.

99. AD Seine-Maritime, G 4422.

100. AD Seine-Maritime, G 2792.

101. Assemblées par emboîtement en tête dans le poinçon et en pied dans l'entrait, ces décharges récupèrent les charges verticales des poteaux latéraux par des mi-bois boulonnés pour les reporter aux extrémités des entrails, contribuant ainsi à les soulager de ces efforts de compression.

102. Marques visibles sur la figure 3 sur le flanc de l'entrait de F26 et F34.

103. AD Seine-Maritime, G 2816.

104. Selon l'historien rouennais Farin, la flèche du transept en 1514 « tomba sur les voulttes du chœur » (FARIN 1738, p. 171).

105. « [...] ung pignon et comble prest et levé en place et agree en toute chose de leur mestier de charpenterie [...] de grandeur competente ainsi qu'il appartient tout tel et semblablement et de la facon comme est celui de present estant sur la nef d'icelle eglise, reservé que davantage pour ce que les pieces de boys qui sont au comble de ladite nef ne sont que entailles et chevilles [assemblages à mi-bois] et celles dudit cueur seront a tenon et mortaise [...] ». AD Seine-Maritime, G 2816; G 2822.

106. LANGLOIS 1823, p. 2.

107. Archéolabs réf. ARC93/R1444D.

PONT-DE-L'ARCHE (EURE), ABBAYE DE BONPORT

SITUÉE sur les bords de la Seine, en aval de Pont-de-l'Arche, l'abbaye cistercienne Notre-Dame de Bonport a été fondée en 1189 par Richard Cœur de Lion¹. Une copie du début du XIV^e siècle de la charte de confirmation de 1198 par Richard détaille les donations et les privilèges que ce roi octroya aux moines de Bonport². D'après Annick Gosse-Kischinewski, cette fondation serait née d'une volonté de coopération politique en juillet-août 1189 entre Richard et Philippe Auguste pour établir sur la Seine, entre Rouen et Paris, un axe de libre circulation commerciale et un point de contrôle économique entre le duché de Normandie et le royaume de France³. Le choix des cisterciens pour leurs compétences en matière de gestion économique ne serait pas étranger à cette volonté politique.

Les douze moines qui constituèrent la première communauté venaient de l'abbaye cistercienne Notre-Dame-du-Val dans le domaine royal, affiliant ainsi Bonport à l'ordre de Cîteaux⁴. Cette nouvelle communauté monastique reçut en donation des mains de Richard de nombreuses possessions royales, tant en terres qu'en revenus et droits, avec notamment le droit de prendre dans la forêt attenante de Bord le bois nécessaire à la construction de leurs édifices. La charte mentionne aussi la création d'une « grange » dotée de terres près de la forêt d'Eawy.

Grâce à la protection royale dont elle bénéficiait, à l'efficacité des cisterciens en termes de gestion du patrimoine foncier et à sa proximité d'un axe de circulation commerciale de première importance, l'abbaye de Bonport connut très vite une prospérité économique qui lui permit d'achever la construction de son église abbatiale, aujourd'hui disparue, avant 1244. Une bulle papale, datée du 13 juin 1244, accorde en effet 20 jours d'indulgences à tous les fidèles qui visiteront l'église de l'abbaye le jour de l'Assomption⁵. D'après les analyses dendrochronologiques réalisées sur les charpentes de l'abbaye⁶, l'ensemble des bâtiments conventuels attenants à cette église furent achevés avant cette date. Comme on le verra plus loin en détail, la chronologie des différents bâtiments est désormais bien établie grâce à ces analyses qui présentent des dates d'abattage des bois à l'année près, sachant que la pose de la charpente suit aussitôt l'abattage des bois. Ainsi, le dortoir et le chauffoir sont achevés en 1221, la grange de la ferme attenante à l'abbaye en 1228, et le réfectoire en 1241 avec probablement les cuisines.

La guerre de Cent Ans épargna en grande partie les bâtiments conventuels de l'abbaye à l'exception du cloître qui fut reconstruit entre 1387 et en 1399. D'importantes sommes d'argent furent données aux religieux par le roi Charles VI, notamment le 24 avril

1. GOSSE-KISCHINEWSKI 2007.

2. BnF, ms. lat. 13906, Cartulaire de l'abbaye Notre-Dame de Bonport.

3. GOSSE-KISCHINEWSKI 1993, p. 28 et Id. 2007.

4. CHEVALIER 1904, p. 4.

5. ANDRIEUX 1862, p. 130, charte CXXXI.

6. BERNARD et LE DIGOL 2005b.

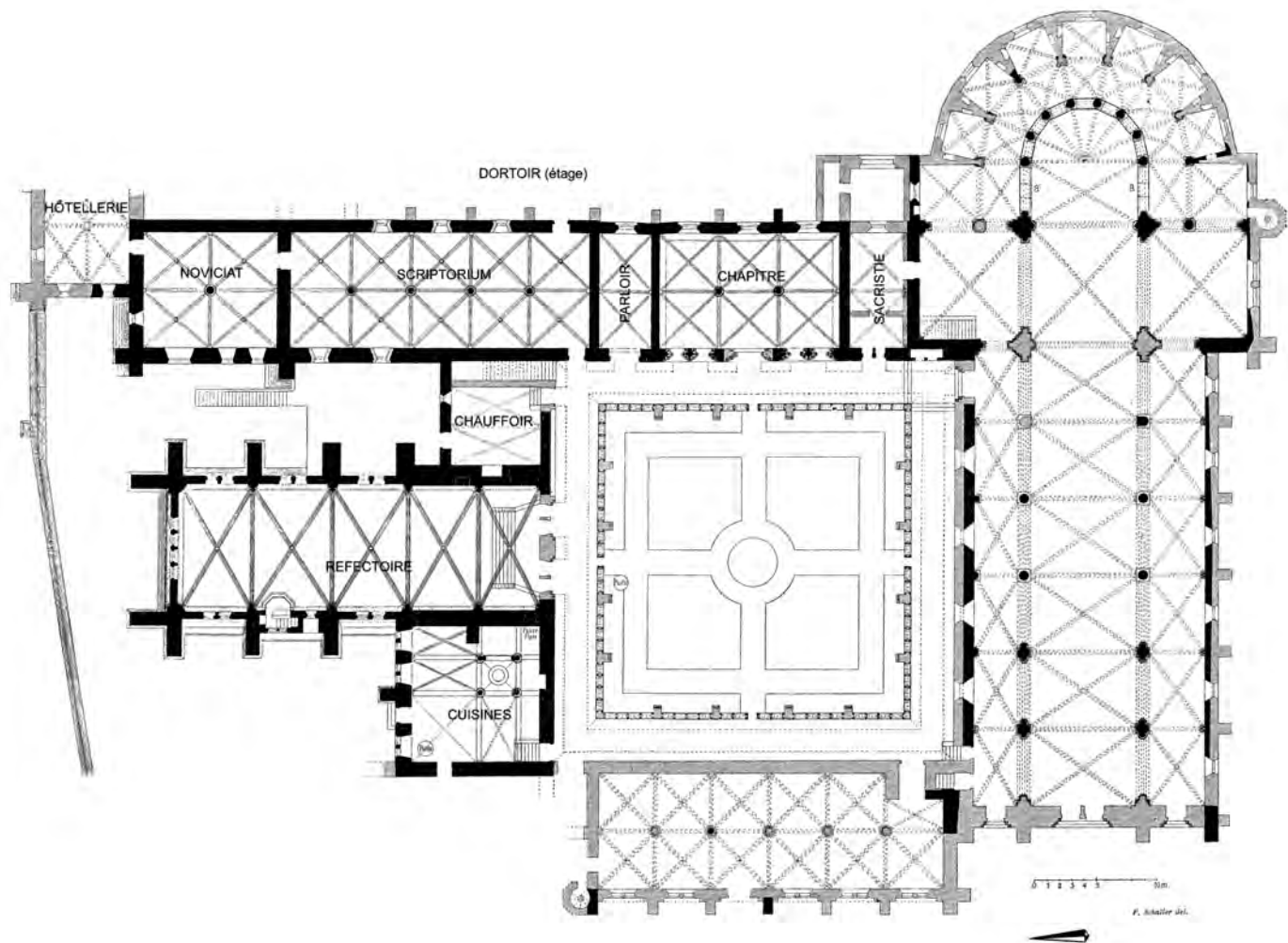


Fig. 1 : Plan de l'abbaye de Bonport avec restitution des bâtiments disparus.

1387 où il accorda par une charte « *cinq cens francs d'or à prendre et avoir pour une fois sur la vente des bois de Boord et de Roumare* »⁷ pour couvrir probablement les frais de restauration de l'église abbatiale.

En 1465, lors du siège de Pont-de-l'Arche par les armées de Louis XI, une partie des troupes logea dans les « *manoirs, maisons, cloîtres et au corps de ladite église* », provoquant des dégâts que dut rembourser le roi par le versement à l'abbaye de 300 livres tournois⁸.

Avec l'instauration de la commende en 1536, le nombre de moines se réduisit à une quinzaine et les bâtiments, par manque d'entretien, se dégradèrent sérieusement. Ce n'est qu'au XVIII^e siècle

que fut entreprise, sous l'abbatiat de Melchior de Polignac et surtout sous celui de l'abbé de Chabannes, la rénovation de l'abbaye. En 1731, le premier étage du dortoir fut compartimenté en cellules desservies par un long corridor, l'ancien chauffoir remplacé par un escalier et les murs du XIII^e siècle percés de larges ouvertures. Le cloître fut entièrement reconstruit en 1752⁹.

Vendue aux enchères publiques comme bien national en 1791, l'abbaye fut transformée en carrière de pierre. L'église abbatiale, le cloître et le bâtiment des convers furent détruits. Ce n'est qu'en 1874 que le domaine fut sauvé de la ruine, grâce à son nouveau propriétaire, Ferdinand Lenoble, qui restaura l'ensemble des bâtiments conventuels et réhabilita le dortoir en habitation.

7. ANDRIEUX 1862, p. 400, charte CCCLXIX.

8. *Ibid.*, charte CCCLXX.

9. CHEVALIER 1904, p. 9.



Fig. 2 : Aile orientale du cloître avec les ouvertures de la salle capitulaire au rez-de-chaussée et le dortoir à l'étage.

Classée Monument historique en 1942, l'abbaye a conservé quelques-uns de ses bâtiments d'origine, le dortoir, le réfectoire, le chauffoir et la cuisine (fig. 1). Des caves subsistent, dont l'entrée a cependant été obturée au début du XX^e siècle.

Le dortoir

D'axe nord-sud et bordant le côté nord de l'ancien cloître, le dortoir mesure 67 m de long pour 11,50 m de large (fig. 2). La plupart des voûtements d'origine du rez-de-chaussée ont été préservés lors des aménagements du XVIII^e siècle.

Du sud au nord, le bâtiment comprend : l'ancienne sacristie, transformée aujourd'hui en cuisine avec un plafond du XVIII^e siècle; la salle capitulaire, primitivement couverte de six croisées d'ogives retombant sur deux colonnes cylindriques au centre; l'ancien parloir; le scriptorium, constitué au XIII^e siècle de cinq travées divisées en deux vaisseaux par une file de quatre colonnes; et enfin le noviciat, élevé sur un cellier et couvert de quatre croisées d'ogives retombant sur un pilier central.

À l'étage, le dortoir occupait au XIII^e siècle toute la longueur du bâtiment et était couvert d'une vaste charpente voûtée et lambrissée. Recoupé par un plafond au XVIII^e siècle, il est



Fig. 3 : Charpente du dortoir (1221d).

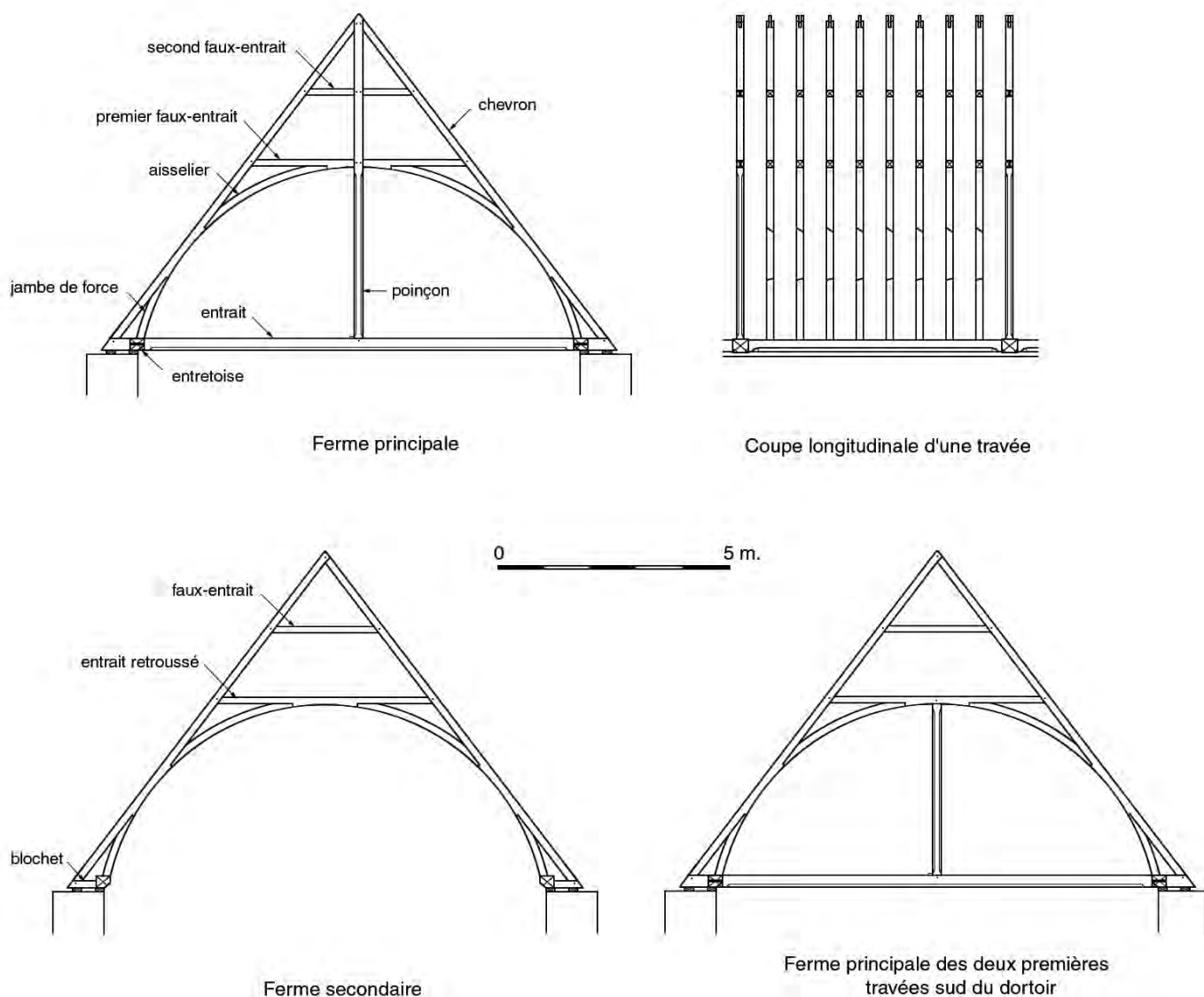


Fig. 4 : Charpente du dortoir (1221d) : fermes et coupe longitudinale d'une travée.

aujourd'hui compartimenté en dix chambres disposées le long d'un couloir ouvert à l'ouest sur le cloître et auquel on accède par un escalier aménagé dans l'ancienne salle du chapitre. La partie méridionale des combles, au-dessus de la sacristie, du chapitre et du parloir, a été cloisonnée pour accueillir le logement des domestiques. Tous les murs porteurs sont du XIII^e siècle. Les ouvertures d'origine ont été bouchées ou transformées au XVIII^e siècle.

Le comble de l'ancien dortoir est constitué sur toute sa longueur d'une charpente homogène à chevrons-formant-fermes, subdivisée en dix travées inégales (fig. 3). Les analyses

dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes sur cette charpente, et notamment à chacune de ses extrémités, ont permis de dater précisément l'abattage de l'ensemble de ses bois en 1221. L'homogénéité structurelle de cette charpente confirme cette unique phase d'abattage et de mise en place en 1221, datant ainsi l'achèvement de cet édifice. Par ailleurs, les datations de la charpente du chauffoir attenant au dortoir ont abouti aux mêmes résultats, avec un abattage en 1221, ce qui suppose que ce bâtiment a été édifié avec le dortoir.

Chaque travée de la charpente du dortoir est composée d'une ferre principale à entrait et poinçon, et d'un nombre de fermes secondaires variable entre 6 et 9 (fig. 4). L'aménagement des



Fig. 5 : Ferme principale.

logements des domestiques dans la partie sud du comble n'a pas entraîné de modification de la charpente.

Les fermes principales sont formées de deux chevrons, de deux faux-entraits, d'un couple d'aisseliers et de jambes de force, d'un poinçon et d'un entrait. Ce poinçon s'assemble en tête dans le premier faux-entrait sur les deux premières travées sud tandis que sur les autres fermes principales, il monte jusqu'en tête des chevrons pour fonctionner en triangulation et suspendre l'entrait (fig. 5). De simples chanfreins sont taillés aux arêtes inférieures de l'entrait et aux quatre angles du poinçon, du pied jusque sous le premier faux-entrait. Des traces d'un décor polychrome sont encore visibles en sous-face des entrails sous la forme de motifs géométriques de couleurs noire et ocre mais leurs tracés demeurent illisibles dans l'ensemble.

Le pied des poinçons s'assemble dans l'entrait par un tenon taillé en demi-queue d'aronde rentrant dans une mortaise de même profil. Une cale appelée rossignol bloque l'assemblage en comblant le vide nécessaire à l'encastrement du tenon (fig. 6).



Fig. 6 : Pied de poinçon bloqué par une cheville métallique et un rossignol.

Une cheville en fer, longue en moyenne de 43 cm, de 3,5 cm de diamètre et à tête carrée, assure la fixation de cet assemblage comme dans la charpente de la nef de la cathédrale de Rouen, vers 1230d.

Les fermes secondaires reproduisent le même schéma sans le poinçon ni l'entrait. Leurs chevrons sont repris en pied par de courts blochets assemblés à une forte entretoise (32 x 34 cm) tenonnée aux flancs des entrails et recevant le pied des jambes de force (fig. 7). Un chanfrein très sobre est taillé sur l'arête inférieure interne de ces entretoises.

L'assemblage à tenon-mortaise domine dans l'ensemble de cette charpente. Seules la tête des jambes de force et les extrémités des aisseliers comportent parfois un simple embrèvement à about biais et chevillé (fig. 8).

Toutes ces fermes présentent une courbure naturelle des jambes de force et des aisseliers ainsi qu'un délardement des chevrons et des premiers entrails retroussés dont le profil s'inscrit parfaitement dans un arc en plein cintre. Les nombreux clous présents sur la face interne de ces bois témoignent de l'existence d'une ancienne voûte lambrissée sur toute la longueur de la charpente du dortoir.

Apparemment, il n'y avait pas à l'origine de système d'étrésillonement longitudinal des fermes. Les liernes que l'on



Fig. 7 : Pied de fermes secondaires : blochets assemblés aux chevrons et à l'entretoise.



Fig. 8 : Mortaises vides et entailles d'embrèvements des aisseliers et des jambes de force aux chevrons.



Fig. 9 : Dévers accidentel des fermes du dortoir.

voit actuellement disposées sur les premiers faux-entrants semblent avoir été mises en place après coup, suite au déversement de plusieurs fermes vers le sud (fig. 9).

L'homogénéité des bois, des structures et des assemblages confirme une unique campagne de mise en place en 1221. L'absence d'étrésillonnement longitudinal, les assemblages par embrèvements chevillés, le chevillage métallique et la fausse triangulation des premières fermes principales sont des techniques propres aux charpentes de cette période. Notons que dans la couverture actuelle du dortoir se trouvent en réemploi de nombreuses tuiles vernissées et chevillées de grand format vraisemblablement d'origine médiévale.

Le marquage des assemblages est conservé sur l'ensemble des fermes de cette charpente (fig. 10). Il utilise les chiffres romains selon différents procédés répartis en cinq séries distinctes. La première s'observe sur les deux premières travées sud, à partir de

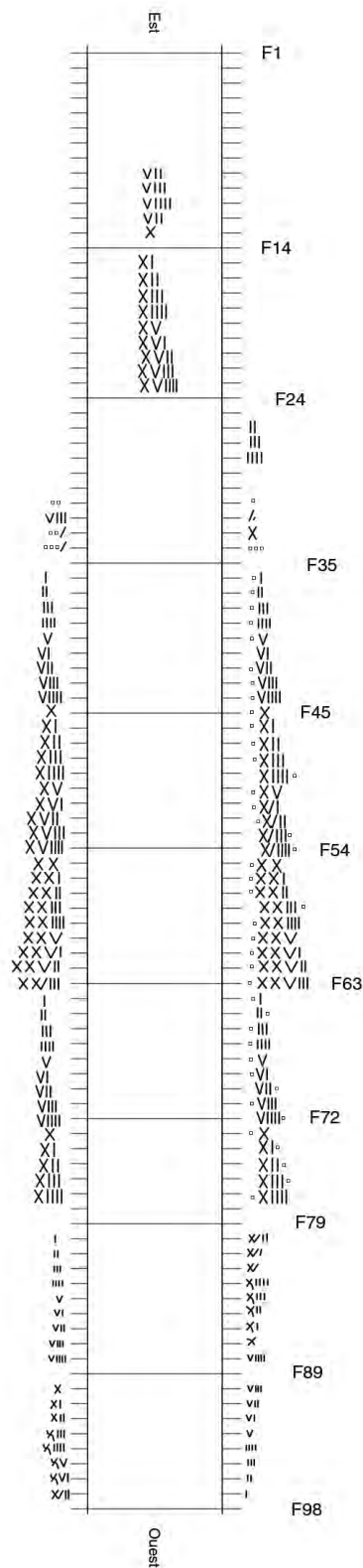


Fig. 10 : Plan de localisation des marques d'assemblage des fermes du dortoir.

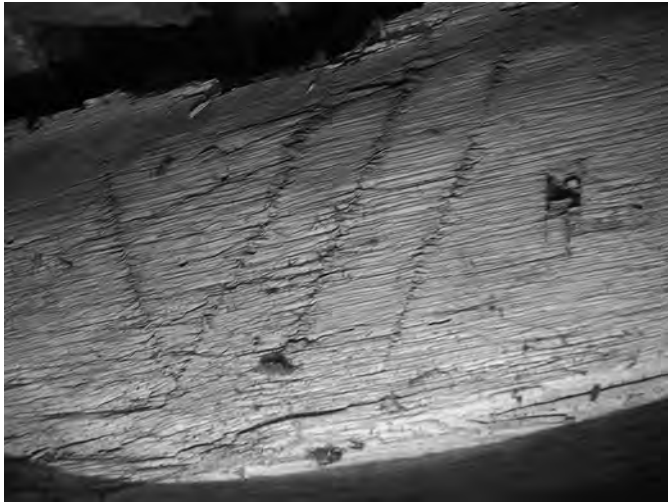


Fig. 11 : Marque en chiffres romains suivie d'une encoche.

la neuvième ferme, mais n'a pu être relevée qu'en tête des chevrons. Elle constitue une série continue et progressive de VII à XVIII, marquée au traceret, en « sautant » les fermes principales non marquées. La seconde série concerne la troisième travée mais semble incomplète : elle mélange alternativement des chiffres romains à la rainette et des marques à encoches (fig. 11). Leur répartition est aléatoire et n'apporte que peu d'informations contrairement à la troisième série, mieux conservée. Chevauchant trois travées, elle se caractérise par une suite continue de I à XXVIII, marquée au traceret, toujours du sud vers le nord, avec une encoche en supplément pour les marques inscrites sur les bois du versant ouest. Les fermes principales sont ici incluses dans la numérotation comme la série qui se développe sur les deux travées suivantes avec les mêmes procédés. Enfin, sur les deux dernières travées de cette charpente, une cinquième série de marques en chiffres romains s'organise selon deux progressions inversées : l'une allant de I à XVII du sud vers le nord pour les

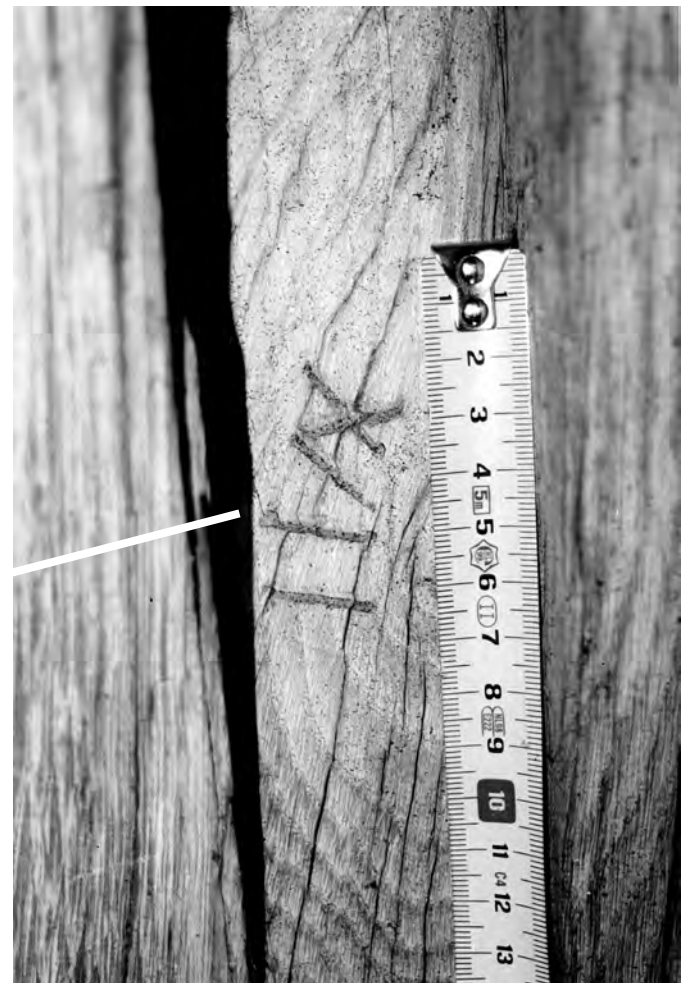


Fig. 12 : Marque d'assemblage de la ferme 80 inscrite dans la mortaise.

bois du versant est, et l'autre de I à XVII, mais du nord vers le sud pour les bois du versant opposé. Ces marques, gravées à la rainette, ont des dimensions très réduites par rapport aux précédents et sont parfois inscrites dans le creux des mortaises (fig. 12). Les fermes principales, non marquées, sont exclues de la série.

Le sens d'enfoncement du chevillage correspond au sens de la progression numérique du marquage des bois, du sud vers le nord.

Enfin, on peut constater que cette charpente n'eut pas trop à souffrir des dégradations et restaurations de l'édifice. Seuls les aisseliers et les derniers entrants retroussés des fermes secondaires ont été supprimés, en vue probablement de leur réemploi dans les nombreuses cloisons rajoutées au XVIII^e siècle dans ce bâtiment. Plusieurs fermes se sont déversées vers le sud, par manque d'étré-sillonnement, et ont été conservées en l'état lors de la dernière reprise de la couverture.

Le chauffoir

Occupant l'angle nord-ouest du cloître et disposé perpendiculairement au dortoir, le chauffoir possédait originellement un rez-de-chaussée voûté de croisées d'ogives avec une cheminée dont plus rien ne subsiste. L'étage était, comme le dortoir, couvert d'une charpente voûtée et lambrissée. Un grand escalier d'honneur, mis en place au XVIII^e siècle, dessert aujourd'hui plusieurs pièces aménagées à chaque étage, et un couloir d'accès pour les combles du dortoir et du réfectoire.

Les analyses dendrochronologiques pratiquées par le laboratoire de Rennes sur la charpente du comble du chauffoir ont daté l'abattage des bois en 1221, comme ceux du dortoir. Cette charpente est par ailleurs identique à celle du dortoir : la seule distinction réside dans l'absence du deuxième faux-entrait en partie haute des fermes. Sinon, ces fermes présentent une même disposition des pièces, une absence de contreventement, une section similaire des bois avec un ancien voûtement lambrissé. Le marquage des assemblages est également identique à celui des troisième et quatrième séries avec une suite continue, inscrite à la rainette, progressant de I à XIII, dans le sens inverse du chevillage, avec une encoche rajoutée aux marques des bois du versant sud. Les datations dendrochronologiques et la similarité des charpentes entre le dortoir et le chauffoir permettent de supposer que ces deux charpentes ont été réalisées par les mêmes équipes de charpentiers.

La toiture du chauffoir était à l'origine comprise entre deux murs pignons qui existent toujours dans les combles et qui témoignent de l'indépendance primitive des toitures du chauffoir, du dortoir et du réfectoire. On peut encore distinguer contre le

pignon oriental du chauffoir, au pied des fermes du dortoir, le négatif d'un chéneau destiné à évacuer les eaux de la toiture du dortoir. Le raccord entre ce pignon et la toiture du dortoir a été rajouté à l'époque moderne avec des pannes et un chevronnage léger.

On peut remarquer l'absence de trémie dans la partie centrale de cette charpente et contre les deux pignons pour le passage d'une éventuelle hotte de cheminée, liée aux activités du chauffoir. Si une cheminée existait dans ce chauffoir, elle était donc placée le long d'un mur gouttereau, probablement le gouttereau sud. La base des fermes étant dissimulée par les plafonds modernes, il est difficile de le prouver.

Au XVIII^e siècle, les combles ont été aménagés pour recevoir des logements. Les fermes ont heureusement été conservées, seules des cloisons en plâtre ont été posées entre les pièces principales de la charpente.

Le réfectoire

Orienté nord-sud et ouvert sur la galerie nord du cloître, le réfectoire des moines est un vaste bâtiment de 31,56 m de long sur 11,56 m de large, construit sur une forte déclivité du terrain qui explique en partie la saillie de ses contreforts (fig. 13). Il est subdivisé en cinq travées couvertes de voûtes d'ogives plates dont les nervures retombent sur des colonnes engagées de cinq colonnettes à chapiteaux à crochets (fig. 14 et 15). Ces faisceaux de colonnettes s'arrêtent chacun sur une console sculptée à la hauteur d'un ressaut qui court sur le pourtour du réfectoire au niveau de l'appui des baies. Les travées septentrionales sont ouvertes de baies constituées de deux lancettes surmontées d'un oculus tandis que le pignon comprend quatre lancettes couvertes de trois oculi polylobés d'une grande sobriété. La baie du pignon méridional a été murée tardivement et conserve quelques vestiges de grandes rosaces polylobées. Les deux travées sud attenantes aux cuisines et au chauffoir sont aveugles. Le passe-plat d'origine, encore peint, est parfaitement conservé, ainsi que quelques éléments de la chaire située en hauteur dans l'épaisseur du gouttereau ouest, de la quatrième travée. Les voûtains sont encore recouverts en partie d'un enduit blanc avec un décor de faux-appareillage de couleur ocre qui devait aussi recouvrir les murs. Enfin, le décaissement du sol au XIX^e siècle ou au début du XX^e a laissé apparaître une plate-bande surélevée contre les murs qui ceinture le dallage d'origine, de facture très sobre, constitué d'un réseau de petits carreaux rouges et noirs, sans glaçure, répartis en cinq bandes parallèles longitudinales.

Le comble a été aménagé en grenier à l'époque moderne et a connu quelques modifications comme la suppression des



Fig. 13 : Réfectoire, élévations est avec la chaire arrachée.



Fig. 14 : Réfectoire.

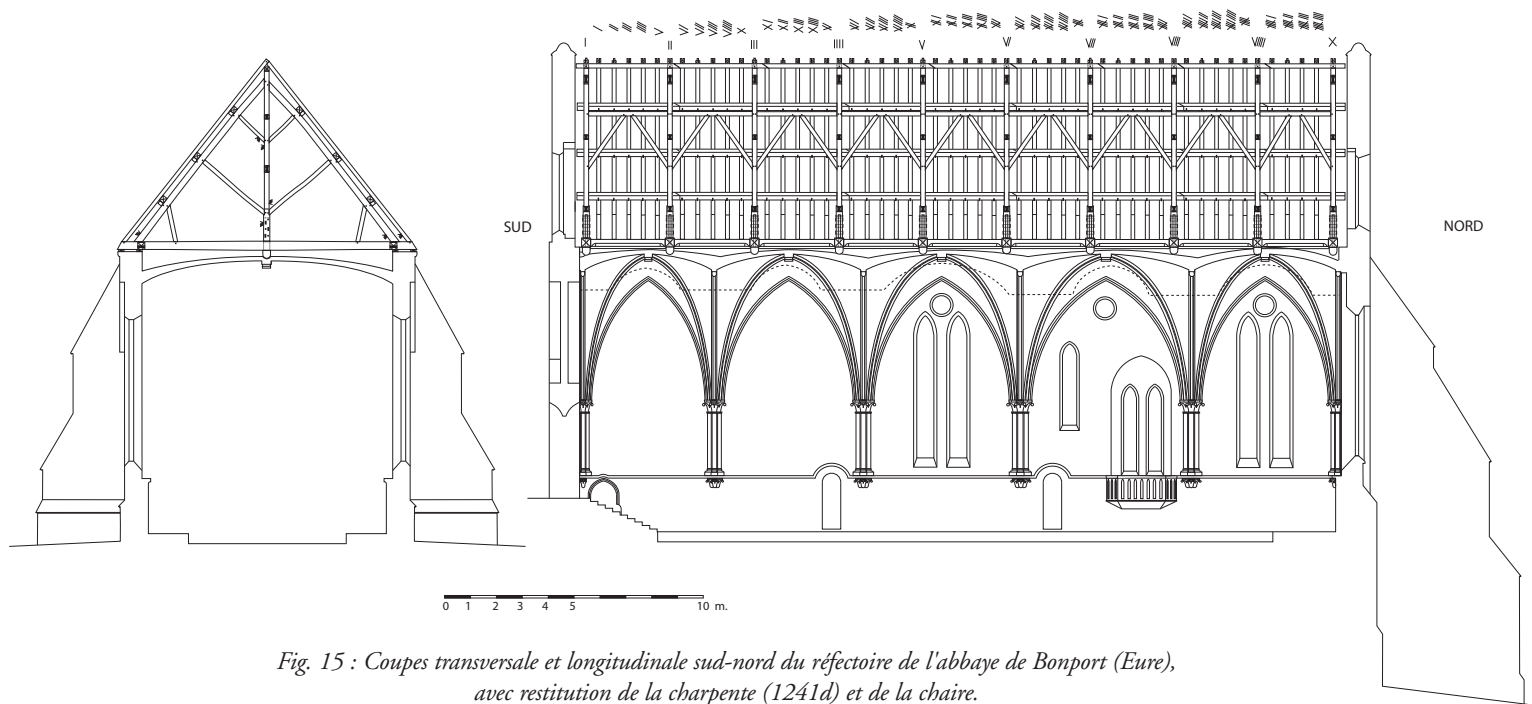


Fig. 15 : Coupes transversale et longitudinale sud-nord du réfectoire de l'abbaye de Bonport (Eure), avec restitution de la charpente (1241d) et de la chaire.

contrefiches inférieures, des liens obliques de contreventement, le rajout d'un plancher sur les entrails et le percement du chevonnage pour l'ouverture de plusieurs grandes lucarnes (fig. 16). Suite aux travaux de l'architecte en chef des Monuments historiques Bruno Decaris en 2005, cette charpente a retrouvé sa disposition d'origine (fig. 17). Les analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes en 2005 proposent un abattage des bois de cette charpente durant l'automne-hiver 1240-1241 ce qui fait de ce réfectoire l'un des derniers bâtiments construits de l'abbaye sachant que l'église était certainement achevée en 1244. Les cuisines attenantes au réfectoire doivent être contemporaines de ce dernier, l'un ne pouvant fonctionner sans l'autre. D'autre part, les charpentes des cuisines s'apparentent de très près à celles du réfectoire.

Longue de 29,90 m d'un pignon à l'autre, pour une portée de 9,70 m dans œuvre, la charpente qui couvre ce réfectoire est une structure à fermes et pannes constituées de 10 fermes qui définissent 9 travées réparties de façon aléatoire selon la trame des cinq voûtes sous-jacentes (fig. 15). Ces travées comportent chacune cinq couples de chevrons et mesurent d'axe en axe 3,24 m, sauf la travée la plus septentrionale qui n'en comprend que quatre et qui mesure seulement 2,92 m de long. Les deux versants sont inclinés à 51,5°. Toutes les pièces sont des bois de brin en chêne équarris à la hache.

Ces fermes sont toutes identiques et parfaitement équilibrées (fig. 18). Elles sont constituées d'un couple de chevrons (14 x 16 cm) et d'arbalétriers (18 x 23 cm), d'un entrail (35 x 35 cm en milieu de portée et 32 x 30 cm aux extrémités)



Fig. 16 : Charpente du réfectoire, en cours de restauration.

soulagé par un poinçon de fond (24 x 24 cm à la base), deux couples de contrefiches et deux jambes de force (16 x 16 cm) qui soulagent les arbalétriers au droit des pannes. Tous les assemblages sont à tenon et mortaise. Des corbeaux en quart-de-rond portent l'extrémité des entrails d'une ferme sur deux ou trois et notamment ceux des fermes placées contre les pignons.

Cette ferme répond au principe de la « triangulation » qui consiste à mettre en tension le poinçon, grâce aux arbalétriers qui le compriment en tête en raison du poids des pannes, et qui permet en pied de suspendre l'entrail au milieu de sa portée. La tension ainsi créée permet également de recevoir sur le poinçon



Fig. 17 : Charpente après restauration avec restitution des contrefiches et des liens de contreventement.

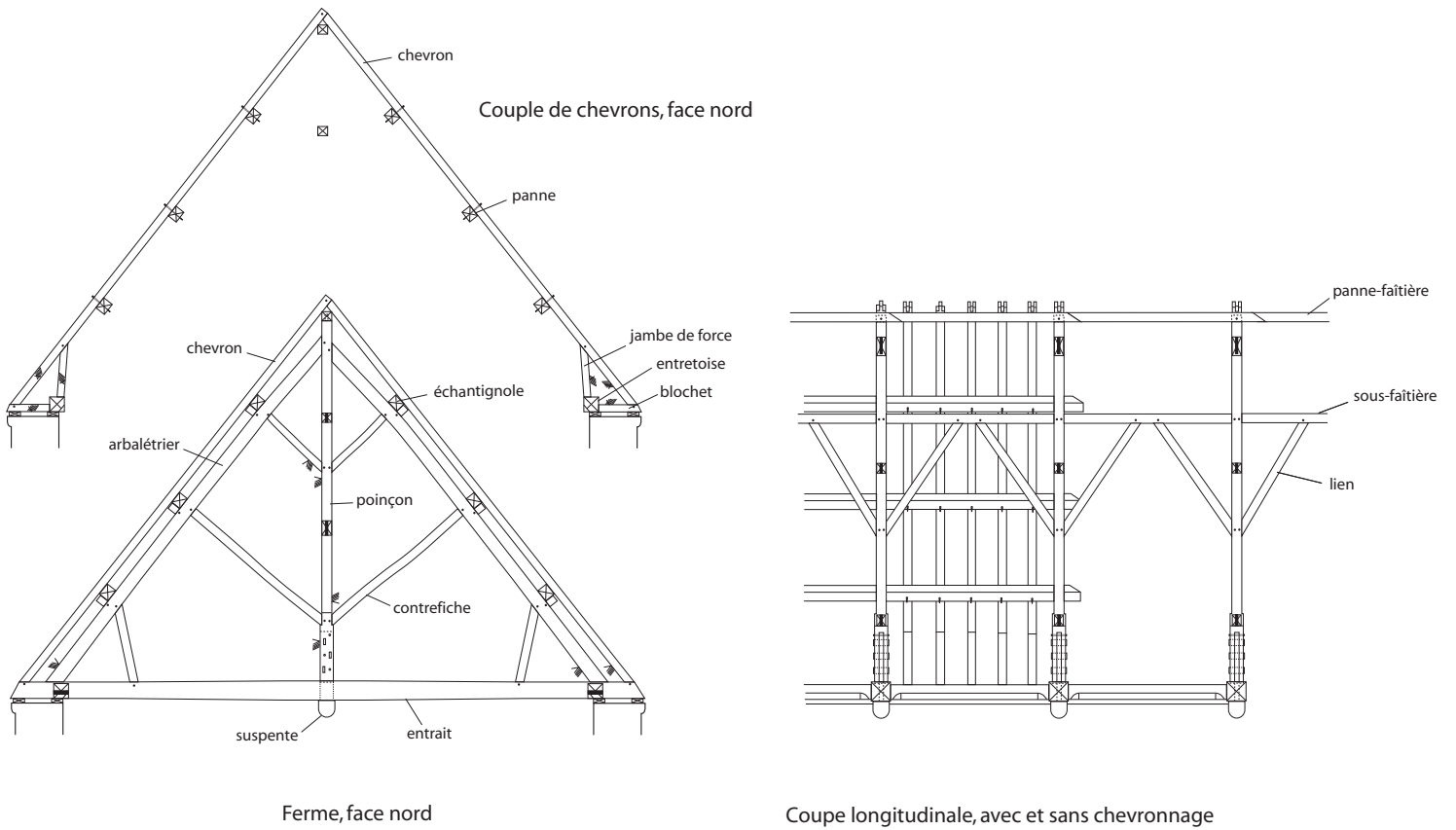


Fig. 18 : Charpente du réfectoire : couple de chevrons, ferme et coupe longitudinale (1241d).



Fig. 19 : Suspente traversant l'entrait et assemblée en pied d'un poinçon par des clavettes et des chevilles.

et d'annuler les charges des contrefiches qui raidissent les arbalétriers avec les jambes de force en trois points équidistants. Les premières contrefiches viennent s'assembler au poinçon sur un ressaut qui assure une meilleure butée pour pallier une éventuelle rupture du tenon. Suspendu en tête par les arbalétriers, le poinçon lutte contre la flexion naturelle de l'entrait grâce à un dispositif astucieux consistant ici en l'assemblage d'une suspente qui traverse de part en part l'entrait et vient s'emmancher dans le pied du

poinçon par une sorte de longue mortaise de 8 cm de large sur 90 cm de haut (fig. 19-20). Fixée au poinçon par trois clavettes et trois grosses chevilles, cette suspente soutient l'entrait grâce à son about de 30 x 30 cm de section sur 28 cm de haut, aux arêtes inférieures taillées en quart-de-rond. Le pied du poinçon s'emboîte dans l'entrait dans une entaille de 6 cm de profondeur de même section que le poinçon. En effet, le calage du poinçon est nécessaire puisqu'aucun véritable assemblage ne le fixe à l'entrait et une déviation des bois aurait pu entraîner la rupture des clavettes et des chevilles de la suspente. La saillie de ces suspentes à 28 cm en dessous de l'entrait a visiblement occasionné des problèmes lors de la construction des voûtes puisqu'elles sont pour la plupart noyées dans les maçonneries des voûtains, ce qui prouve bien la postériorité des voûtes à la mise en place de la charpente.

Sur le poinçon, outre le ressaut latéral taillé pour le pied des contrefiches, un deuxième ressaut est présent sur les deux autres faces faisant ainsi passer la section du poinçon de 24 x 24 cm en pied à une section de 17 x 18 cm à 1,20 m de sa base. Cette surépaisseur de fibres conservée en pied assure en effet une meilleure résistance aux assemblages de la suspente et des contrefiches.

Les pannes sont maintenues sur les fermes par une échantignole tenonnée et chevillée à l'arbalétrier, et non au chevron qui est pourtant assemblé en pied dans l'entrait et se trouve dans le même plan que l'arbalétrier. Les jambes de force et les contrefiches soulagent les arbalétriers précisément au droit du passage des pannes. Ces pannes sont assemblées entre elles au sud des fermes par une enture biaise dont l'inclinaison désigne un montage des pannes du nord vers le sud, mais les récents travaux qui ont touché cette charpente ne permettent pas de savoir si ces pannes étaient longues d'une ou de plusieurs travées.

Ces fermes sont étrépillonnées entre elles par un cours de pannes-faîtières, tenonnées en tête des poinçons, et qui s'assemblent entre elles par une simple enture biaise du nord vers le sud, de travée en travée après chaque poinçon. Un cours de sous-faîtières, assemblées par tenon-mortaise aux poinçons, complète cet étrépillonnement des fermes (fig. 21). Ces sous-faîtières ne portent aucune charge et jouent réellement un rôle de maintien des écartements des poinçons. Chaque sous-faîtière est raidie par deux longs liens obliques, assemblés en pied dans les poinçons, qui assurent ici une véritable fonction de contreventement des fermes, c'est-à-dire de stabilisation longitudinale de la charpente, destinée à éviter le déversement des fermes. Datée précisément de 1241 par la dendrochronologie, cette charpente est l'une des premières structures connues en Normandie, après celle de la grange de cette même abbaye datée de 1228, à présenter un authentique dispositif de contreventement longitudinal des fermes, de poinçon à poinçon.

Entre ces fermes, quatre à cinq couples de chevrons assemblés en tête par enfourchement s'intercalent tous les 54 cm en

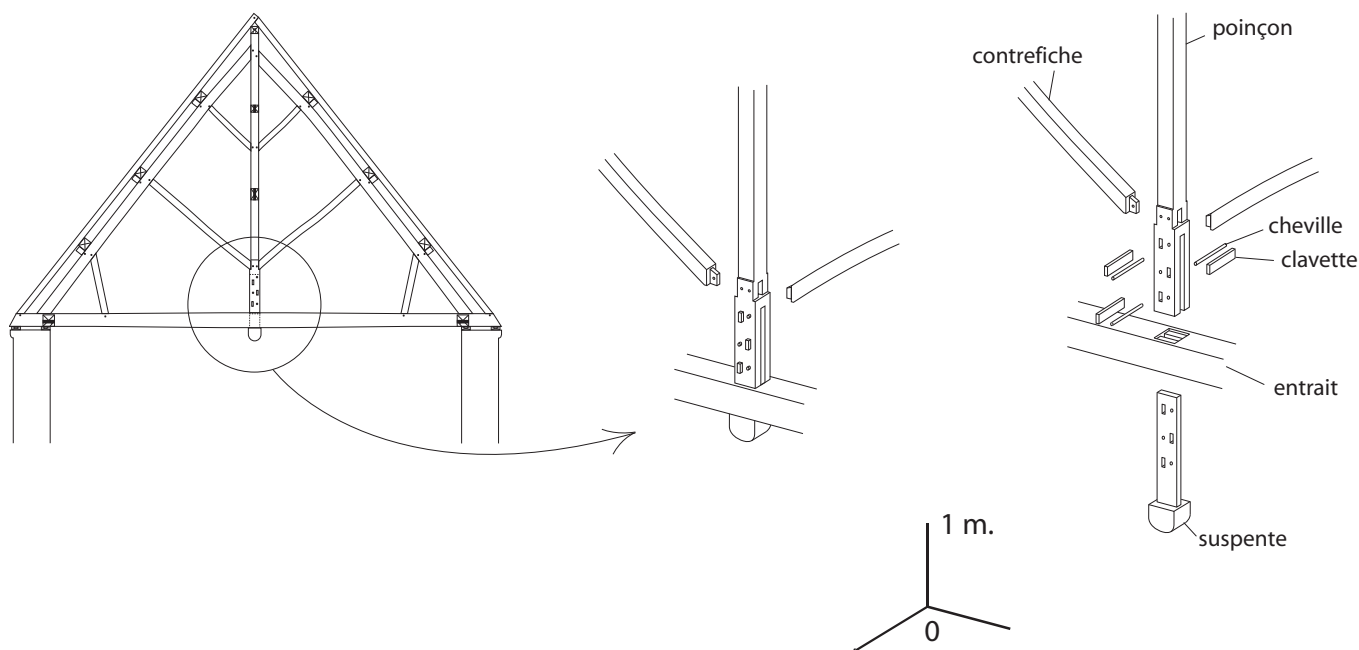


Fig. 20 : Suspensoir du pied de poinçon d'une ferme (1241d).

moyenne d'axe en axe. Ces chevrons, de section moyenne de 14 x 16 cm, posés à plat, sont systématiquement chevillés aux pannes par l'extérieur pour garantir leur retenue. Une entretoise de 27 x 27 cm de section, avec un large chanfrein plat avec arrêts en cavet adouci sur l'arête inférieure, est assemblée aux extrémités aux flancs des entrails par un large tenon-mortaise. Cette entretoise réceptionne l'about des blochets et le pied des jambes de force par un tenon bâtard¹⁰ non chevillé. L'ensemble est posé sur un double cours de sablières de 8 x 20 cm.

On peut légitimement s'étonner de la répartition des fermes principales par rapport à l'emplacement des voûtes et des contreforts puisqu'elles sont disposées de façon aléatoire sans véritable volonté d'une distribution équilibrée des charges en fonction des points de résistance des maçonneries sous-jacentes. Cependant, il faut constater que les murs gouttereaux sont larges de 87 cm, raidis par de puissants contreforts saillants de presque 3 m, avec des baies relativement étroites, surmontées par ailleurs d'un arc de décharge en tiers point. Ces murs peuvent donc recevoir des charges au droit des baies sans véritable souci de fragilisation des maçonneries, d'autant plus que la faible longueur des travées de

la charpente, de 3,24 m en moyenne d'axe en axe, limite de façon significative les charges compressives sur les murs au droit des fermes.

La plupart des marques d'assemblage ont été effacées sauf au pied des chevrons. Les marques représentées sur la ferme, en conséquence incomplètes, suffisent cependant à comprendre le mode de marquage, de même pour les couples de chevrons (fig. 15).

Les marques sont toutes inscrites à la rainette en pied de pièces et représentent des chiffres romains. On distingue trois numérotations dans cette charpente : une série continue de I à X, du nord vers le sud, pour les fermes principales, une deuxième série continue de I à (44) pour les couples de chevrons du nord vers le sud et enfin une troisième série continue de I à VIII du nord au sud pour les sous-faîtières. Les deux séries pour les fermes et les couples de chevrons sont indépendantes, la numérotation des chevrons « sautant » celle des fermes. Il faut noter une latéralisation entre les marques de chaque versant. Pour les chevrons du versant ouest, les marques sont inscrites sur la face interne des bois, tandis qu'au versant est, les marques sont sur la face nord. Pour les fermes, elles sont inscrites sur les faces internes des pièces au droit des assemblages mais dans l'angle aigu de l'assemblage à

10. Ne possédant qu'un seul arasement, le tenon bâtard est désaxé et prolonge l'une des faces de la pièce.



Fig. 21 : Dispositif longitudinal avec ses sous-faîtières soulagées par des liens de contreventement restitués en 2005.

l'est et dans l'angle obtus à l'ouest. Cette différenciation facilitait l'identification des bois taillés de l'un ou l'autre versant, pour ceux d'une même ferme ou d'un couple de chevrons, la symétrie de leurs assemblages ne permettant pas de le faire.

Le sens de la numérotation des chevrons et des fermes, ainsi que l'orientation des entures des pannes et des pannes-faîtières nous incitent à penser que cette charpente a été montée du nord vers le sud, ce qui peut expliquer la longueur plus réduite de la dernière travée méridionale.

La charpente du réfectoire est achevée en 1241 et vient se raccorder aux toitures du chauffoir, dont la charpente a été datée de 1221. Cette toiture, comme on l'a vu précédemment, était fermée par deux murs pignons toujours en place, avec notamment un chéneau au pied du pignon qui bordait la toiture du dortoir.

Ces pignons sont contemporains des chantiers de chaque bâtiment et témoignent des étapes chronologiques de la construction des différents bâtiments de l'abbaye. Indirectement, ces pignons pouvaient servir de pare-feu en isolant les charpentes.

Lorsque la charpente du réfectoire fut achevée en 1241, les charpentiers ont pris le parti de relier la toiture avec celle, perpendiculaire, du chauffoir (fig. 22). Ils ont donc mis en place, entre le pignon du chauffoir et le versant est du réfectoire, une petite charpente à chevrons-formant-fermes constituée de huit couples de chevrons, assemblés en tête soit par enfourchement soit par mi-bois et espacés de 40 cm. Les quatre couples les plus proches du pignon sont raidis par un entrait retroussé. Tous ces chevrons sont assemblés en pied par tenon-mortaise dans deux noues posées sur le chevronnage du réfectoire et qui se rejoignent en tête au faite de cette petite charpente. Ces noues, en épousant en face



Fig. 22 : Raccord en chevrons-formant-fermes du pignon du chauffoir à la charpente du réfectoire (les pannes sont tardives).

inférieure le versant du réfectoire et en offrant une face supérieure perpendiculaire aux chevrons pour leur assemblage, se doivent donc de faire un rattrapage d'angle. Pour cette raison, ces noues ont une section prismatique qui renseigne indirectement sur la capacité du maître charpentier à définir des corrections d'angles dans une structure en trois dimensions. Ces témoignages pour le XIII^e siècle sont relativement rares et très précieux pour comprendre l'évolution de l'art du Trait au Moyen Âge.

Sur ces deux noues, subsistent les marques d'assemblage destinées aux chevrons et reportées sur leur pied. Il s'agit d'une courte série continue en chiffres romains de I à VIII, inscrite à la rainette.

La grange

La charte de confirmation de 1198 mentionne que dix charruées de terre de la forêt d'Eawy furent accordés aux moines « pour la construction d'une grange pour leurs propres bêtes et leur propre blé et pour ce qu'ils voudront. Et dans la même forêt le bois pour la construction de leurs édifices et pour en brûler autant qu'il en faudra pour leur usage »¹¹. Cette grange correspondait à une exploitation agricole située près de la forêt d'Eawy.

Une autre exploitation agricole était située au sein de l'enclos abbatial à 100 m environ à l'ouest des bâtiments conventuels. De cette ferme médiévale ne subsiste plus aujourd'hui que la grange parfaitement conservée (fig. 23). D'après cette charte, les bois nécessaires à la construction des bâtiments de l'abbaye furent abattus dans la forêt de Bord, située aux portes de Bonport, et il est probable que la charpente de cette grange fut réalisée avec ces mêmes bois. Les analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes ont permis de dater précisément l'abattage des bois de cette grange de 1228¹². L'édification de cette grange est donc intervenue après l'achèvement du dortoir et du chauffoir, en 1221, et avant la construction du réfectoire, terminé en 1241 vraisemblablement au même moment que les cuisines. Le fait de construire la ferme avant le réfectoire s'explique peut-être par la volonté de lancer le plus rapidement possible une production économique et garantir des rentrées rapides en numéraire pour financer la poursuite du chantier de l'abbaye.

Orientée est-ouest, longue de 38,25 m pour une largeur de 9,05 m dans œuvre, cette grange porte une toiture à deux versants inclinés à 54°, terminés par des pignons et recouvrant une charpente à fermes et pannes posée sur des murs gouttereaux de 4,40 m de haut en moyenne et larges de 0,90 m. Cette grange est

11. Traduction tirée de GOSSE-KISCHINEWSKI 1993, p. 30.

12. BERNARD et LE DIGOL, 2005b.



Fig. 23 : Grange de l'abbaye de Bonport, pignon ouest et gouttereau sud.



Fig. 24 : Charpente de la grange de l'abbaye de Bonport (1228d).



Fig. 25 : Panne-faîtière et sous-faîtière raidies par deux liens obliques.

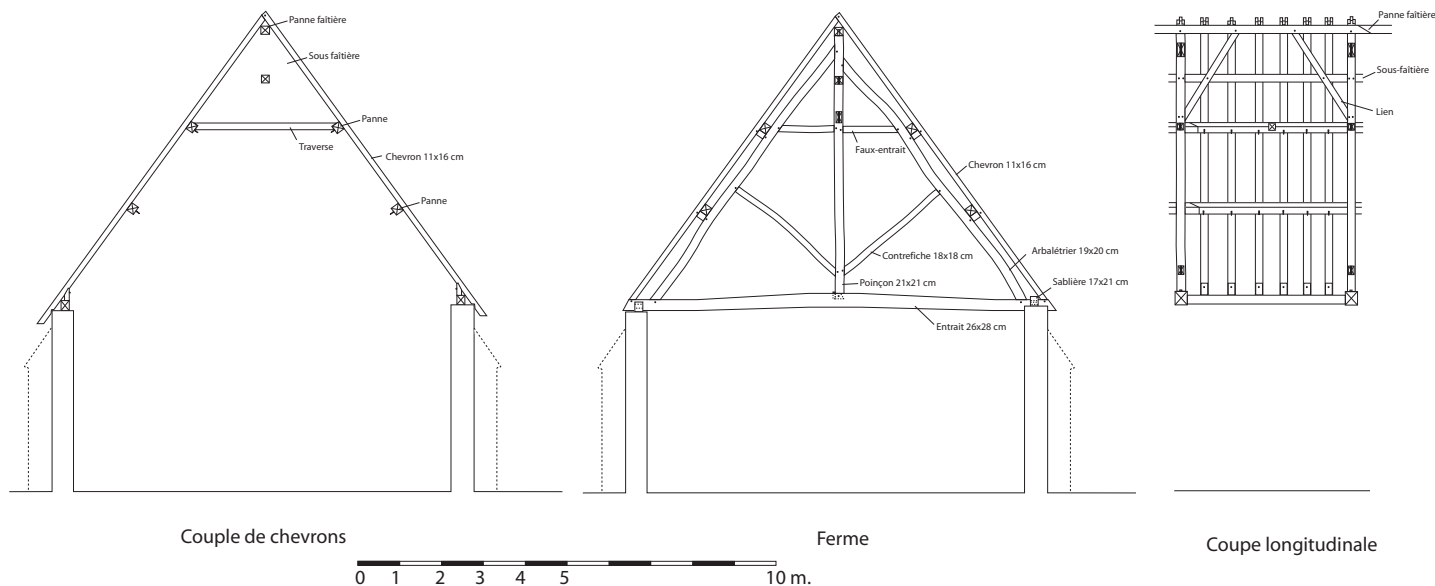


Fig. 26 : Charpente de la grange abbatiale de Bonport : couple de chevrons, ferme et coupe longitudinale (1228d).

donc à vaisseau unique et présente un volume modeste relativement rare en Normandie pour le XIII^e siècle puisque toutes les autres granges connues présentent des bas-côtés séparés du vaisseau central par des poteaux porteurs (Heurteauville, Val-de-la-Haye, Crouttes) ou bien des arcades maçonnées (Notre-Dame d'Ardenne, Perrières).

Vers la fin du Moyen Âge ou à l'époque moderne, la grange a connu de sérieux remaniements : le mur pignon est et le gouttereau nord ont été reconstruits en sous-œuvre, les contreforts du gouttereau sud démontés, et une étable en pan-de-bois a été aménagée au centre de la grange. Des poteaux de fond ont été rajoutés pour soutenir les fermes lors de la reconstruction du mur gouttereau nord. Le mur sud et les marques d'assemblage des fermes d'origine permettent de savoir que le pignon oriental de l'époque moderne a été avancé d'une travée par rapport à l'ancien pignon du XIII^e siècle et que la charpente d'origine était plus courte d'une travée. La porte charretière devait se situer au pignon oriental comme celle qui existe aujourd'hui.

Le pignon occidental du XIII^e siècle (fig. 24), contrebuté par deux contreforts d'angle et un puissant contrefort axial très saillant, présente en hauteur deux petites baies quadrangulaires. Les gouttereaux, d'après les vestiges du gouttereau sud, étaient aussi épaulés de contreforts régulièrement espacés avec une corniche en quart-de-rond qui couronne le mur.

Malgré les nombreuses modifications, l'intégralité de la charpente de la toiture est restée intacte (fig. 24-25). Datée de 1228 par dendrochronologie, cette structure à fermes et pannes est composée de 10 fermes espacées irrégulièrement de 3,43 m à 3,76 m. Ces fermes (fig. 26) sont chacune constituées d'un entrait

(29 x 32 cm), soulagé par un poinçon de fond (21 x 21 cm), deux arbalétriers (20 x 19 cm) raidis par un couple de contrefiches (18 x 18 cm) et un niveau de faux-entrants, et enfin un couple de chevrons (16 x 11 cm) assemblés en pied aux extrémités de l'entrait. Les échantignoles qui soutiennent les pannes sur les fermes sont tenonnées et chevillées à l'arbalétrier et aussi au chevron. Le pied du poinçon est assemblé à l'entrait par un tenon en demi-queue d'aronde bloqué par une cale (rossignol) pour garantir sa suspension. Tous les autres assemblages sont à tenon-mortaise.

Les fermes sont étré sillonnées entre elles par un cours de pannes faîtières tenonnées en tête des poinçons et par un cours de sous-faîtières (fig. 25). Deux liens obliques sont tenonnés en tête à la faîtière et en pied aux poinçons tout en s'assemblant par mi-bois aux sous-faîtières. Ces liens assurent ainsi une véritable fonction de contreventement des fermes, luttant contre leur déversement.

Les entrants sont posés directement sur les murs, sans sablière intermédiaire, et certains d'entre eux sont mêmes parfois encastres de moitié dans les maçonneries. Des grosses entretoises de 21 x 17 cm posées de chant sur les murs sont assemblées aux flancs des entrants par des enfourchements très grossiers, rarement de niveau d'une extrémité à l'autre, et servent de sablière à la réception des chevrons (fig. 27-28). Les couples de chevrons (16 x 11 cm), posés à plat et assemblés en tête par enfourchement, sont fixés par chevillage sur les deux cours de pannes de chaque versant et sur la panne-faîtière. Le pied de ces chevrons est très original : il est en effet assemblé uniquement à une courte jambette (27 cm de long) par embrèvement chevillé, qui s'appuie



Fig. 27 : Assemblage des entretoises sur l'entrait.

sans aucun assemblage sur le bord de l'entretoise (fig. 29-30). Seule une cheville, enfoncée par l'extérieur, fixe le chevron à l'entretoise. Une entaille pratiquée à l'extrémité inférieure du chevron lui permet de venir en butée contre l'arête du mur. Ainsi, nous avons un chevron indépendant, qui peut être placé à n'importe quel endroit sur l'entretoise comme sur les pannes, selon la convenance des charpentiers au moment du levage. Pour cette raison, les couples de chevrons sont espacés de façon très irrégulière entre 38 et 48 cm. Le chevillage des chevrons aux pannes et à l'entretoise s'effectue donc en hauteur et non au sol, lorsque le chevron est en place, ce qui doit demander aux charpentiers un certain sens de l'équilibre.

Les pannes sont assemblées entre elles par une enture biaise au droit des arbalétriers, une ferme sur deux, de même pour les pannes faîtières. Au milieu de chaque travée, une traverse a été mise en place entre les pannes hautes des deux versants opposés (fig. 25) pour les raidir et éviter qu'elles ne fléchissent sous le poids du chevronnage. Ces traverses, fixées aux pannes par une simple entaille non chevillée qui vient en butée contre leur arête interne, sont ainsi bloquées dès la mise en flexion des pannes lors de la pose des chevrons.

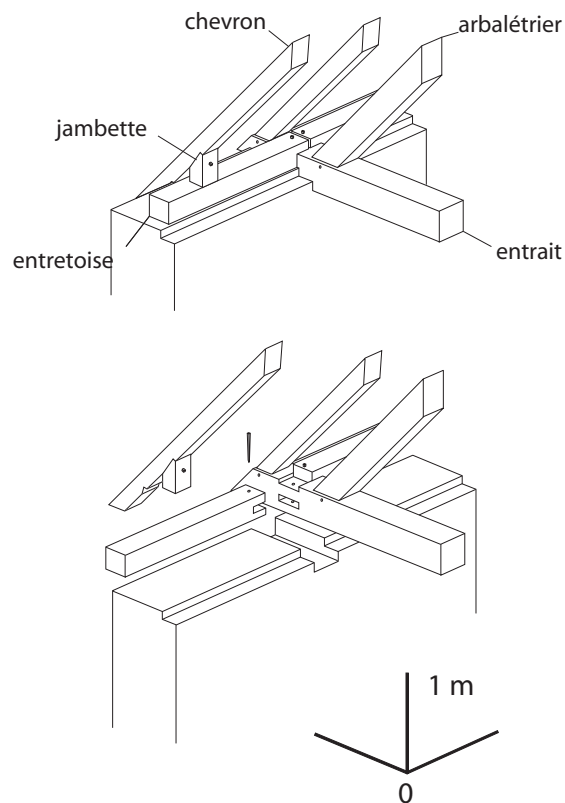


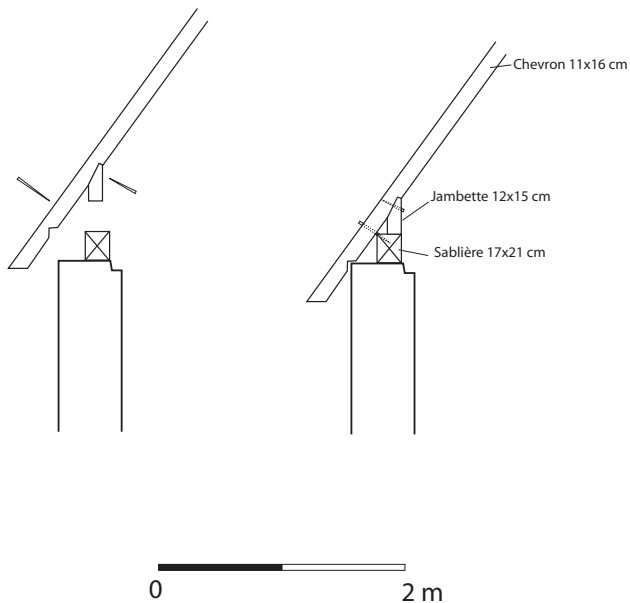
Fig. 28 : Dispositif d'assemblage de pied d'une ferme et d'un chevron à l'entretoise (1228d).

Les marques d'assemblage sont très effacées du fait de l'usure des bois mais on devine encore une numérotation continue des fermes du pignon est au pignon ouest de I à X. Les couples de chevrons n'étaient pas marqués en raison justement de leur absence d'assemblage en pied dans l'entretoise. Comme toutes les autres charpentes à fermes et pannes du XIII^e siècle, les fermes situées à chaque extrémité de la charpente venaient se « plaquer » contre le mur pignon pour porter l'about des pannes et ainsi éviter que celles-ci viennent s'appuyer sur les maçonneries comme cela se fera dans les siècles suivants.

Cette charpente est très intéressante à bien des égards. Il s'agit de la plus ancienne charpente à fermes et pannes (1228d) recensée à l'heure actuelle tant en Normandie qu'en France, dotée d'un authentique dispositif de contreventement longitudinal des fermes, concept inconnu dans les structures à chevrons-formant-fermes encore jusque dans la seconde moitié du XIII^e siècle. D'autre part, le principe des fermes et pannes est ici parfaitement maîtrisé voire « bâclé » dans le sens où cette charpente présente des assemblages grossiers comme ceux des entretoises aux entrails, et



Fig. 29 : Pieds de chevrons, jambettes posées sur la sablière.



des maladresses comme l'absence de sablière ou l'encastrement des entrails dans les maçonneries en guise de blocage. Ce ne sont pas des défauts liés à des premières expérimentations mais plutôt les signes d'un manque de temps et d'argent pour réaliser les assemblages nécessaires. Le volume restreint de cette grange, dépourvue de bas-côtés, la structure à fermes et pannes, plus rapide à exécuter qu'une charpente à chevrons-formant-fermes, les maladresses observées dans cette charpente ainsi que la date de mise en œuvre – peu après la construction de l'hébergement des moines et avant celle du réfectoire – laissent supposer que ce chantier a été réalisé dans la précipitation, avec des moyens limités. Ceci rejoint l'idée avancée plus haut que les moines ont cherché à construire le plus rapidement possible la ferme abbatiale pour alimenter financièrement le chantier de construction des derniers bâtiments conventuels et de l'église abbatiale, achevée en 1244.

Fig. 30 : Pied de chevron (1228d).

RADEPONT (EURE), DORTOIR DE L'ABBAYE DE FONTAINE-GUÉRARD

L'ABBAYE DE FEMMES Notre-Dame de Fontaine-Guérard se situe dans la vallée de l'Andelle, entre Radepont et Pont-Saint-Pierre. Sa charte de fondation, conservée aux Archives départementales de l'Eure, n'est pas datée¹ mais on y apprend que l'archevêque de Rouen, Gautier de Coutances (1184-1207), participe à sa fondation avec le comte Robert de Leicester, dit «aux Blanches Mains», ce qui permet de situer l'origine de cet établissement entre 1184 et 1190. Cette charte mentionne également le don de nombreuses terres labourables, pâtures, bois et vignes ainsi que des rentes en blé sur des moulins de Pont-Saint-Pierre et des droits d'usage dans la forêt de Longboël. Trois chartes, datées de 1200, 1201 et de 1203, confirment ses possessions. Notre attention est retenue particulièrement par la troisième de ces chartes, par laquelle Jean sans Terre, duc de Normandie et roi d'Angleterre, donne aux moniales l'aulnaie de Moulineaux et des bois situés entre Rouen et Moulineaux afin d'approvisionner en bois d'œuvre leurs chantiers de construction².

Cette abbaye ne fut primitivement qu'un simple couvent. Seules deux de leurs prieures nous sont actuellement connues : Théophanie et Denize. Ce n'est que peu de temps avant 1207 que cette communauté féminine se rattache à l'ordre de Cîteaux³. En

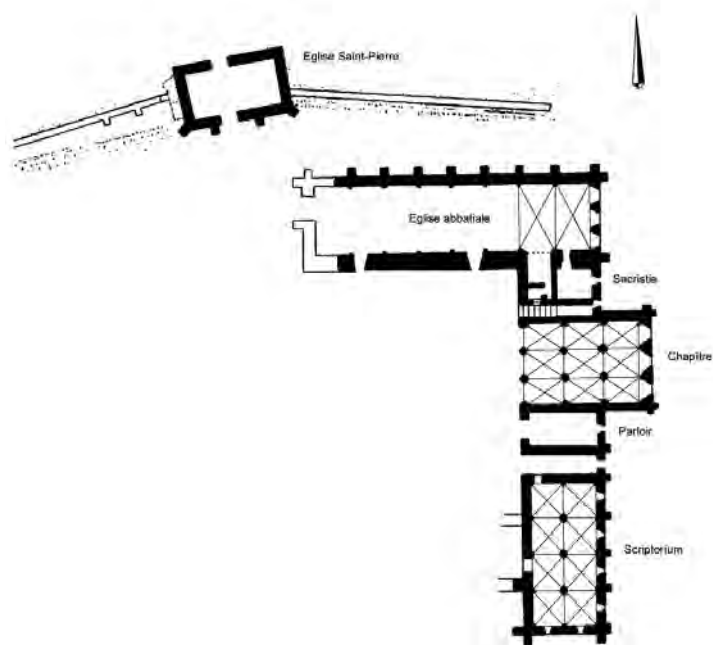


Fig. 1 : Plan des vestiges de l'abbaye de Fontaine-Guérard (Eure) au 1200.

1. AD Eure, H 1227.

2. FOURNÉE 1979, p. 7. Les circonstances de la fondation de Fontaine-Guérard sont évoquées dans GRANT 2005, p. 113-114 notamment.

3. DELISLE 1862-1869, t. II, p. 18.

1218, le couvent fut consacré à la Sainte Vierge par Robert II, archevêque de Rouen, successeur de Gautier⁴ mais il ne devint véritablement une abbaye qu'en 1253, comme le mentionne



Fig. 2 : Aile orientale du cloître avec l'église abbatiale à gauche.

Eudes Rigaud dans le registre de ses visites pastorales⁵. Au cours du XIII^e siècle, l'abbaye bénéficia de nombreuses libéralités, de dons et d'exonérations de droits concédés par Philippe Auguste, Louis VIII, Saint Louis, Philippe III et les seigneurs de Radepont, de Pont-Saint-Pierre et du Neubourg⁶. En 1324, toutes ces donations et privilèges furent confirmés par Charles IV le Bel, roi de France. Pendant la guerre de Cent Ans, les religieuses et leur domaine reçurent la protection directe du roi d'Angleterre, notamment par une lettre de sauvegarde datée du 8 juillet 1418, c'est-à-dire au début de l'occupation de la Normandie⁷.

Parmi toutes les abesses qui se sont succédé à Fontaine-Guérand, retenons essentiellement Élisabeth de Maromme (1496-1540) qui réalisa d'importants travaux de rénovations et Élisabeth de Bigard de la Londe (1619-1661) qui releva le monastère aussi bien sur le plan spirituel que matériel. La dernière abbesse, Marie-Madeleine-Éléonore du Bosc de Radepont, fut nommée en 1777, treize ans avant la mise en vente publique de l'abbaye et la dispersion de ses biens.

Rachetée en 1792 par un certain Guérout, architecte à Rouen, l'abbaye servit de siège pour une manufacture de coton. Par la suite, les bâtiments furent démontés par M. Levasseur pour la construction d'une filature en aval de l'abbaye. Pour cette usine, le cours de l'Andelle a été détourné de son lit d'origine, et amené à proximité des bâtiments abbatiaux. Un « *état de situation de la maison de Fontaine-Guérand* », rédigé par la municipalité de Radepont le 19 octobre 1792, décrit l'ensemble des bâtiments de l'abbaye avant leur destruction⁸. Elle comprenait alors l'église

abbatiale, les trois corps de bâtiments conventuels bordant la cour du cloître, une maison abbatiale de deux étages attenante perpendiculairement à un autre édifice servant partiellement de chambre et de grenier, l'ancienne église Saint-Pierre située au-dessus des celliers, une infirmerie, une grange, une charreterie et des petits bâtiments à usage agricole. Aujourd'hui, ne subsistent que les ruines de l'église abbatiale, un élément de la porterie, l'église Saint-Pierre et le bâtiment conventuel de l'aile est du cloître (fig. 1). C'est sur ce dernier que se trouve la charpente qui nous intéresse.

Long de 24,50 m et large de 12 m environ, ce bâtiment est accolé au nord, en retour d'équerre, à l'église abbatiale (fig. 2). Il comporte au rez-de-chaussée, du nord vers le sud, une sacristie, une salle capitulaire faisant saillie à l'est et ouvert sur le cloître par trois arcades en tiers-point, un parloir, un passage vers les jardins et une grande salle de travail. Les voûtes sur croisées d'ogives de la salle capitulaire et de la salle de travail retombent sur des colonnes à chapiteaux à crochets. L'étage était entièrement occupé par le dortoir auquel on accédait par un escalier ménagé entre la sacristie et la salle capitulaire (fig. 3). Une chambre à part, située en saillie à l'est de la salle capitulaire, communiquait avec le dortoir par un grand arc. Il est possible que cette pièce ait fait office de chartrier, présent également à cet étage, ou de chambre d'abbesse en raison de la présence d'une petite cheminée. Il est éclairé par une succession d'étroites lancettes très sobres.

Ce bâtiment présente des contreforts aux angles, jumelés en équerre, cinq sur le mur est, et un sur le mur ouest, dans la partie sud.

Dans la plupart des monographies consacrées à l'abbaye, la datation de ce bâtiment repose essentiellement sur la consécration de l'église abbatiale par l'archevêque de Rouen en 1218, et sur l'unité architecturale et des sculptures de ces deux édifices. Cependant, on remarque que le dortoir est adossé au nord contre le mur gouttereau sud de l'église abbatiale et que les modillons de

4. CHARPILLON et CARESME 1879, t. II, p. 705.

5. EUDES RIGAUD, *Regestrum visitationum archiepiscopi Rothomagensis*, BONNIN (éd.) 1852, p. 163.

6. AD Seine-Maritime, H 1229 ; DELISLE 1862-1869, t. II, p. 18-19.

7. FOURNÉE 1979, p. 10.

8. AD Seine-Maritime, H 1272.



Fig. 3 : Dortoir avec la chambre abbatiale à gauche.

ce dernier sont apparents dans son comble. Il est donc logique de considérer la construction du bâtiment conventuel après l'achèvement de l'église, ce qui permet de **situer son édification entre 1218 et le milieu du XIII^e siècle.**

La charpente

Le dortoir est couvert aujourd'hui sur toute sa longueur d'une charpente voûtée anciennement lambrissée, divisée en deux ensembles bien distincts. Le premier, situé sur toute la partie sud de l'édifice, comporte cinq travées de six fermes secondaires chacune avec des fermes principales à entrait et poinçon de fond. Les sculptures de ces éléments et notamment les engoulements des entrails permettent d'attribuer cette partie de la charpente au XVI^e siècle. La partie nord, quant à elle, correspond à la structure d'origine. Elle a subi d'importantes restaurations en 1983 et 1986, nous privant de très nombreuses pièces, mais la disposition primitive de la charpente demeure en grande partie intacte (fig. 4-5).

Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes de cinq travées avec des fermes principales constituées d'un entrait, d'un poinçon de fond, et d'un couple de chevrons raidis par deux



Fig. 4 : Charpente du XIII^e siècle.

écharpes, un entrait retroussé et deux jambes de force en pied (fig. 6). Des moulures très sobres agrémentent le poinçon à sa base et au-dessous de son assemblage avec entrait retroussé ainsi que les entrails par des chanfreins aux arêtes inférieures.

Les fermes secondaires gardent le même profil polygonal formé par les chevrons, les écharpes et l'entrait retroussé. De nombreux clous en sous-face de ces pièces témoignent d'une ancienne voûte lambrissée dont il ne reste aujourd'hui plus aucun lambris. Une entretoise longitudinale assemblée aux flancs des entrails réceptionne le pied des jambes de force tandis que de courts blochets, tenonnés dans cette dernière, récupèrent le pied des chevrons. De larges chanfreins moulurés soulignent l'arête interne de ces entretoises.

Un cours axial de liernes longitudinales étré sillonne aujourd'hui ces fermes mais la taille maladroite de ses assemblages sur les poinçons ainsi que leur équarrissage trahissent une mise en place tardive, à rattacher certainement aux derniers travaux de restauration. À l'origine, les fermes de cette charpente étaient donc indépendantes les unes des autres.

Tous les assemblages de ces fermes sont à tenons et mortaises. Quelques marques d'assemblage ont pu être observées en pied de chevrons de la cinquième travée qui témoignent d'une numérotation continue en une seule série de chiffres romains allant du



Fig. 5 : Voûte polygonale de la charpente du XIII^e siècle avec en arrière-plan la charpente du XVI^e siècle, voûtée en plein cintre.

nord vers le sud et intégrant les fermes principales. Les dernières marques de cette série se lisent sur les fermes de la cinquième travée, évoluant de XXX à XXXVI sur la sixième ferme principale en partant du nord.

De nombreux chevrons de la partie sud, de la fin du Moyen Âge, sont des réemplois de la charpente primitive. Les mortaises vides présentes sur leur face interne correspondent exactement à celles des chevrons du premier ensemble mais la reprise de ces bois n'a cependant pas épargné leurs marques d'assemblage.

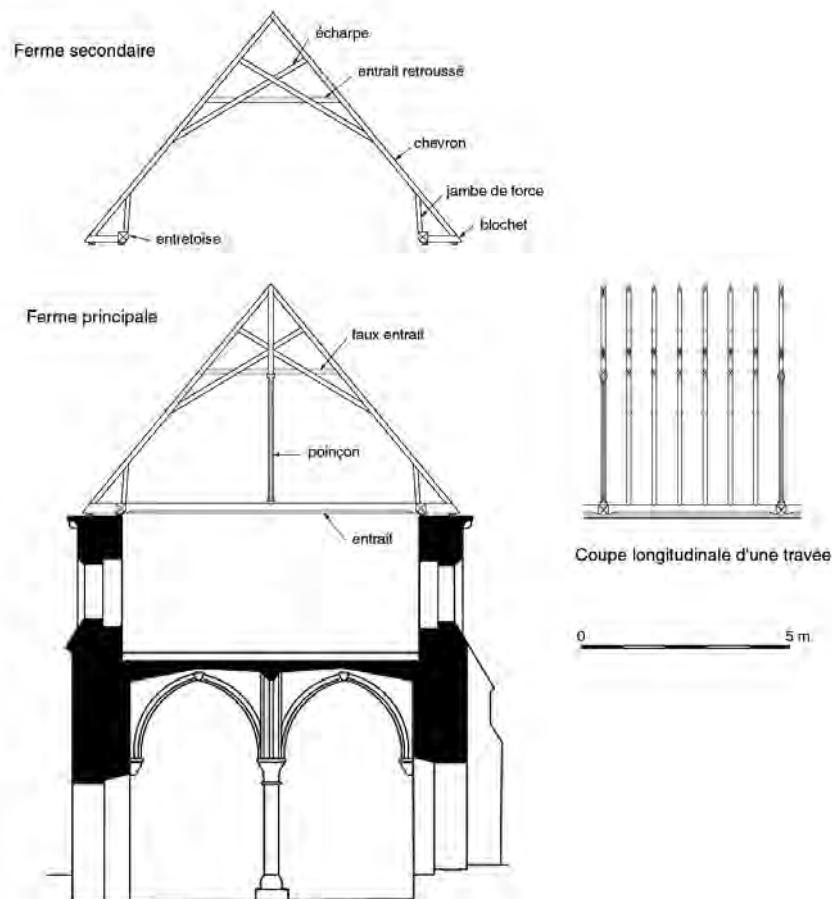


Fig. 6 : Charpente du dortoir : fermes et coupe longitudinale.

GRAVIGNY (EURE), ANCIENNE LÉPROSERIE SAINT-NICOLAS

SITUÉE à la périphérie de la ville d'Évreux et à l'écart du noyau paroissial de Gravigny, le long de l'ancienne route d'Évreux à Rouen, la léproserie Saint-Nicolas a été fondée vraisemblablement dans la première moitié du XII^e siècle, époque de la propagation de la lèpre en Normandie, pour desservir la ville d'Évreux. Les mentions se rapportant à l'histoire de cette commanderie sont tirées en partie d'une thèse réalisée par Bruno Tabuteau sur cette léproserie en 1994¹.

Une série de donations permettent d'attribuer la fondation de l'établissement au début du XII^e siècle². La première mention apparaît lors de la confirmation de la donation des terres de Sassey faite à cette maladrerie par Amaury IV de Montfort, comte d'Évreux de 1118 à 1136. Simon de Montfort, comte d'Évreux de 1143 à 1181, continue à pourvoir en terres cette léproserie et lui concède une journée de foire fixée à la Saint-Nicolas. D'autres donations viennent augmenter le patrimoine foncier de cet établissement pendant le XII^e siècle, dont notamment cinq acres de terres et des vignes par l'abbaye de la Sainte-Trinité-du-Mont de Rouen avant 1165³. Les textes restent cependant muets sur le nombre de lépreux installés sur ce site au cours du XII^e siècle. On estime toutefois qu'au XIII^e siècle, une vingtaine de frères et sœurs, organisés en communauté conventuelle et dirigés par un prieur devaient occuper les lieux.

Une chapelle, dont le chapelain est mentionné dans un texte du milieu du XII^e siècle, se situait dans une cour à proximité d'autres édifices construits en pierres de taille. Elle aurait donc été érigée avant l'autorisation d'élever des chapelles au sein des maladreries, accordée par le concile de Latran en 1179. Ce dernier ne devait manifestement que régulariser une situation de fait qui durait depuis longtemps. Un mur d'enclos, mentionné dans les textes du XIII^e siècle, fermait les bâtiments de la léproserie dans un espace cultivé de cinq acres⁴.

La structure des habitations des lépreux était manifestement constituée de bois, de torchis et de chaume. Désignés *edificia* ou *bordes* par les textes du XIII^e au XV^e siècle, ces petits édifices individuels formaient, avec la chapelle et les bâtiments d'utilité commune, l'ensemble des structures bâties de cette léproserie⁵.

Au XIV^e et au XV^e siècle, avec le recul de la lèpre en Normandie, l'activité de l'établissement se réduisit peu à peu. La fonction du prieur, qui devient de plus en plus celle d'un administrateur de biens fonciers, est récupérée par les chanoines de la cathédrale d'Évreux. Ces derniers, ne résidant pas à la léproserie, afferment les terres et transforment l'établissement en exploitation agricole. Ce n'est qu'en 1557 que la léproserie est rattachée au bureau des pauvres d'Évreux. Enfin, en 1661, meurt le dernier prieur de la léproserie de Gravigny⁶.

1. TABUTEAU 1994a.

2. Arch. Nat., N.a.lat.94.

3. AD Eure, H-dépôt de l'hôpital d'Évreux, G 7.

4. AD Eure, H-dépôt de l'hôpital d'Évreux, G 7 et AD Eure, 2 Mi 76.

5. TABUTEAU 1994b, p. 2.

6. AD Eure, H-dépôt de l'hôpital d'Évreux, G 7.



Fig. 1 : Bâtiments A et B, élévations nord.

Lors de la vente des biens à la Révolution, un état des lieux mentionne dans la propriété une cuisine, un cellier, deux chambres à feux avec cabinet, trois bergeries, des étables à vaches et à porcs, une écurie, une grange, un poulailler et un fournil. Il ne subsiste plus aujourd'hui qu'une étable, un four à pain et deux grands bâtiments, l'un ayant servi de porterie et de logis pour le prieur, l'autre de salle commune aux malades. La chapelle qui a été convertie en grange à la Révolution a été détruite au début du XX^e siècle.

L'ensemble de ces bâtiments et leur emprise foncière, devenu propriété de la commune de Gragny en 1992, a été inscrit à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques au mois de février 1995. Ils font depuis l'objet d'importantes restaurations en vue d'une réhabilitation du site en lieu d'accueil à vocation culturelle.

Descriptif des bâtiments et des charpentes

Les bâtiments disposés en L en bordure de la rue du Carmel conservent encore des témoignages architecturaux de l'origine de cette maladrerie (fig. 1 et 2). Ceux qui sont perpendiculaires à cette route sont constitués de deux parties bien distinctes. Le premier (bâtiment B, à gauche sur la fig. 1), situé au plus proche de la route, est considéré comme l'ancien logis prieural et présente

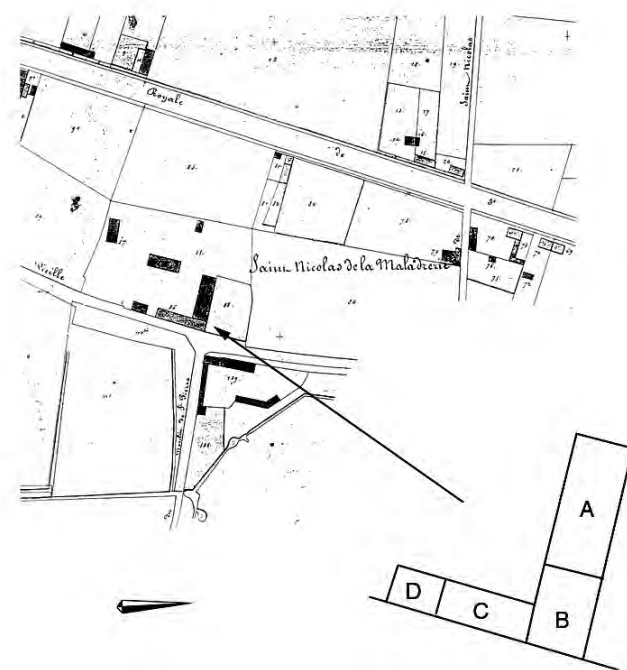


Fig. 2 : Plan de situation d'après le cadastre napoléonien (AD Eure, 3pl1118).

un plan carré avec un étage couvert d'une toiture à deux versants. Les maçonneries en moellons de calcaire et silex ainsi que les



Fig. 3 : Baies à coussièges, fin XII^e-début XIII^e siècle.

ouvertures à meneaux appartiennent aux XV^e-XVI^e siècles. La plupart des infrastructures intérieures ont été supprimées au XX^e siècle. Cependant, tous les sommiers semblent avoir été conservés, notamment ceux du premier niveau qui sont chanfreinés, de forte section, et qui reposent sur des corbeaux en quart-de-rond et des poteaux intermédiaires. La charpente du comble, à fermes et pannes, possède des fermes aux aisseliers et jambes de force courbes, formant ainsi un arc brisé avec les arbalétriers et l'entrait retroussé. Cette disposition très particulière des pièces pour des fermes d'une charpente à fermes et pannes se retrouve aussi dans un logis d'Harfleur servant aujourd'hui de musée communal, aussi du XV^e-XVI^e siècle.

Le bâtiment qui le prolonge à l'intérieur de la cour (bâtiment A, à droite de la fig. 1) est de plan rectangulaire, de 14 m de long sur 7 m de large environ, avec un rez-de-chaussée couvert d'une toiture à deux versants. Le mur est, en maçonnerie de moellons calcaires et silex, conserve deux baies cintrées constituées



Fig. 4 : Bâtiments C et D, façade sur rue.



Fig. 5 : Bâtiments C et D, façade sur cours.

chacune de deux ouvertures rectangulaires jumelées surmontées d'un tympan percé d'un oculus. À l'intérieur, des coussièges garnissent le revers de ces baies (fig. 3). Des traces d'une porte à l'extrémité nord se remarquent encore tandis que le mur ouest, très remanié au XVIII^e et au XIX^e siècle conserve le souvenir d'une baie identique aux précédentes. Ces baies sont toutes attribuables à l'architecture de la seconde moitié du XII^e siècle. La charpente du comble, à fermes et pannes, comporte de nombreux chevrons en réemploi, non datés, qui témoignent d'une ancienne charpente voûtée et lambrissée sur ce bâtiment.

Le bardage d'un appentis du XIX^e siècle accolé à l'extrémité nord de ce bâtiment est constitué en grande partie de lambris récupérés sur une ancienne charpente voûtée. Des traces de peintures bleues, jaunes et rouges y ont été relevées mais leurs tracés demeurent illisibles.

Les deux bâtiments bordant la rue (bâtiments C et D) présentent des maçonneries en blocage de moellons calcaire et



Fig. 6 : Charpente du bâtiment C, ferme principale.



Fig. 7 : Fermes secondaires.

de silex à l'exception des encadrements des fenêtres à meneau et des ouvertures réalisées en pierre de taille qui laissent transparaître un style des XV^e-XVI^e siècles (fig. 4-5). Ces fenêtres à meneau et les moulures des encadrements se rattachent à la campagne de construction du logis prieural (bâtiment B) et peuvent correspondre au rattachement de la léproserie au bureau des pauvres d'Évreux en 1557. Aucun contrefort ne vient raidir ces murs et les parties supérieures du bâtiment D ont été refaites en briques à l'époque moderne.

Le comble du bâtiment C comprend deux charpentes distinctes. La première, d'époque moderne, est à fermes et pannes et couvre la moitié nord jusqu'à la porte cochère. La seconde est placée dans son prolongement au sud, sur 10 m environ jusqu'au bâtiment D, et a connu récemment une sérieuse restauration. Cette charpente est à chevrons-formant-fermes et comprend quinze fermes, dont deux principales à entrain à chaque bout (fig. 6-8). Les deux fermes principales sont constituées d'un entrain, d'un couple de chevrons raidis par un faux-entrain, deux aisseliers droits et deux jambes de force droites (fig. 9). Elles possèdent également un faux-poinçon sculpté, assemblé en tête au faux-entrain mais seule la ferme principale sud conserve son faux-poinçon d'origine, celui de l'autre ferme ayant été refait à neuf. Ce faux-poinçon pourrait être un rajout tardif car son tenon de tête est chevillé dans le flanc du faux-entrain et ne pénètre dans aucune



Fig. 8 : Aisseliers droits assemblés par mi-bois.

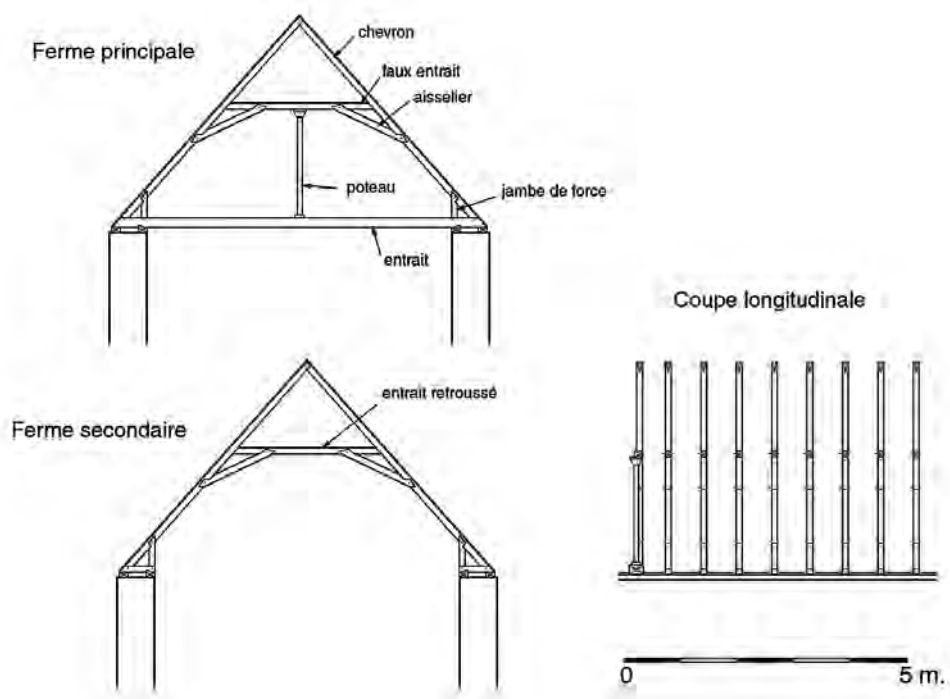


Fig. 9 : Charpente du bâtiment C : fermes et coupe longitudinale.

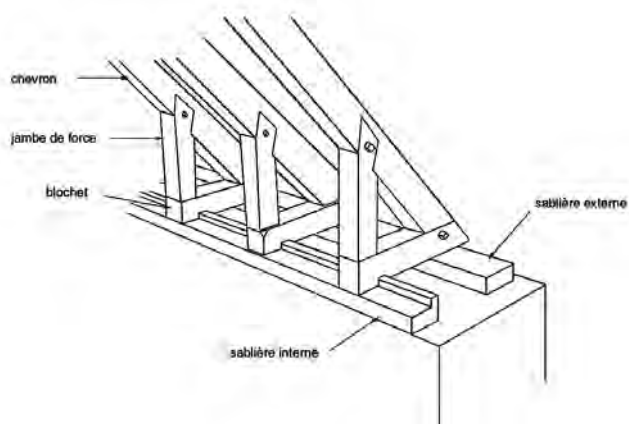


Fig. 10 : Assemblages des pieds de fermes aux sablières.

mortaise et son chapiteau est inadapté en section à celle du faux-entrait.

Les fermes secondaires présentent en pied un blochet assemblé sur le cours de la sablière interne au moyen d'une languette saillante rentrant dans une entaille en sous-face (fig. 10). Les assemblages des aisseliers et de la tête des jambes de force sont des mi-bois à demi-queue d'aronde. Ils se présentent tous assemblés sur la face nord des fermes. Le tenon-mortaise est utilisé pour tous les assemblages de pieds de fermes, les faux-poinçons, les entrails retroussés et, enfin, pour l'enfourchement des chevrons. Aucune lierne n'étrésillonne les fermes entre elles. Seules les voliges de la couverture remplissent la fonction de contreventement.

Des traces de clous sur les faces internes des bois témoignent de la présence d'une ancienne voûte lambrissée au profil

polygone. Les entrails présentent des chanfreins en face inférieure avec, sur celui de la ferme méridionale, des traces d'entrelacs d'un décor polychrome à dominante noire. Il est donc fort probable qu'à une époque donnée, cette voûte était peinte.

Enfin, notons la présence de marques d'assemblage en chiffres romains, gravées à la rainette en face interne des pièces. Des langues de vipères (petit trait rajouté à la marque) y ont été repérées de chaque côté du versant. Leur relevé n'a cependant pas pu être réalisé du fait du remplacement de nombreux bois lié à la dernière restauration.

Cette charpente présente donc des éléments caractéristiques du milieu ou de la seconde moitié du XII^e siècle : assemblages à mi-bois, absence de triangulation et de contreventement, faible pente (48,3°), assemblage à languette des sablières. Sa présence sur des maçonneries de la fin du Moyen Âge, parfaitement adaptées à la largeur de la charpente, s'explique par deux hypothèses. La première suppose que cette charpente du XII^e siècle est en place et qu'elle a été conservée en élévation lors de la reprise de l'appareillage des murs aux XV^e-XVI^e siècles, murs dont le noyau primitif serait toujours présent. La seconde hypothèse suggère que la charpente a été entièrement démontée et remontée à l'identique après la reconstruction complète des murs. De tels cas de figures sont connus, assez rares il est vrai, comme par exemple la charpente du XIII^e siècle de la nef de l'église de Villiers-le-Bel dans le Val-d'Oise, déposée au sol puis remontée à l'identique sur des murs du XVI^e siècle⁷.

La mise en place de cette charpente peut appartenir à la campagne de construction de la grande salle (bâtiment A) pourvue de baies romanes et se situerait donc dans la seconde moitié du XII^e siècle ou au plus tôt vers le milieu de ce siècle.

7. ÉPAUD 2005.

ROUEN (SEINE-MARITIME), MAISON RUE MALPALU

LA CHARPENTE de cet édifice a déjà fait l'objet d'une étude approfondie en 1994 par Yves Lescroart et Dominique Pitte dans un article publié dans le *Bulletin des Amis de monuments rouennais* de 1994-1995¹. Nous nous reportons donc à cette étude pour les descriptions de l'édifice et de sa charpente.

Identifié partiellement au siècle dernier, cet édifice, situé en cœur d'îlot de la rue Malpalu, n'a véritablement été reconnu qu'en 1943 après qu'un bombardement aérien l'eut gravement endommagé. P. Franchette, alors architecte des Monuments historiques, en a dressé des relevés et réalisé une brève étude architecturale des élévations². Malgré la mobilisation du propriétaire et de divers architectes, ce bâtiment ne put être protégé au titre des Monuments historiques et fut condamné à la démolition dix ans plus tard. Il n'en subsiste aujourd'hui plus que deux pans de maçonneries et un niveau de cave dans un terrain aménagé depuis en parking. Rappelons qu'en 1950, l'ensemble des maçonneries et de la charpente de cet édifice était encore en élévation.

Cet édifice, long de 26 m et large de 8 m hors oeuvre des murs, comprenait originellement un niveau de cellier à demi enterré, voûté d'arêtes sur doubleaux, et un étage occupé par une unique grande salle à laquelle on accédait par un escalier extérieur³ (fig. 1 et 2). Cette salle était chauffée par une cheminée flanquée

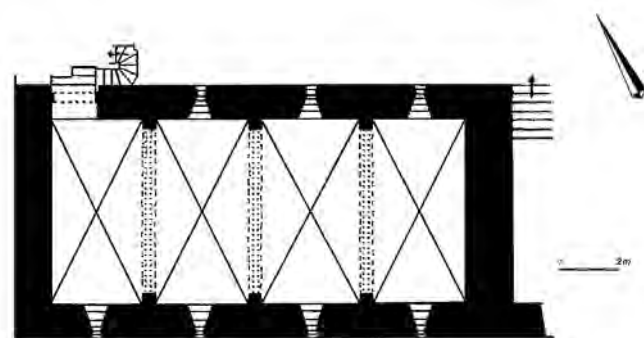


Fig. 1 : Plan de la maison rue Malpalu au niveau du cellier (PITTE et LESCROART 1995, p. 76).

sur le gouttereau sud, légèrement en saillie, et éclairée par des baies en plein cintre dont l'une était géminée avec une colonnette à base et chapiteaux sculptés « de feuillages qui se projettent en volutes »⁴. Le pignon ouest du bâtiment présentait également une baie en plein cintre. L'analyse des relevés graphiques et des sources manuscrites des divers témoins oculaires de cet édifice semble révéler l'inexistence originelle de voûtes en maçonnerie sur cette grande salle, comme le suggère par ailleurs l'absence de contreforts sur les murs extérieurs. La charpente du comble devait donc être apparente de l'intérieur de cette salle.

1. PITTE et LESCROART 1995, p. 73-83.

2. FRANCHETTE 1949, p. 164-166.

3. LANFRY 1939, p. 174-178.

4. LA QUÉRIÈRE 1821, t.1, p. 196; ID. 1841, t. 2, p. 269.

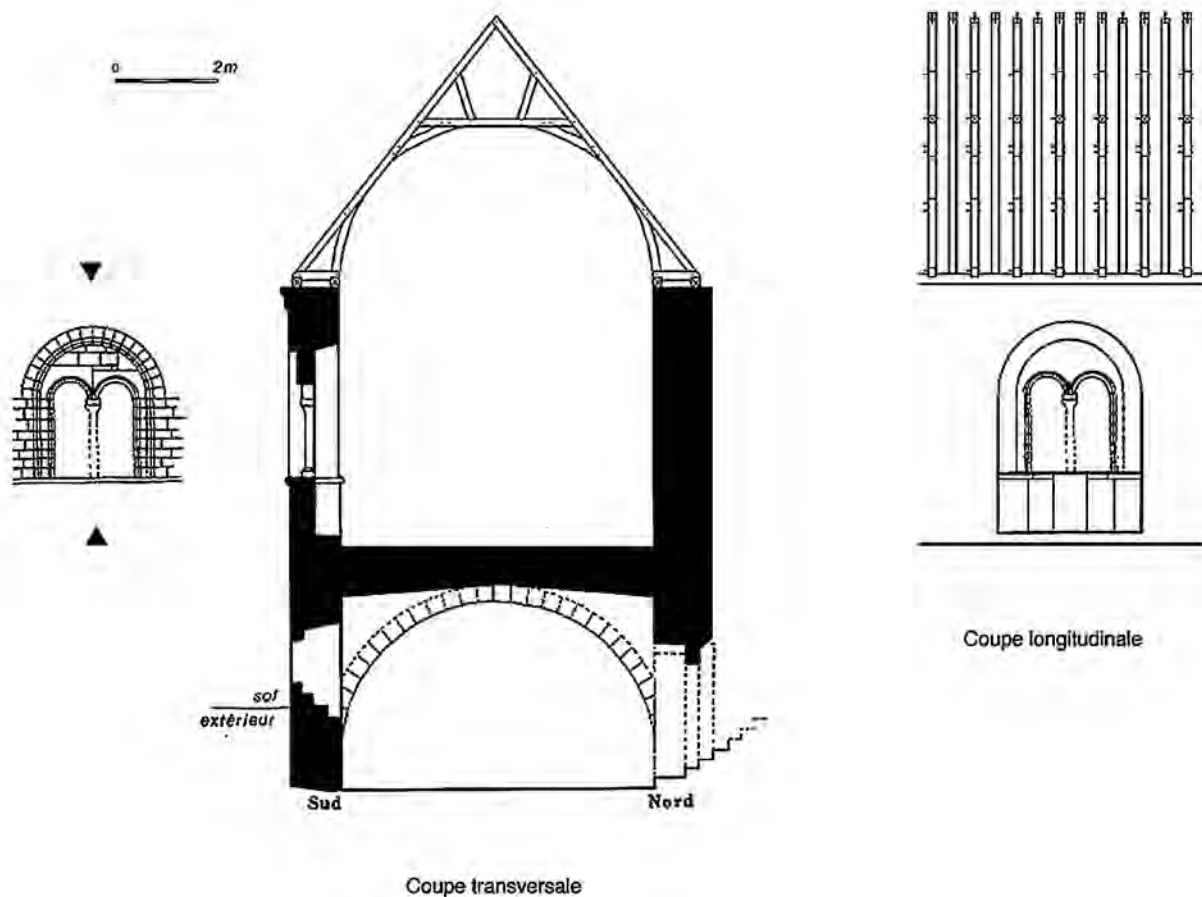


Fig. 2 : Coupes de la maison (PITTE et LESCROART 1995, p. 77).

Les maçonneries des murs formaient un moyen appareillage régulier de pierre calcaire. Le haut des murs gouttereaux était agrémenté d'une corniche pourvue de modillons.

La charpente n'est malheureusement que partiellement restituable et seul le profil de quelques fermes nous est connu, à la fois par les relevés de P. Franchette et par les rares clichés photographiques réalisés dans les années 1950. Il s'agissait d'une charpente à chevrons-formant-fermes dont la structure tramée n'a pas pu être mise en évidence en raison de l'absence de toute mention de ferme principale à entrain.

Espacées d'axe en axe de 79 cm environ, ces fermes étaient constituées chacune d'un couple de chevrons liés en tête par enfourchement et raidis en partie haute par un entrain retroussé et par deux contrefiches obliques assemblées en pied dans cet entrain. Tous les assemblages sont à tenon et mortaise. Des jambes de force en pied et des aisseliers courbes sous l'entrain retroussé dessinent le profil d'un arc en plein cintre destiné à conférer à ces

fermes l'apparence d'une voûte. Bien qu'aucune mention de clous n'ait été évoquée par l'architecte P. Franchette, E. de La Quèrièrre mentionne au XIX^e siècle la présence dans le grenier d'une voûte en plein cintre plâtrée, en précisant que des clous manifestement ont dû exister pour la fixation de ce plâtre⁵. Rien n'empêche donc de croire en l'existence d'un lambris de couverture sur cette voûte dès l'origine.

Le pied des fermes était constitué d'une plate-forme comportant pour chaque chevron un blochet assemblé sur deux cours de sablières. Aucun assemblage à mi-bois ni dispositif d'étré-sillonnement longitudinal des fermes n'a été relevé.

Des couples de chevrons, non raidis et assemblés en tête par enfourchement, sont intercalés entre chaque ferme de façon à raidir le voligeage de la couverture comme dans la charpente de

5. LA QUÈRIÈRE 1821, t.1, p. 196; ID. 1841, t. 2, p. 269.

la maison du n° 18 rue Saint-Romain à Rouen, du début du XIII^e siècle.

Les caractéristiques principales d'assemblage des éléments de fermes, l'absence de contreventement et les dispositions générales de cette charpente couvrant tout le volume de la grande salle

semblent plaider en faveur d'une datation de la seconde moitié du XII^e siècle, ce que confirment par ailleurs les traits généraux de l'édifice, propres à l'architecture civile de cette période. Yves Lescroart et Dominique Pitte proposent dans leur article une datation à la charnière du XII^e et du XIII^e siècle⁶.

6. PITTE et LESCROART 1995, p. 73-83.

ROUEN (SEINE-MARITIME), MAISON DU N°18, RUE SAINT-ROMAIN

CETTE CHARPENTE a déjà fait l'objet d'une étude d'archéologie du bâti par Yves Lescroart et Dominique Pitte en 1991, suite à un projet de rénovation du bâtiment¹. Devenue depuis inaccessible, il ne nous a pas été possible de l'analyser personnellement et nous nous reportons donc aux descriptions de cette étude.

Située en cœur d'îlot et bordée par une cour intérieure, cette maison présente un plan rectangulaire, légèrement trapézoïdal, de 16,80 m de grand côté (16,30 m de petit côté) sur 5,50 m de large (fig. 1). Édifiée en pierre, elle n'a conservé de sa construction d'origine que son cellier, son mur gouttereau ouest, très remanié, sur deux niveaux et une partie de sa charpente de comble. Éclairé par trois fenêtres à l'est, le cellier communique à l'extérieur par un escalier situé au milieu du mur pignon sud. Ses maçonneries sont faites d'un moyen appareil de pierres calcaires parementées en assises régulières. Aucune décoration ni sculpture ne permet de dater ces maçonneries avec précision.

Conservée sur la moitié de la longueur du bâtiment, sa charpente compte 11 fermes identiques et indépendantes (fig. 2). Chacune des fermes – espacées les unes des autres de 70 cm – est constituée de deux chevrons, assemblés en tête par enfourchement, d'un entrait retroussé, de deux aisseliers courbes et en pied de deux jambes de force également courbes. Le profil de ces pièces s'inscrit dans un cintre parfait. Aucune trace de clou n'a été relevée en sous-face des bois pour un éventuel lambris de couverture. La charpente était donc apparente à l'origine. La base

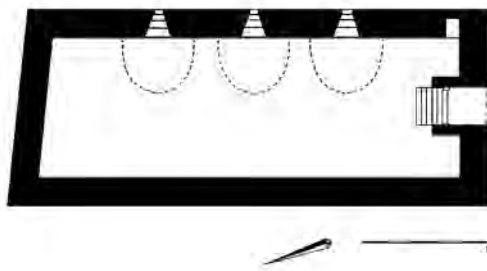


Fig. 1 : Plan du cellier voûté de la maison rue Saint Romain (PITTE et LESCROART 1991, p. 64).

des fermes étant dissimulée par le plancher, il n'était pas possible de savoir si ces jambes de force s'assemblaient soit dans un blochet, soit dans un entrait.

L'entrait retroussé s'assemble aux chevrons par des mi-bois à demi-queue d'aronde. Ces derniers sont raidis par les aisseliers courbes qui sont bloqués dans l'entrait et les chevrons par des embrèvements biais assemblés à force et maintenus par de grosses chevilles.

Ces fermes ont conservé une numérotation en chiffres romains qui va de XV jusqu'à XXV, du pignon sud au pignon nord. Les marques sont inscrites à la rainette sur les chevrons, les aisseliers et l'entrait retroussé.

Entre chacune des fermes de cette charpente, se loge un couple de chevrons, assemblés en tête par enfourchement comme dans la charpente de la maison rue Malpalu à Rouen du XII^e siècle. Il est possible que ces couples de chevrons aient été rapportés car aucun de ces chevrons n'a été marqué. Par ailleurs, la longueur

1. PITTE et LESCROART 1991, p. 65-69 et 1998, p. 210-212.

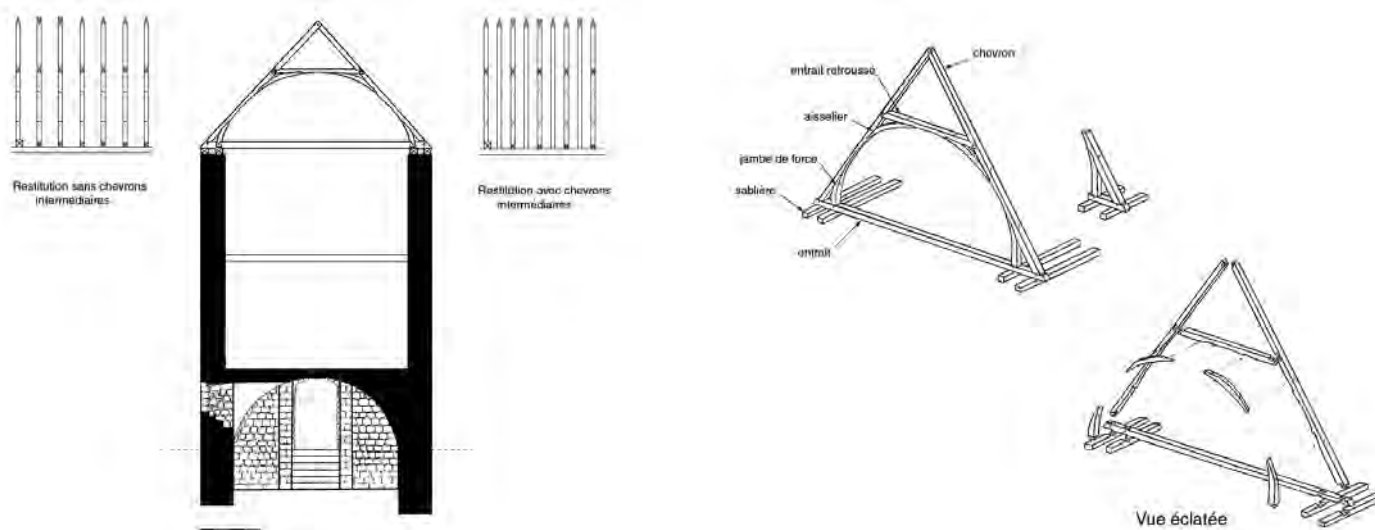


Fig. 2 : Restitution de la maison et de la charpente en coupes transversale et longitudinale (PITTE et LESCROART 1991, p. 67).

totale de la charpente d'origine, calculée d'après les marques d'assemblage (la marque XXV indique 25 fermes) et l'entrevous de 70 cm des fermes actuelles dépasse largement les dimensions de ce bâtiment². L'entrevous correspondant à 25 fermes et à un comble long de 16,80 m équivaut à 55 cm environ, ce qui est une moyenne observée dans la plupart des charpentes de ces dimensions. On peut donc penser que les fermes ont été déplacées et écartées pour intercaler entre chacune d'elles des couples de chevrons. Cette modification, qui permettait de conserver les bois de cette ancienne charpente tout en augmentant la surface de couverture, aurait pu être réalisée au XVII^e siècle lors de la reconstruction des façades nord et est, et de la suppression de la

moitié de la charpente d'origine. Dans le doute, nous conserverons ces deux propositions : une charpente aux fermes très espacées (70 cm) avec des chevrons intermédiaires, et celle d'une charpente aux fermes moins espacées (55 cm), sans chevron intermédiaire.

La datation de cette charpente prend en compte l'absence de triangulation et d'étrésillonnement longitudinal des fermes, la répartition des assemblages à mi-bois et le type de marquage des assemblages. Ces éléments permettent de placer sa mise en oeuvre entre la seconde moitié du XII^e siècle et le début du XIII^e siècle. Des analyses dendrochronologiques sont venues confirmer cette datation en situant l'abattage des bois entre 1201 et 1216.

². $(25 \times \text{entrevous } 0,70 \text{ m}) + (24 \times \text{section } 0,15 \text{ m}) = 21,1 \text{ m}$ soit une différence de 4,3 m avec la longueur maximale du cellier.

BAYEUX (CALVADOS), MAISON IMPASSE PRUD'HOMME

LA MAISON IMPASSE PRUD'HOMME est située à moins d'une centaine de mètres au sud de la cathédrale Notre-Dame, dans une impasse où se dresse l'un de ses murs pignons (fig. 1). Cette proximité permet d'avancer l'hypothèse que cette maison pouvait être à l'origine une maison canoniale.

Orienté est-ouest, cet édifice de plan rectangulaire mesure exactement 7 m de large sur 15 m de long dans œuvre des murs (ces mesures correspondent précisément à 45 x 21 pieds pour un pied de 33,3 cm), pour une hauteur de murs gouttereaux de 7,50 m environ. Il comprenait à l'origine un rez-de-chaussée plafonné et un étage couvert sur toute sa longueur d'une charpente voûtée lambrissée. Une cheminée à double conduit flanquait le gouttereau nord et chauffait le rez-de-chaussée ainsi que la salle haute (fig. 2). Le pignon oriental était ouvert sur la rue à chaque niveau par trois baies largement ébrasées à l'intérieur et à linteau trilobé pour certaines d'entre elles (fig. 1-3) tandis que l'autre pignon n'était percé que de deux petites baies quadrangulaires à la hauteur de la charpente voûtée. Le gouttereau nord était presque aveugle tandis que le mur sud, qui devait porter le degré d'accès à la salle haute, était ouvert à l'étage de deux grandes baies, dissimulées aujourd'hui par un enduit en ciment (fig. 4).

Vers la fin du Moyen Âge ou au début de l'époque moderne, le plancher a été repris en réemployant les sommiers et le solivage d'origine, la salle haute a été plafonnée afin d'isoler le comble et des cloisonnements ont été rapportés, notamment pour clore un escalier intérieur.



Fig. 1 : Pignon oriental.



Fig. 2 : Gouttereau nord.



Fig. 3 : Baie à linteau trilobé du pignon oriental.

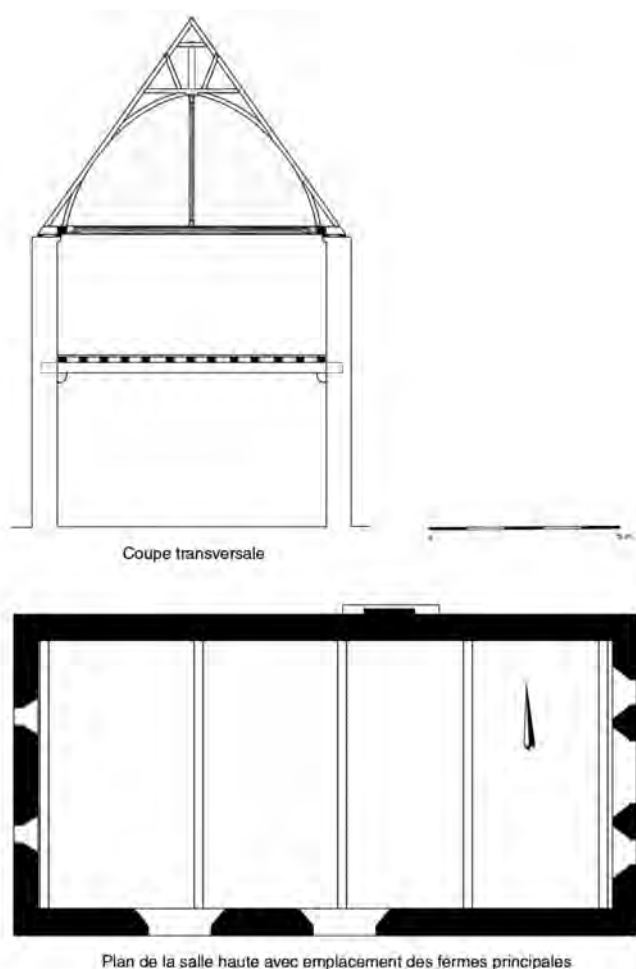


Fig. 4 : Coupe transversale et plan de la salle haute (1226d).

Une campagne de datation dendrochronologique a été réalisée en 2005 par le laboratoire de Rennes sur les bois de la charpente voûtée de la grande salle ainsi que sur les bois réemployés du plafond du rez-de-chaussée. L'abattage des bois de la charpente voûtée comme ceux du plafond est situé précisément en automne-hiver 1225-1226 du fait de la présence du *cambium* sur plusieurs échantillons. La cohérence architecturale de l'édifice, du rez-de-chaussée à la salle haute, permet de situer la construction des charpentes peu de temps après l'abattage des bois et l'achèvement de l'édifice vraisemblablement en 1226.

La charpente voûtée de la salle haute est conservée sur les deux tiers orientaux de sa longueur. Ses entrails et ses poinçons ont été supprimés et certaines entretoises de pieds de fermes ont été remplacées.

Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes subdivisée en 3 travées de 5 à 6 fermes secondaires (fig. 5 et 6). Celles-ci sont constituées d'un couple de chevrons raidis par un entrait retroussé, deux petites contrefiches obliques assemblées en pied sur ce dernier, deux aisseliers et deux jambes de force qui, par leur courbure naturelle et le délardement des chevrons et de l'entrait retroussé, dessinent le profil d'une voûte en tiers-point (fig. 7). Des entretoises (19 x 21 cm) assemblées aux flancs des entrails des fermes principales réceptionnent les jambes de force et retiennent les blochets destinés à recevoir le pied des chevrons. Un cours de deux sablières (8 x 17 cm) supporte ces entretoises et les blochets.

Les assemblages sont relativement divers : on remarque des mi-bois à demi-queue d'aronde en tête des contrefiches, des tenons-mortaises en pied de pièces et des embrèvements chevillés



Fig. 5 : Charpente voûtée de la salle haute (1226d).

à abouts biais, sans tenon, aux extrémités des aisseliers et en tête des jambes de force. Les fermes principales comprenaient en supplément un entrain et un faux-poinçon suspendu en tête par un mi-bois au faux-entrain ou à un second faux-entrain placé plus haut dans la ferme. Aucun dispositif d'étrésillonement longitudinal n'a été observé pour le contreventement des fermes.

Les sculptures des entretoises en pied de fermes présentent un large chanfrein encadré d'une épaisse baguette à profil semi-circulaire, mise en relief par une gorge profonde (fig. 8). L'encadrement, la gorge et le chanfrein étaient peints en rouge tandis que la baguette semble avoir été à dominante noire. La corniche qui supporte les sablières était également peinte en rouge. Sur le mur pignon est, un bandeau à fond rouge avec des motifs de rinceaux et de feuilles de vignes souligne le profil en tiers-point de la voûte (fig. 9) tandis que le pignon opposé montre des vestiges d'un décor peint composé de personnages, d'animaux et d'écussons armoriés, peut-être plus tardifs. Les nombreux clous en sous-face des fermes et la présence de ces peintures suggèrent que la voûte était lambrissée et vraisemblablement décorée aussi de peintures. Cependant, en sous-face des bois, le négatif du voûtement montre un lattis constitué de



Fig. 6 : Partie haute des fermes.

petites lattes cloutées, larges de 3 cm en moyenne et espacées de 7 cm à l'entraxe, comme un lattis de couverture et non comme un lambris de planchettes jointives. En dépit d'un espacement important, ce lattis servait probablement à la

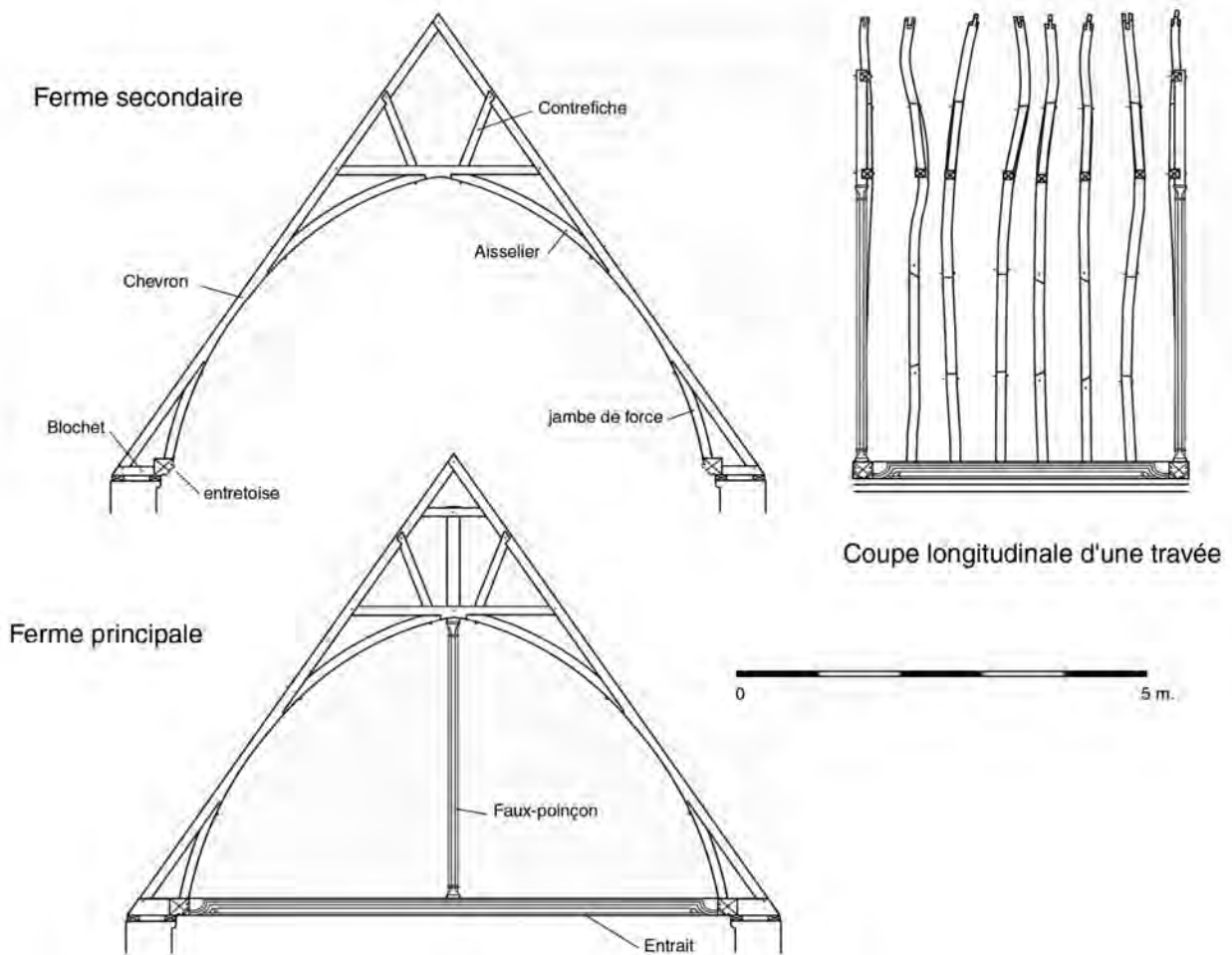


Fig. 7 : Charpente de la salle haute : fermes et coupe longitudinale d'une travée (1226d).



Fig. 8 : Entretoise sculptée et peinte.

fixation d'un revêtement en plâtre, justifié peut-être par la difficulté de trouver près de Bayeux des bois à fendre de qualité, aux cernes étroits et à fibres droites, au regard de la quantité de bois tors présents dans cette charpente. L'absence d'autres clous et le retour des peintures murales au droit de ce lattis suggèrent que celui-ci est contemporain du décor pictural de la grande salle, réalisé probablement peu de temps après l'achèvement de la toiture.

Des marques d'assemblage sont inscrites en pied de pièces à la rainette. Il s'agit de chiffres romains répartis de façon désordonnée au sein du plan de la charpente.

De l'est vers l'ouest, avec en gras les marques des fermes principales :

? I II III IIII VI V **XXIII** X XI XXII XXV XVII ? **XXIII** XII XIII ...

Cette numérotation a donc servi uniquement à l'identification au sol des bois de chaque ferme, avec un numéro propre



Fig. 9 : Bandeau de peintures rouges suivant le profil de la voûte.

à chaque ferme, et non au levage des fermes suivant un plan ordonné, les fermes étant toutes identiques.

Des traces de lignage au noir de carbone à un trait axial et à deux traits parallèles ont été relevées en sous-face des chevrons. Notons enfin la présence de nombreuses petites entretoises encastées dans les flancs des chevrons ou portées par des cales pour supporter des entre-chevrons. Ces pièces de soutien, rajoutées à l'époque moderne, étaient destinées à soulager le lattis pour aider le chevronnage à porter la lourde couverture de schistes.

Le rez-de-chaussée est divisé aujourd'hui en trois pièces dont l'une, située à l'extrémité ouest de l'édifice, sert depuis plusieurs décennies de débarras. Dans cette pièce, le plafond n'a pas été enduit de peinture ce qui a permis de constater, d'une part, que



Fig. 10 : Sommier et solives peintes de 1225-1226d en réemploi dans le plancher de la fin du Moyen Âge.



Fig. 11 : Décor en damier peint des solives (1225-1226d).

sa structure actuelle résulte d'un remaniement complet de la fin du Moyen Âge ou de l'époque moderne et, d'autre part, que le sommier central et une quinzaine de solives sont des réemplois, datés par dendrochronologie de l'automne-hiver 1225-1226, provenant du plafond d'origine (fig. 10). Posées à plat sur le sommier dans la structure primitive, les solives (14 x 18 cm de section) étaient peintes en sous-face et sur leurs flancs en damier de rectangles noir et blanc (fig. 11). Le sommier (22 x 27 cm de section) qui portait ces solives présente aussi des traces de peintures en sous-face et sur les flancs montrant des rectangles alternativement noir et blanc, d'une longueur moyenne de 30 cm, correspondant vraisemblablement aux emplacements des solives. Ces bois témoignent donc de la présence au rez-de-chaussée d'une salle au plafond peint dont l'emplacement précis et la fonction au sein de l'édifice restent encore à déterminer.

ROUEN (SEINE-MARITIME),

LOGIS ABBATIAL SAINT-AMAND

L'ABBAYE DE SAINT-AMAND est fondée au XI^e siècle à l'initiative de Gosselin, vicomte d'Arques, et de sa femme Emmeline¹ à l'intérieur même de la ville de Rouen, à l'emplacement probable d'une ancienne chapelle urbaine dédiée à saint Amand². Très vite, cette abbaye de femmes est richement dotée notamment grâce à la première abbesse Emma et ses deux frères, Jean d'Avranches, archevêque de Rouen et Hugues IV, évêque de Bayeux, qui donne dès 1035 un domaine situé à Boos en bordure de plateau³.

Les revenus tirés d'un important patrimoine foncier, tant rural qu'urbain, permettent rapidement la construction de la première église abbatiale, dédiée à la Vierge et à saint Amand, consacrée dès 1068 par Jean d'Avranches et reconstruite 70 ans plus tard suite à l'incendie du 14 septembre 1136 qui a ravagé l'abbaye et tout le quart nord-est de la ville⁴.

Obéissant à la règle bénédictine, l'abbaye de Saint-Amand est pendant longtemps le seul établissement communautaire à être implanté au sein des murailles de la ville de Rouen. Elle bénéficie toujours de la protection ducale, puis royale après la reconquête française de 1204.

En 1248, un nouvel incendie touche l'abbaye⁵. Pour faire face au coût des reconstructions, Béatrice I^e d'Eu fait rédiger

un cartulaire dressant la liste des biens et des titres de l'abbaye dans le but de récupérer les dîmes usurpées par les laïcs⁶. La nouvelle église abbatiale ainsi que les bâtiments conventuels sont réédifiés dans les décennies qui suivent⁷.

Au début du XIV^e siècle, sous l'abbatit de Béatrice II, la communauté compte une soixantaine de religieuses puis, avec la peste noire et la guerre de Cent Ans, elle se réduit à une quinzaine⁸. Cet effectif se maintient jusqu'au milieu du XVI^e siècle, et ce malgré les nombreuses constructions entreprises dans l'abbaye vers la fin XV^e-début XVI^e siècle. De ces édifications subsistent aujourd'hui la façade du logis des abbesses, l'infirmerie, plusieurs maisons de location sises rue Saint-Nicolas, et quelques éléments isolés d'anciens bâtiments. Dans la première moitié du XVII^e siècle, sous l'abbatit d'Anne II de Souvré, l'abbaye connaît sa dernière grande réforme spirituelle et matérielle. À cette occasion l'ancien logis abbatial du XIII^e siècle, situé le long de la rue Saint-Amand, est aménagé en appartement privatif de l'abbesse. Enfin, dans le courant du XVIII^e siècle, plusieurs autres aménagements et constructions sont réalisés au sein de la clôture comme la réalisation de ce bâtiment de 40 m de long sur 12 m de large, édifié par Marie-Élisabeth Barentin et détruit par un incendie juste après son achèvement en 1709⁹.

1. AD Seine-Maritime, 55 H.

2. DELSALLE 1980, p. 33.

3. AD Seine-Maritime, 55 H.

4. HERVAL 1949, t. I, p. 59.

5. FARIN 1738, vol. I, p. 170.

6. DELSALLE 1980, p. 37.

7. FARIN 1738, vol. V, p. 133.

8. DELSALLE 1980, p. 37.

9. DELABARRE 1907, p. 16.

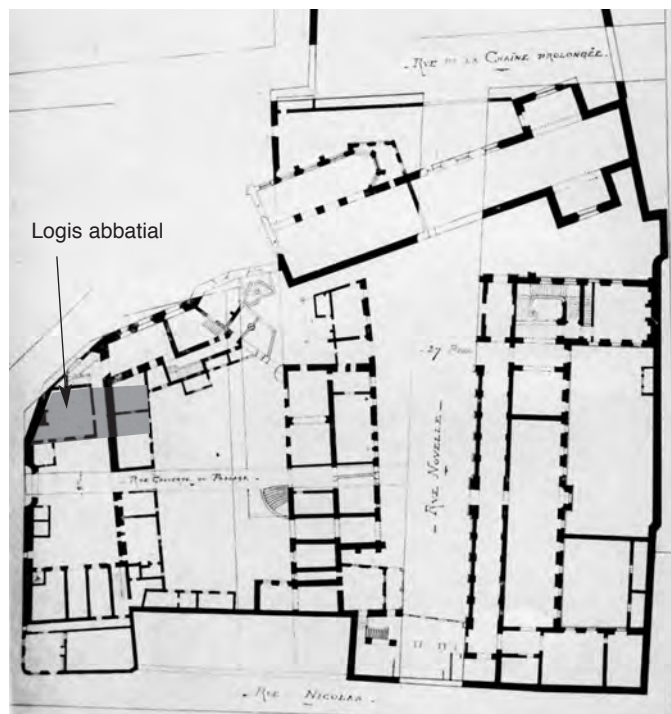


Fig. 1 : Plan de l'abbaye Saint-Amand à la Révolution sur le tracé des voies actuelles (DELABARRE 1907, p. 57) avec localisation du logis.

Mise en vente en 1796, l'abbaye est rachetée en 1797 pour être transformée en lotissements. Puis, lors du percement de la rue de la République entre 1853 et 1856, l'ancienne église abbatiale ainsi que la plupart des bâtiments conventuels sont entièrement démolis pour laisser place, aux abords de cette nouvelle route, à des immeubles de style Empire.

Description du bâtiment

L'édifice situé au n° 6 de l'impasse Saint-Amand correspondrait à ce logis abbatial primitif. Il est accolé par son mur pignon ouest au mur de clôture de l'abbaye (fig. 1). D'orientation est-ouest, parallèle à l'actuel passage Saint-Amand, ce bâtiment présente un plan quadrangulaire de 12 m sur 6 environ avec en élévation un rez-de-chaussée, deux étages et un niveau de comble sous une toiture à deux versants.

Les deux pignons est et ouest sont en maçonneries, sur toute leur élévation, et les deux murs gouttereaux en pans-de-bois. Une cheminée médiévale, à l'âtre et au contre-cœur en tuileaux, est incorporée dans le pignon oriental au dernier étage du logis. Le mur-pignon ouest, intégré dans la clôture abbatiale, présente une forte inclinaison sud-est par rapport à l'axe du bâtiment.



Fig. 2 : En arrière-plan, façade du logis en 1976 avant restauration (Inv. Gén. Haute-Normandie).

D'un appareillage régulier en pierre de taille calcaire avec un larmier à la base du comble, il est raidi par quatre contreforts de faible saillie, à un seul ressaut, placés aux angles et aux deux tiers de sa longueur. Ces contreforts sont absorbés à leur base par le talus du mur et terminés en tête par un larmier à mi-hauteur du comble.

Le gouttereau nord du logis est dissimulé dans d'autres constructions, elles-mêmes accolées à l'ancien mur de clôture et dont une grande partie a été remaniée dans les années 1630-1650, sous l'abbatiale d'Anne II de Souvré. Ces aménagements modernes ont vu la mise en place d'un escalier à balustrades, un regard en encorbellement – surplombant encore aujourd'hui la rue Saint-Amand – qui permettait la surveillance de l'entrée de l'abbaye, et diverses installations pour les appartements de l'abbesse, logée dans cet édifice¹⁰. De même, la façade orientale est prise dans d'autres constructions dont



Fig. 3 : Charpente voûtée du logis lors des travaux de restauration de 1984 (Inv. Gén. Haute-Normandie).

l'infirmierie, édifiée à la fin XV^e-début XVI^e siècle sous Isabeau Daniel, en retour d'équerre et sur l'actuel passage Saint-Amand.

Le gouttereau sud quant à lui est bien dégagé et visible depuis le passage Saint-Amand. Recouverte par un habillage en plâtre du XVIII^e siècle (fig. 2), cette façade a fait l'objet en 1984 d'une importante campagne de restauration qui a permis de révéler l'existence de restes du pan-de-bois originel (fig. 3 à 5)¹¹. Ces vestiges ont été restaurés pour être intégrés dans l'actuelle façade qui est une proposition de restitution de la façade d'origine (fig. 6 et 7).

Les éléments en bois de cette façade sud sont assemblés aux pieds des fermes de la charpente du comble qui présente également une disposition d'ensemble visiblement d'origine. Cette charpente de comble, les éléments de cette façade sud ainsi que le mur-pignon sur lequel ces structures s'adosent semblent correspondre aux constructions élevées par Béatrice d'Eu après l'incendie qui ravagea l'abbaye en 1248.

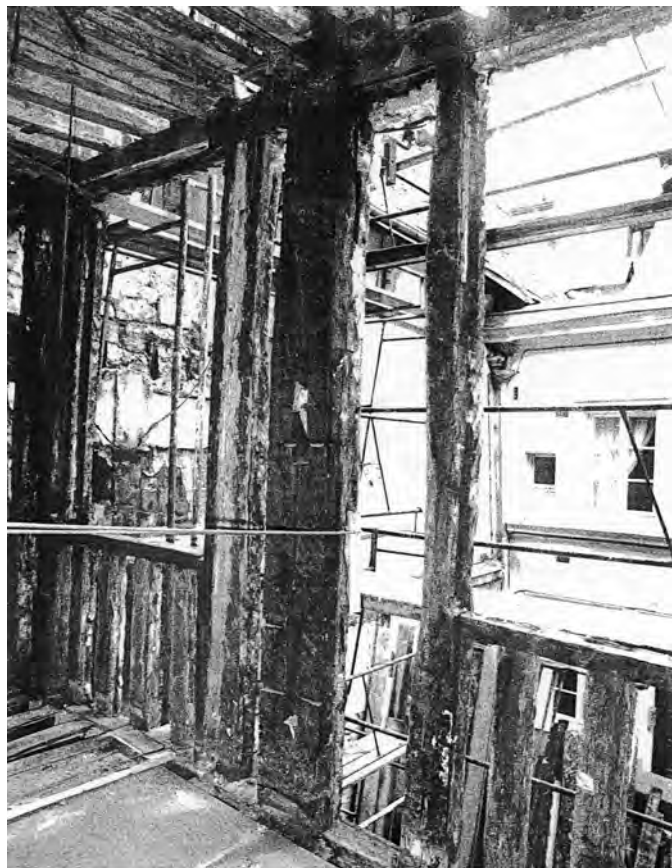
10. DELABARRE 1907, p. 41.

11. Ces travaux de réhabilitation ont été supervisés par l'architecte M. Ratier et par l'Atelier d'urbanisme de Rouen, sous la direction de M. Gaspérini.

Une expertise dendrochronologique menée en 1985 par le laboratoire du CRAHM de Caen et reprise en 2001 puis en 2006 par le laboratoire de Rennes a proposé comme date d'abattage des bois la période 1239-1270. Tenant compte de l'incendie de 1248, cette phase peut correspondre logiquement à la reconstruction des bâtiments abbatiaux. Nous retiendrons donc comme **proposition de datation une mise en place entre 1248 et 1270.**

Le pan-de-bois de la façade sud

Long de 10,73 m pour une hauteur de 9,48 m, ce pan-de-bois s'appuie sur un solin de maçonnerie. En 1984, lors du dégagement de son revêtement de plâtre d'époque moderne, plusieurs pièces maîtresses de l'ossature d'origine se sont révélées être en place, de même que des éléments du colombage à l'ouest (fig. 6 et 7). Ces éléments d'ossature ont été maintenus en place parce qu'ils supportaient les entrants de la charpente du comble. Le reste du colombage d'origine a été remplacé au XVIII^e siècle



*Fig. 4 : Façade sud en cours de dégagement en 1984
(Inv. Gén. Haute-Normandie).*



Fig. 5 : Charpente du comble (cl. Ratier).

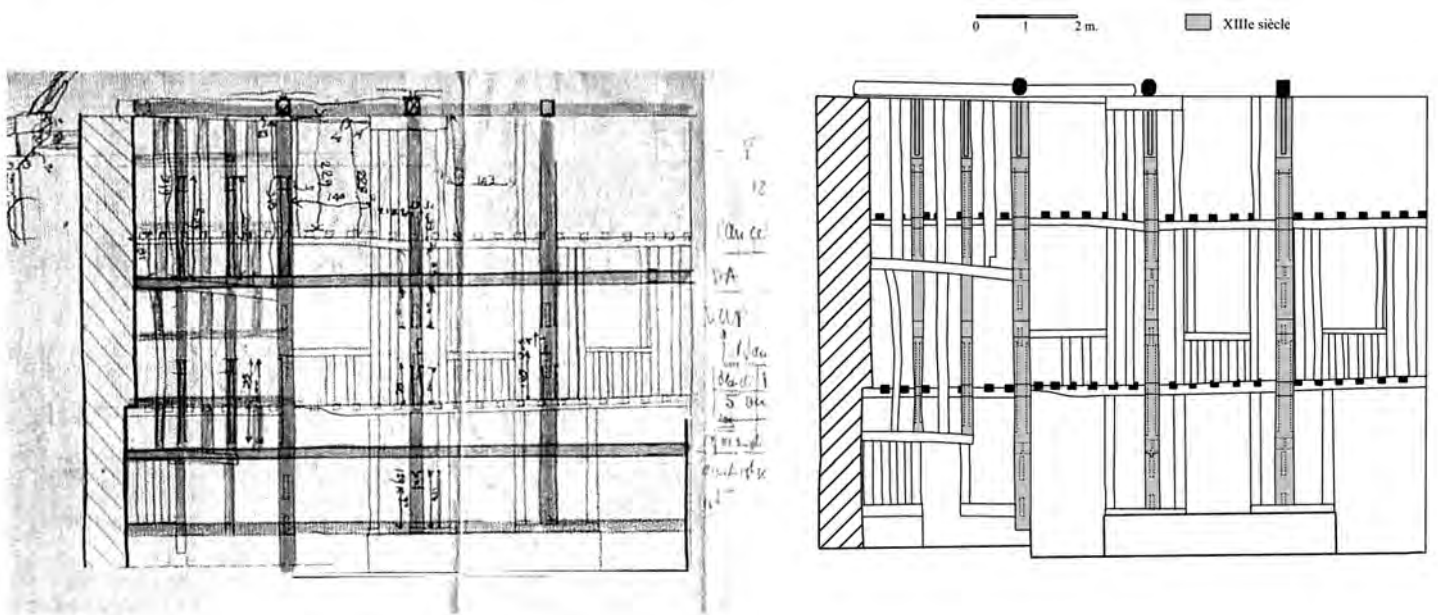


Fig. 6 : Relevé original de la façade sud en cours de dégagement (RATIER 1984) et mise au propre.

pour aménager de nouvelles ouvertures au rez-de-chaussée et aux deux étages. Les planchers ont aussi été supprimés pour établir de nouveaux solivages, perpendiculaires aux précédents, à un niveau plus élevé.

D'après les éléments encore en place, le pan-de-bois d'origine présentait une ossature verticale, sans encorbellement, constituée de cinq longs poteaux de 8,84 m de haut, subdivisant la façade en quatre travées et étrésoignées horizontalement par trois cours



Fig. 7 : Façade sud du logis après restauration.

d'entretoises et une sablière haute délimitant les trois niveaux du bâtiment (fig. 8). Les entretoises, dont le premier cours s'appuie sur le solin, faisant ainsi office de sablières basses, sont assemblées sur les flancs des poteaux par tenon-mortaise tandis que la sablière haute est fixée sur leur tête par tenon-mortaise. Chaque poteau pénètre en pied le solin de maçonnerie.

Les panneaux ainsi définis par l'ossature sont chacun remplis par deux poteaux verticaux assemblés en tête comme en pied par tenon-mortaise dans les sablières et les entretoises. L'écartement de ces poteaux varie selon les travées. Équidistants dans les travées de bout est et ouest, ils sont plus rapprochés entre eux dans les travées médianes.

Des lisses, mises en applique dans des entailles à ressauts pratiquées dans les poteaux, constituent le linteau et l'appui de ces baies, présentes uniquement aux étages, le rez-de-chaussée demeurant aveugle. L'intrados de ces linteaux devait, vraisemblablement, être taillé et garni de moulures à l'image de celles restituées, bien qu'aucune lisse n'ait été retrouvée. Des rainures, présentes sur le flanc de ces poteaux, étaient destinées à des panneaux de bois pour la fermeture de ces baies. Ils se montaient de derrière l'allège à la hauteur de ces baies. Ces rainures, identifiées sur tous les poteaux, suggèrent une rangée de baies contiguës sur toute la longueur de la façade, au premier et au second étage.

En tête des poteaux, sur leur face extérieure, une longue mortaise était destinée à recevoir un pigeart, sorte de console, pour porter le débord de la toiture prolongée par des coyaux, et assurer la protection de la façade contre le ruissellement des eaux de pluie.

Sur la face intérieure des poteaux d'ossature et sur deux niveaux, un couple de mortaises renforcées par un embrèvement recevait les tenons d'une poutre de plancher et de son aisselier. Le solivage qui reposait sur ces poutres était donc disposé parallèlement aux façades nord et sud. La hauteur sous plafond du rez-de-chaussée est au moins de 2,47 m, celle du premier étage de 2,93 m et la hauteur de la grande salle voûtée jusqu'au niveau des entrails est de 3,60 m. Les poutres de plancher assuraient donc avec les entrails de la charpente du comble l'étrésillonement entre les deux pans-de-bois de façade nord et sud.

La charpente du comble

Il s'agit d'une charpente voûtée à chevrons-formant-fermes, de structure tramée avec 21 fermes dont 5 principales (fig. 8). La trame de cette charpente s'articule avec le pan-de-bois de la façade sud : chaque ferme principale est en effet portée par un poteau d'ossature. Cette trame subdivise la charpente en quatre travées comprenant chacune quatre fermes secondaires. Les fermes sont logiquement orientées perpendiculairement aux façades nord et sud.

L'inclinaison du mur pignon ouest par rapport à l'axe de l'édifice est à l'origine d'une perturbation dans la composition de la travée de charpente qui lui est contiguë et dont le plan est trapézoïdal. En effet, dans cette travée, les fermes ont leurs pieds nord accolés les uns contre les autres tandis que leurs pieds sud sont régulièrement espacés.

Chaque ferme principale comprend un entrail soutenu en milieu de portée par un poinçon de fond travaillant en triangulation. Un couple de chevrons, raidis par deux niveaux de faux-entrails, est assemblé par tenons-mortaises aux flancs du poinçon. Des aisseliers courbes placés sous les premiers faux-entrails et des jambes de force cintrées participent au raidissement des chevrons de la ferme.

Les fermes secondaires comportent également un entrail retroussé maintenu par des aisseliers courbes, et un faux-entrail en partie haute de la ferme. Les chevrons sont assemblés en tête par enfourchement. Tous les autres assemblages sont à tenons et mortaises chevillés.

Le délardement de l'entrail retroussé et des chevrons, la courbure des aisseliers et des jambes de force dessinent un arc légèrement brisé sur lequel les nombreuses traces de clous rendent compte de la présence d'un lambris de couverture.

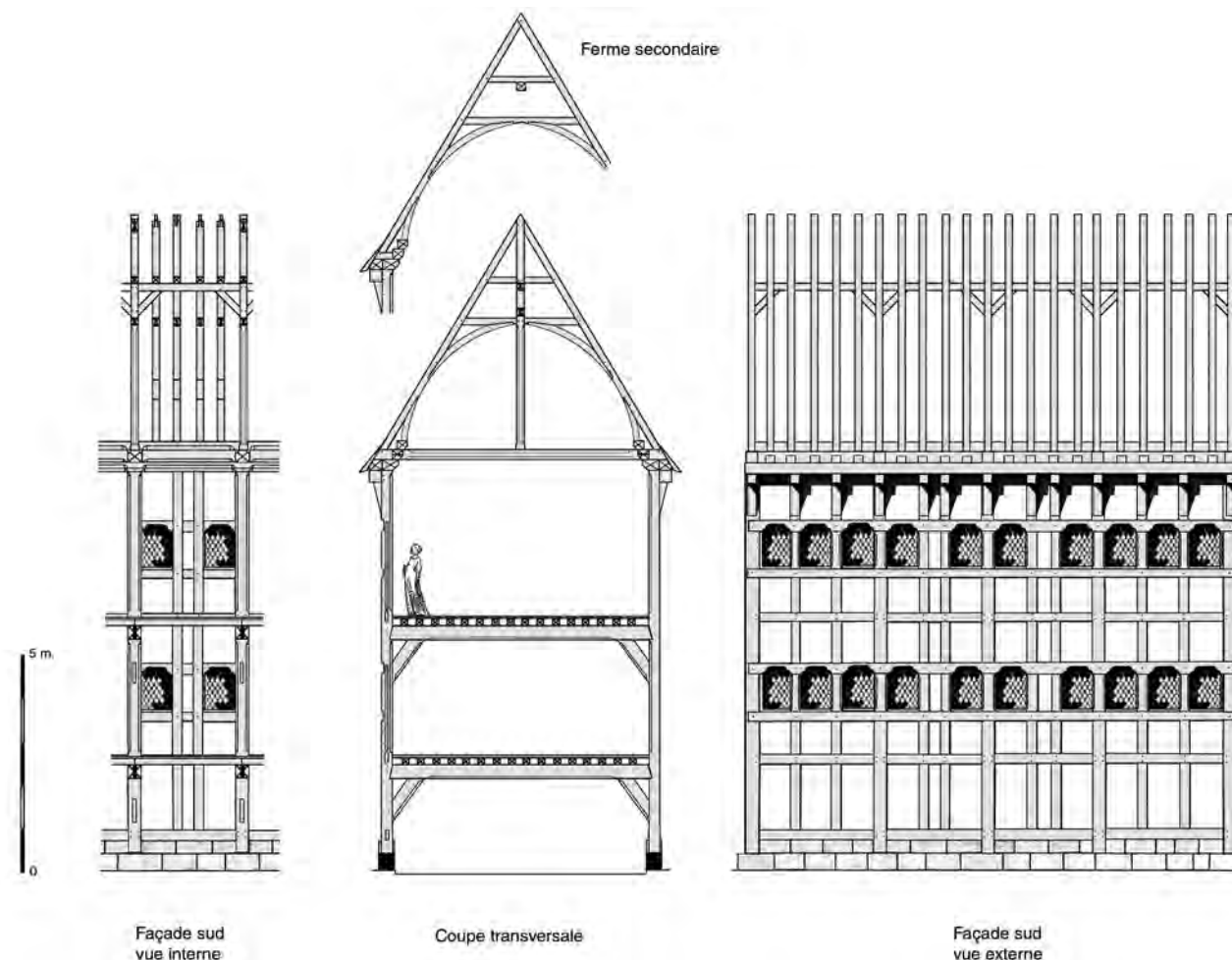


Fig. 8 : Coupes du logis abbatial Saint-Amand (1248-1270d).

L'étrésillonnement longitudinal des fermes principales est assuré par un cours de liernes assemblées aux poinçons par tenons-mortaises juste sous le dernier niveau de faux-entraits. De petits aisseliers viennent contreventer ce dispositif. Ces liernes remplissent donc un rôle d'étrésillonnement pour les fermes principales mais surtout celui de soutènement des parties hautes des fermes secondaires. Elles reportent sur les fermes principales les charges des fermes secondaires par l'intermédiaire des entrails retroussés et contribuent aussi à maintenir l'écartement des fermes secondaires.

Le dispositif de réception des pieds de fermes, lié à la sablière haute du pan-de-bois des façades nord et sud est particulièrement complexe. Entre deux fermes principales, une poutre de rive assemblée sur les flancs des entrails reçoit les jambes de force tandis que les chevrons sont repris en pied par de courts blochets tenonnés dans cette poutre. Cet ensemble est supporté par deux sablières accolées l'une contre l'autre,

elles-mêmes portées en tête des poteaux des pans-de-bois et par leurs pigearts. La sous-face des entrails est taillée aux abouts en demi-queue d'aronde afin de travailler en traction sur ces sablières pour éviter le déversement des pans-de-bois. Ce dispositif de pied de fermes a été conçu pour résister aux poussées latérales des fermes secondaires. La faible longueur des travées et les liernes longitudinales de soutènement des entrails retroussés des fermes secondaires contribuent également à limiter ces poussées.

La face interne de ces sablières et les arêtes inférieures des entrails sont chanfreinées tandis que les poinçons présentent une moulure sculptée à leur base et sous la voûte lambrissée.

L'absence d'assemblage à mi-bois au sein des fermes, la simplicité des moulures sur les bois apparents et ce système de report des charges combiné au contreventement des fermes principales tendent à confirmer la datation dendrochronologique entre 1248 et 1270.

BOOS (SEINE-MARITIME), MANOIR DE L'ABBAYE DE SAINT-AMAND

C'EST EN 1035 que l'abbaye de Saint-Amand de Rouen reçoit en don la terre de Boos, de la part de l'évêque de Bayeux, Hugues, frère de la première abbesse Emma¹. Cependant, les sources ne permettent pas de savoir si, dès cette époque, un édifice est construit à Boos. Il semble que ce soit vers le milieu du XIII^e siècle, lors de la reconstruction de l'abbaye de Saint-Amand, détruite par un incendie en 1248, que le manoir a été édifié. Deux bulles pontificales, l'une émise en 1243, l'autre en 1249 avaient permis d'accroître le patrimoine et les revenus de l'abbaye afin de subvenir au coût de ces constructions². Ce manoir aurait pu bénéficier de cette manne financière et être aussi l'objet de vastes programmes de reconstructions survenus juste après la destruction de l'abbaye. En effet, en 1258, une somme de 400 livres empruntée par l'abbesse Béatrice d'Eu pour subvenir aux dépenses des reconstructions n'était toujours pas remboursée³.

À la fin du XIV^e siècle, les rares comptes conservés de la communauté de Saint-Amand nous apprennent que le manoir est alors dirigé par un homme et une femme. Les comptes de quelques travaux d'entretien complètent nos informations : la cour du manoir comprenait un colombier, un vieux puits, une grange à blé avec son porche couvert de tuile, une grange aux trémois, une charreterie, une laiterie et des étables au toit de

chaume. Le logis contenait une cuisine communiquant par une trappe au cellier et à un four, une chambre pour le receveur et son clerc, une autre pour l'abbesse ainsi qu'une salle haute⁴.

De nouvelles constructions virent le jour au cours de la première moitié du XVI^e siècle tels l'actuel colombier, situé dans la cour à l'est du manoir, édifié sous l'abbatit de Guillemette d'Assy (1517-1531)⁵ et un bâtiment avec une galerie, au sud du logis, construits par l'abbesse qui lui succède, de 1531 à 1539⁶. La galerie fut détruite quelques années plus tard en 1562 par les protestants. Pendant la reconstruction, entre 1630 et 1651, des travaux de réaménagement du manoir furent entrepris pour l'adapter au goût et au confort de l'époque moderne. D'autres transformations affectèrent la galerie et le bâtiment sud au cours des XVII^e et XVIII^e siècles.

Avec la Révolution, le domaine fut mis en vente, en 1791, puis découpé en plusieurs parcelles cadastrales. Depuis, plusieurs édifices dont la ferme, la grange à manège et le pressoir ont disparu. Le reste des bâtiments a subi certains aménagements intérieurs au XIX^e siècle comme l'adjonction de cheminées, de cloisons ou de lambris.

1. AD Seine-Maritime, 55 H, cartulaire.

2. POMMERAYE 1662, p. 89, 93-94 ; AD Seine-Maritime, 55 H. Bulle d'Innocent IV.

3. LE CACHEUX 1936, p. 43.

4. AD Seine-Maritime, 55 H, registres de comptes ; LE CACHEUX 1936, p. 216-229.

5. THAURIN 1860, p. 59.

6. GLANVILLE 1859, p. 550-558.

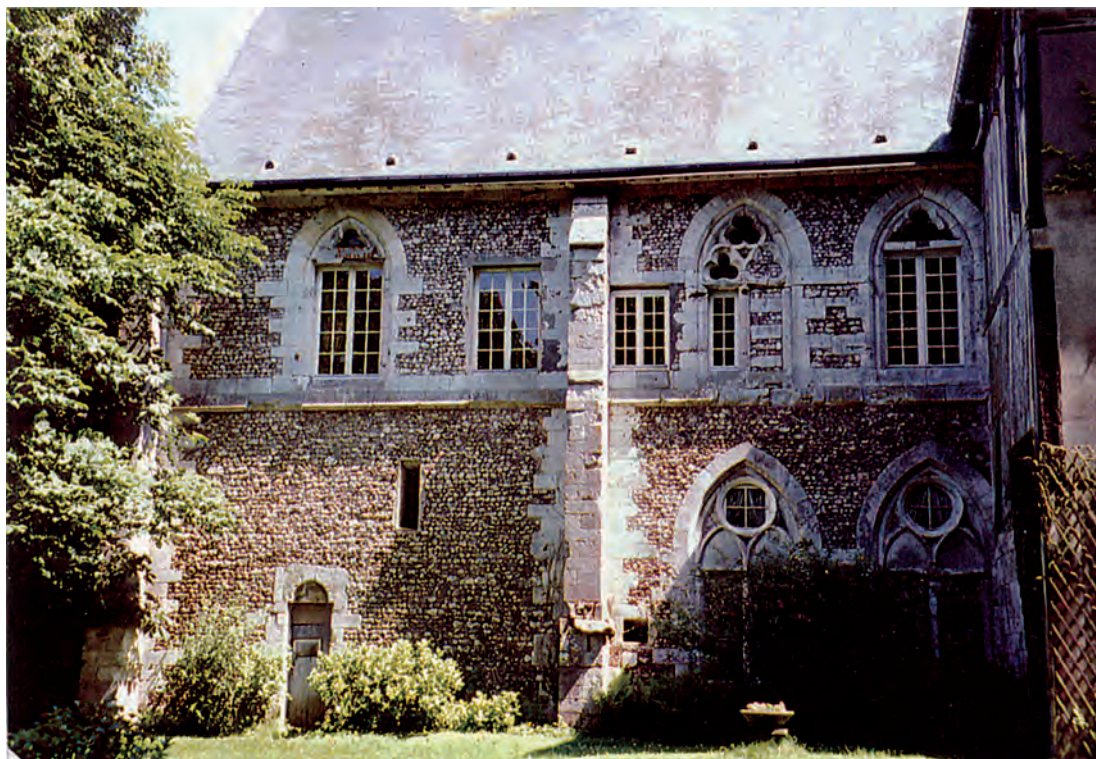


Fig. 1 : Façade ouest.

Description du bâtiment

D'orientation nord-sud et long de 18,50 m sur 8,60 m de large environ hors œuvre, cet édifice comporte actuellement une cave, un rez-de-chaussée et trois niveaux de plancher, séparant le corps du bâtiment en trois étages successifs (fig. 1 à 3). Les façades est et ouest sont partagées en deux niveaux par un larmier délimitant, à l'origine, un rez-de-chaussée et une salle haute. Le plancher de la salle haute est conservé et correspond à celui du deuxième étage actuel. Un pavage en petites tomettes le recouvre en partie. La façade ouest est percée de fenêtres en arcs brisés à intrados polylobé. Les deux murs pignons de la toiture en bâtière sont également ouverts, au sud plus qu'au nord, de grandes baies en arc brisé. Tous ces murs, raidis aux angles et au milieu des façades latérales par des contreforts à deux larmiers, ont des maçonneries faites d'assises régulières de silex et, pour les contreforts, les ouvertures, les larmiers et les corniches, de pierre calcaire en moyen appareil. Une cheminée massive à souche octogonale est adossée au gouttereau oriental, dans la travée sud.

Sur la façade est (fig. 3), on peut remarquer de chaque côté de la cheminée des solins en pierre de taille d'une ancienne toiture : ils témoignent de l'existence d'un bâtiment perpendiculaire, accolé au manoir, visiblement contemporain ou antérieur



Fig. 2 : Pignon sud.



Fig. 3 : Façade est.

à l'édification de ce manoir⁷. En effet, ces solins sont en place dans les maçonneries d'origine et le larmier qui court autour de l'édifice s'interrompt à l'emplacement de cet édifice disparu.

Enfin, toujours sur ce mur est, on devine l'existence d'une ancienne tourelle hors œuvre qui donnait accès au premier étage par une porte encore visible, et dont la base est aujourd'hui dissimulée par un appentis construit récemment.

Les planchers

À l'évidence, les niveaux actuels de sommiers ne sont pas tous d'origine. Le premier et le troisième niveau ont été rapportés manifestement au début du XVIII^e siècle, lors des travaux de réaménagement de la galerie et de la construction du bâtiment sud. Ces rajouts de sommiers et solives ont entraîné l'obstruction de plusieurs fenêtres ogivales. Seul le deuxième plancher semble d'origine. Ses sommiers, disposés transversalement à l'édifice, reposent sur des corbeaux taillés en quart-de-rond. Un pavage de petits carreaux d'origine médiévale recouvre encore le sol par endroits.

7. Je remercie Edward Impey pour cette observation.

La charpente du comble

Les rampants moulurés en doucine et terminés en crossette correspondent parfaitement avec le niveau et la pente de la toiture. Celle-ci est inclinée à 52,4°. D'un mur pignon à l'autre, la structure du comble est homogène, sans aucune reprise ni réemploi. La charpente à chevrons-formant-fermes compte cinq travées composées chacune d'une ferme principale et d'un nombre variable de quatre à six fermes secondaires (fig. 4-5). Les fermes principales sont constituées d'un couple de chevrons, d'un entrait, d'un poinçon de fond, d'un faux-entrait, d'un couple d'aisseliers et de jambes de force. Ces dernières pièces assemblées dessinent un profil cintré en tiers-point.

Un décor peint sur le mur pignon nord dessine sur un enduit de couleur ocre des faux joints à double trait blanc avec des roses à six pétales rouges (fig. 6). Deux bandeaux rouges délimitent ce décor, laissant entre eux une large plage non décorée, tout en suivant exactement le profil cintré et la bordure des fermes placées contre ces deux murs pignons. Ce type de décor peint, attesté dès le XIII^e siècle, se retrouve également le long des deux murs gouttereaux.

Les entrails présentent des chanfreins arrêtés à l'assemblage du poinçon et des moulures à collerette à ses deux extrémités. Les poinçons, de section octogonale, possèdent tous une base sculptée

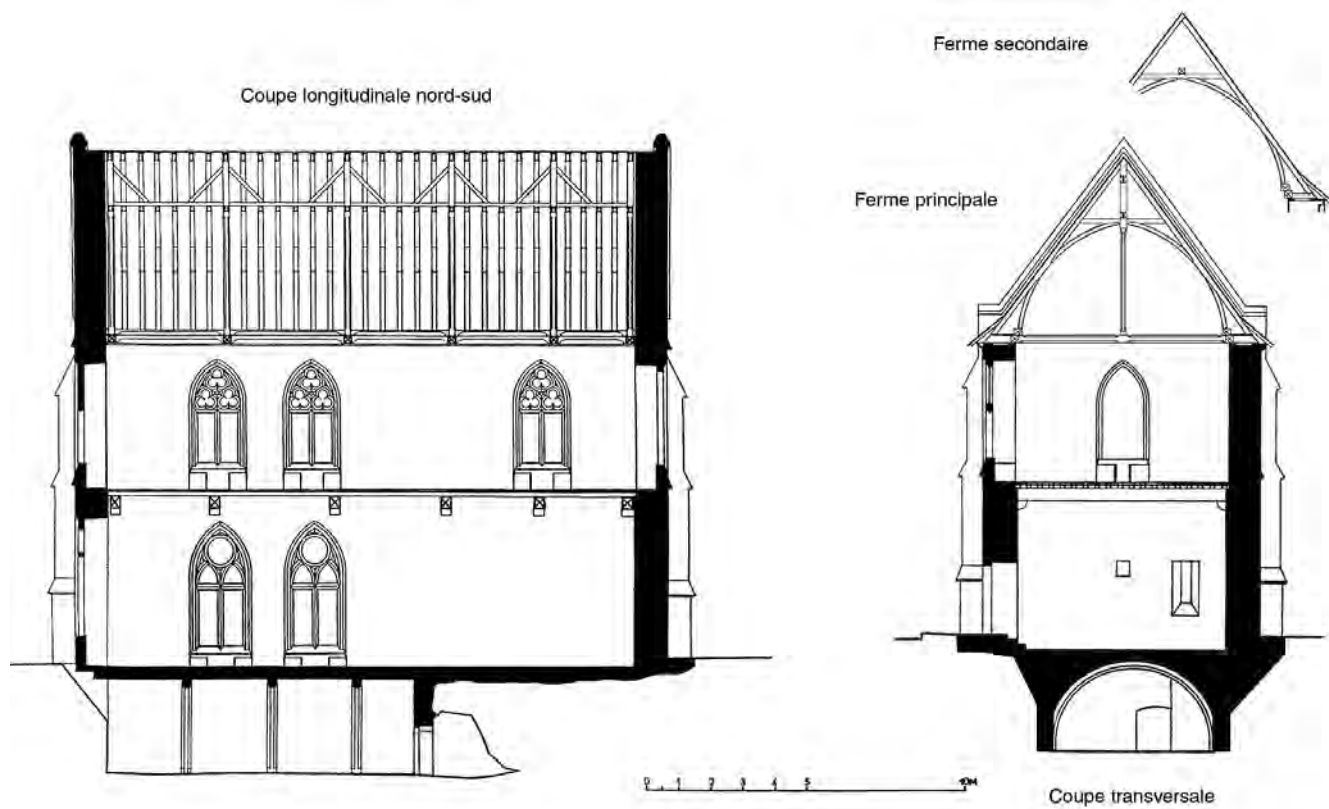


Fig. 4 : Coupes longitudinale et transversale du manoir de Boos avec restitution des niveaux d'origine.



Fig. 5 : Charpente voûtée à chevrons-formant-fermes de la salle haute.



Fig. 6 : Décor peint du pignon.



Fig. 7 : Moulures du pied de poinçon.

et un chapiteau mouluré à collerette, disposé au-dessous de l'assemblage des faux-entraits (fig. 7). En tête, les chevrons s'assemblent par tenon-mortaise sur les flancs du poinçon participant ainsi à la triangulation de la ferme.

Les fermes secondaires gardent le même profil que les fermes principales. Elles sont toutes constituées d'un couple de chevrons, assemblés en tête par enfourchement et raidis par un entrait retroussé, d'un couple d'aiseliers et de jambes de force courbes. Les traces de clous relevés sur les faces internes de ces cintres témoignent d'une ancienne voûte lambrissée.

La base des fermes est formée par un système d'entretoises qui s'assemblent à des blochets, destinés à recevoir le pied des chevrons et posés à même l'entablement des murs gouttereaux (fig. 8-9). Un cours de sablières, superposé aux entretoises et aux entraits, recueille le pied des jambes de force. Entretoises et sablières présentent sur leur arête interne inférieure un chanfrein finement



Fig. 8 : Moulures des entretoises.



Fig. 9 : Blochets des pieds de fermes secondaires.

mouluré. Aucune trace de polychromie n'a pour l'instant été identifiée sur ces moulures.

L'étrésillonnement de ces fermes est assuré par un cours de liernes disposé sur le niveau des entrails retroussés et assemblées aux poinçons des fermes principales. Leur contreventement se fait par des liens obliques fixés en tête des poinçons (fig. 10).

Tous les assemblages de cette charpente sont à tenon-mortaise. Leur marquage utilise une numérotation en chiffres romains continue mais alternée pour les fermes principales : les fermes secondaires et principales ont ainsi chacune leur propre numérotation (I II III IV I V VI VII VIII II VIII X XI XII III XIII...).

L'absence de réemploi, de traces de rubéfaction sur les murs, la concordance des peintures murales avec le profil des fermes ainsi que la parfaite cohésion de la charpente avec les maçonneries des murs gouttereaux et des rampants des murs pignons tendent à confirmer la mise en place de cette charpente lors de l'édification du manoir, vers le milieu du XIII^e siècle.



Fig. 10 : Lierne contreventée par des liens obliques.

VAL-DE-LA-HAYE (SEINE-MARITIME), GRANGE DE LA COMMANDERIE SAINTE-VAUBOURG

LA COMMANDERIE SAINTE-VAUBOURG ayant été étudiée récemment par Michel Miguet¹ dans le cadre d'une thèse sur les templiers en Normandie, nous reportons ici les références historiques de l'établissement citées par cet auteur.

La commanderie de Sainte-Vaubourg se situe sur la rive droite de la Seine, à quelques kilomètres en aval de Rouen, en hauteur sur une déclivité qui domine le fleuve. Elle fut constituée entre 1172 et 1178 par un don d'Henri II, roi d'Angleterre et duc de Normandie, à l'ordre du Temple². Il concéda à cet ordre un établissement déjà pourvu de terres et de bois circonscrits par des fossés formant un parc qui, selon Farin, aurait été créé par Henri I^{er} Beauclerc³. Ce parc comprenait une réserve de chasse et une résidence dans laquelle plusieurs chartes d'Henri I^{er} furent souscrites⁴.

Limitée au sud par le fleuve et au nord par la forêt royale et des propriétés des abbayes de Saint-Georges de Boscherville et du Bec-Hellouin, la commanderie de Sainte-Vaubourg dut étendre son patrimoine foncier loin de la commanderie, à l'intérieur du pays de Caux et au-delà de la Seine, dans l'Eure. L'extension de ces possessions foncières au XIII^e siècle se fit dans un premier

temps par des donations puis, dans un deuxième temps, en regroupant des terres par des rachats ou des échanges de parcelles⁵. Au début du XIV^e siècle, tous les biens du Temple furent dévolus à l'ordre des Hospitaliers. Ces derniers, avec la peste noire et la guerre de Cent Ans, modifièrent le mode de gestion de leurs exploitations en remplaçant le faire-valoir direct par le bail à ferme et à fief, sauf pour le domaine de Sainte-Vaubourg qui resta sous le régime du faire-valoir direct jusqu'à la fin du XV^e siècle. Pendant l'occupation anglaise de la Normandie, au cours de la première moitié du XV^e siècle, la superficie des terres cultivées se réduisit considérablement, laissant se développer le taillis et la futaie. Il fallut attendre les années 1470-1480 pour que, dans la plupart des exploitations, la quasi-totalité des terres arables fût remise en culture. Ce redressement s'accompagna d'une reprise en main du temporel de l'établissement, dans les dernières décennies du XV^e siècle, grâce à une politique d'accensement visant à concéder, à perpétuité, d'importantes parcelles de terre par des baux à fief⁶.

Concernant le domaine même de Sainte-Vaubourg, il fallut attendre le début du XVIII^e siècle pour que la superficie des terres labourables de 1373 fut retrouvée, alors que les surfaces de pré et de bois restèrent stables de la fin du XIV^e siècle jusqu'à la Révolution.

1. MIGUET 1995, p. 400-430.

2. Arch. Nat., S 5197-5198A.

3. FARIN 1738, VI, p. 109.

4. *Regesta regum Anglo-Normannorum*, 1066-1054, t. II, Oxford, 1956; HASKINS 1918, p. 310 et 315.

5. MIGUET 1995, p. 404-405.

6. *Ibid*, p. 409.



Fig. 1 : Grange du Val-de-la-Haye (Seine-Maritime), 1216-1220d.

Des bâtiments datant de l'origine de la commanderie, ne restent plus aujourd'hui que la grange, deux caves dont une voûtée et les ruines de la chapelle. Deux autres édifices médiévaux mentionnés par deux textes, l'un de 1457⁷, l'autre de 1753⁸, et représentés sur un plan de 1745⁹, existaient au centre de l'enclos, à proximité de la chapelle. Ils furent démontés dans les années 1760-1763, ne laissant subsister de ces bâtiments qu'une cave non voûtée dans le sous-sol de la cour actuelle. L'autre cave, voûtée de deux croisées d'ogives en plein cintre, se trouvait à proximité de ces deux bâtiments et peut être datée du XIII^e siècle. Quant aux ruines de la chapelle, elles semblent témoigner d'une construction du XII^e-XIII^e siècle.

7. Arch. Nat., S 5558, fol. 121v.

8. Arch. Nat., S 5202A, 39^e liasse.

9. Arch. Nat., S 5197-5198A, 7^e liasse et N II, Seine-Maritime 4.

Dans la cour, on peut encore remarquer, sur le côté est de la cour, une demeure pouvant dater du XVII^e siècle, au nord, des écuries et le cellier du XVIII^e siècle et au sud, un château du XVIII^e siècle également, remanié au XIX^e siècle en maison de maître.

La grange et sa charpente

L'expertise dendrochronologique réalisée en 2005 par le laboratoire de Rennes sur cette charpente a permis de situer l'abattage des bois et donc la construction de la grange entre 1216 et 1220¹⁰.

Orientée NE/SO, la grange mesure 29,65 m de long sur 17 m de large, hors œuvre des murs (fig. 1-2). L'implantation des

10. BERNARD et LE DIGOL 2005c.



Fig. 2 : Vues intérieures de la charpente.

poteaux définit une nef centrale de 6,20 à 6,30 m de large, subdivisée en quatre travées inégales, et deux bas-côtés avec un collatéral sud plus large qu'au nord : 4,74 m contre 3,64 m (fig. 3). Les deux travées ouest sont de longueurs sensiblement égales à 6,40 m environ tandis que les deux autres travées ont des longueurs proches de 6,90 m. Cette grange présente l'originalité d'être construite sur une forte déclivité du terrain. Pour asseoir la toiture sur une assise horizontale, le mur gouttereau sud, plus élevé que le mur nord, est renforcé par sept contreforts. Les dés en maçonnerie des poteaux rattrapent également cette pente par des hauteurs variant de 10 à 80 cm.

Les deux murs pignons sont raidis par des contreforts, quatre contre le pignon oriental, le plus élevé, et deux contre le pignon occidental. Ces contreforts encadrent sur le pignon oriental une porte charretière, décalée par rapport à l'axe de la nef centrale, et une entrée piétonne précédée d'un emmarchement. Une étroite baie axiale perce le haut du pignon au-dessus de la porte charretière. L'autre pignon ainsi que les murs gouttereaux sont complètement fermés. Le décalage de la porte charretière et la dissymétrie des deux bas-côtés s'expliquent par la déclivité du terrain et une volonté

manifeste d'en tirer parti pour gagner en superficie. Avec une inclinaison de toiture de $41,2^\circ$ identique sur les deux versants, la différence de niveau de sol et donc le décalage de hauteur entre les deux bas-côtés permettaient de prolonger la toiture plus loin en contrebas avec une plus grande largeur du bas-côté sud qu'au nord. Pour cette raison, la porte charretière a été décalée vers le sud afin de compenser cette asymétrie et permettre un engrangement égal des deux côtés de l'axe central de circulation des chariots.

Les poteaux du vaisseau principal ont une section impressionnante qui varie entre 80/64 cm à la base et 41/45 cm au sommet, pour une hauteur totale de 7 m. Ils supportent une charpente qui peut se définir comme une structure à fermes et pannes. Le chevronnage est en effet porté par des pannes qui sont elles-mêmes portées par onze fermes. Parmi ces dernières, cinq fermes principales s'appuient sur les poteaux et six fermes secondaires sont assises en milieu de travée sur le cours des sablières et des entretoises (fig. 4-5).

Les fermes principales sont constituées à la base d'un entrait (31/36 cm de section), soulagé aux tiers de sa portée par deux

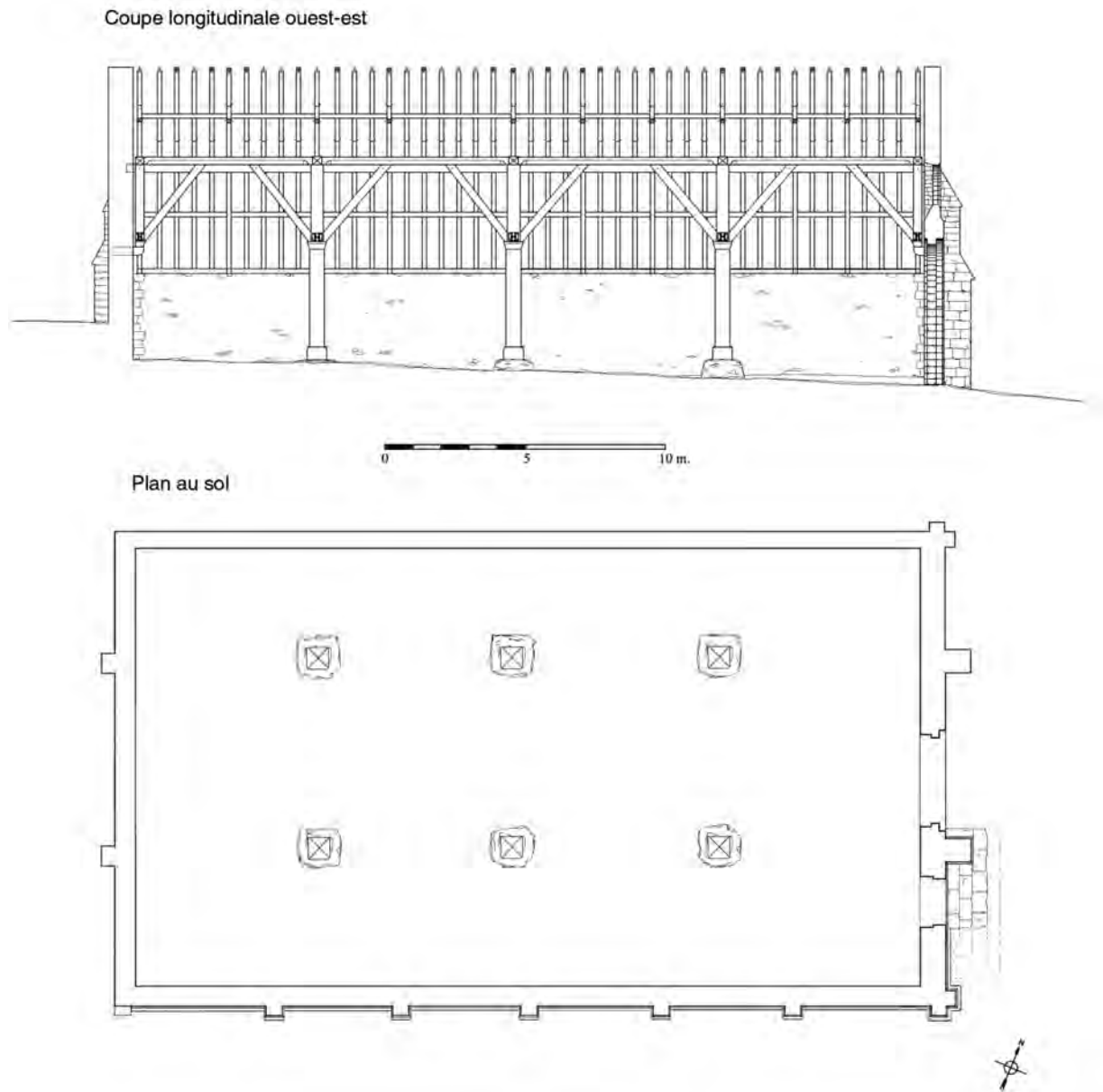


Fig. 3 : Coupe longitudinale ouest-est et plan au sol de la grange (1216-1220d).

aisseliers, un couple de chevrons raidi par un faux-entrait, et un couple de sous-chevrons destinés à sous-tendre les chevrons. Les pannes sont posées aux extrémités du faux-entrait et retenues par une petite contrefiche assemblée par des mi-bois en demi-queue d'aronde (fig. 6). Les autres assemblages sont à tenon et mortaise. Les chevrons se prolongent au-delà de l'entrait et sont retenus sur l'about grâce à un ressaut sur lequel le chevron vient buter, et par un chevillage contre le flanc de l'entrait (fig. 7). L'extrémité inférieure de ces chevrons s'assemble donc

directement au chevron du collatéral à l'aide d'une enture oblique crantée fixée par deux chevilles. Ces assemblages sont d'une parfaite exécution et n'ont pour la plupart subi aucune déformation.

Les deux fermes principales placées à chaque extrémité de la charpente, contre les murs pignons, ne reposent pas sur de longs poteaux de fond mais sur des potelets qui réceptionnent également les aisseliers et les contrefiches des bas-côtés. Ils sont assis sur un sabot en bois qui pénètre profondément dans les

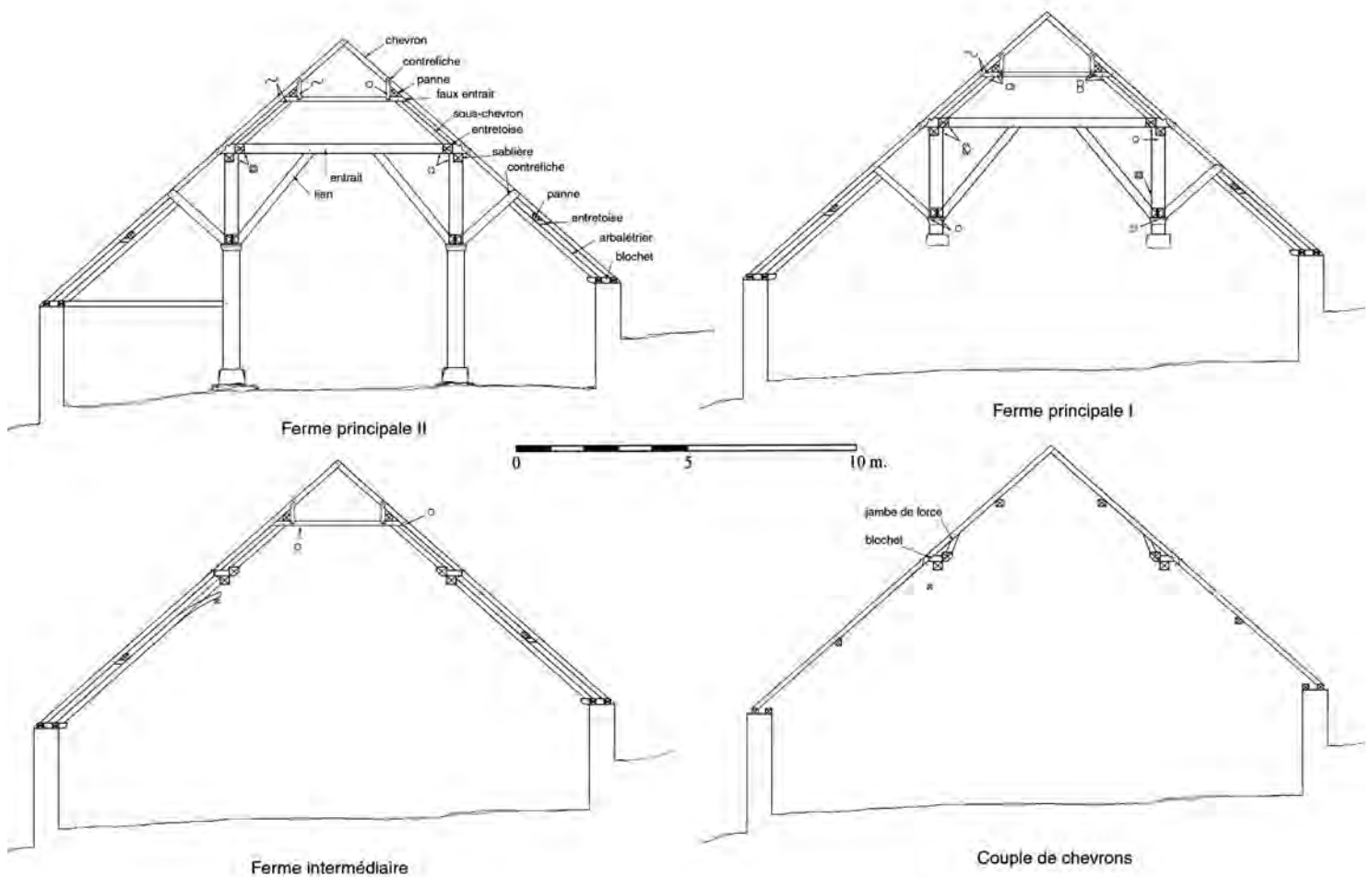


Fig. 4 : Fermes et couples de chevrons, avec emplacements des marques d'assemblage.

maçonneries sur 83 cm, et qui est lui-même soutenu par un large corbeau en pierre calcaire (fig. 8).

Les fermes intermédiaires sont strictement identiques aux fermes principales excepté l'entrait principal. Le pied des chevrons s'assemble donc dans un blochet tandis que les sous-chevrons sont tenonnés dans une forte entretoise chanfreinée (fig. 9). Le chevonnage de ces fermes se prolonge sur les collatéraux par un chevron dont la tête biseautée vient reposer sur l'about droit du blochet, maintenu par une cheville.

L'étrésillonnement de ces fermes est assuré par les cours de pannes qui sont encastés aux extrémités dans les maçonneries, comme les sablières supportant les blochets qui sont assemblées en tête des poteaux par tenon-mortaise. L'assemblage de ces sablières entre elles se fait au sommet des poteaux par une enture oblique crantée (fig. 7). Les entrails sont eux aussi étrésillonnés par des entretoises, assemblées par tenon-mortaise sur leurs flancs, et destinées à recueillir les charges des fermes intermédiaires et

celles du chevonnage. Un chanfrein profile l'arête interne inférieure de ces entretoises. Le raidissement de ces entretoises et sablières est assuré par des aisseliers de forte section (27 x 38 cm) assemblés en pied dans le poteau par un double tenon-mortaise et en tête d'abord dans la sablière puis par prolongation dans l'entretoise par tenon-mortaise. La réception sur les poteaux de ces aisseliers longitudinaux, pour les entretoises et les sablières, et les aisseliers transversaux, pour les entrails et les chevrons des collatéraux, s'opère par l'entremise d'un ressaut travaillé sur les quatre faces en forme de chapiteau (fig. 10). Ce « chapiteau » ainsi que le ressaut de la base du poteau ont été obtenus lors de l'équarrissage, en ayant préservé une surépaisseur de bois en ces deux endroits seulement.

Entre ces fermes principales et intermédiaires, destinées à supporter les pannes, s'intercale un chevonnage sous la forme de couples de chevrons assemblés en tête par enfourchement (fig. 4). Ces chevrons reposent donc à mi-portée sur une arête entaillée et

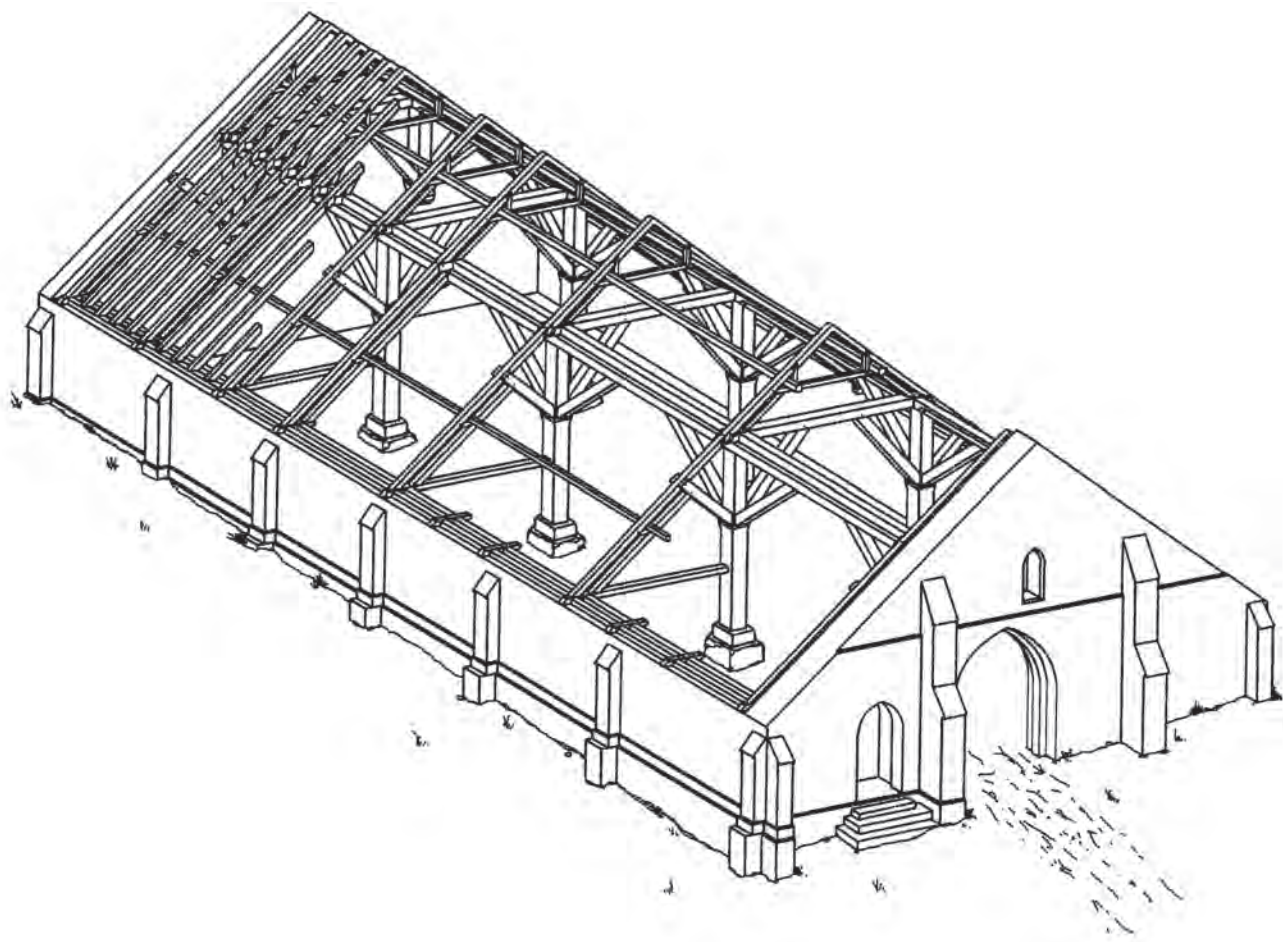


Fig. 5 : Axonométrie de la grange (1216-1220d).



Fig. 6 : Calage de la panne sur le faux entrain par une petite contrefiche.

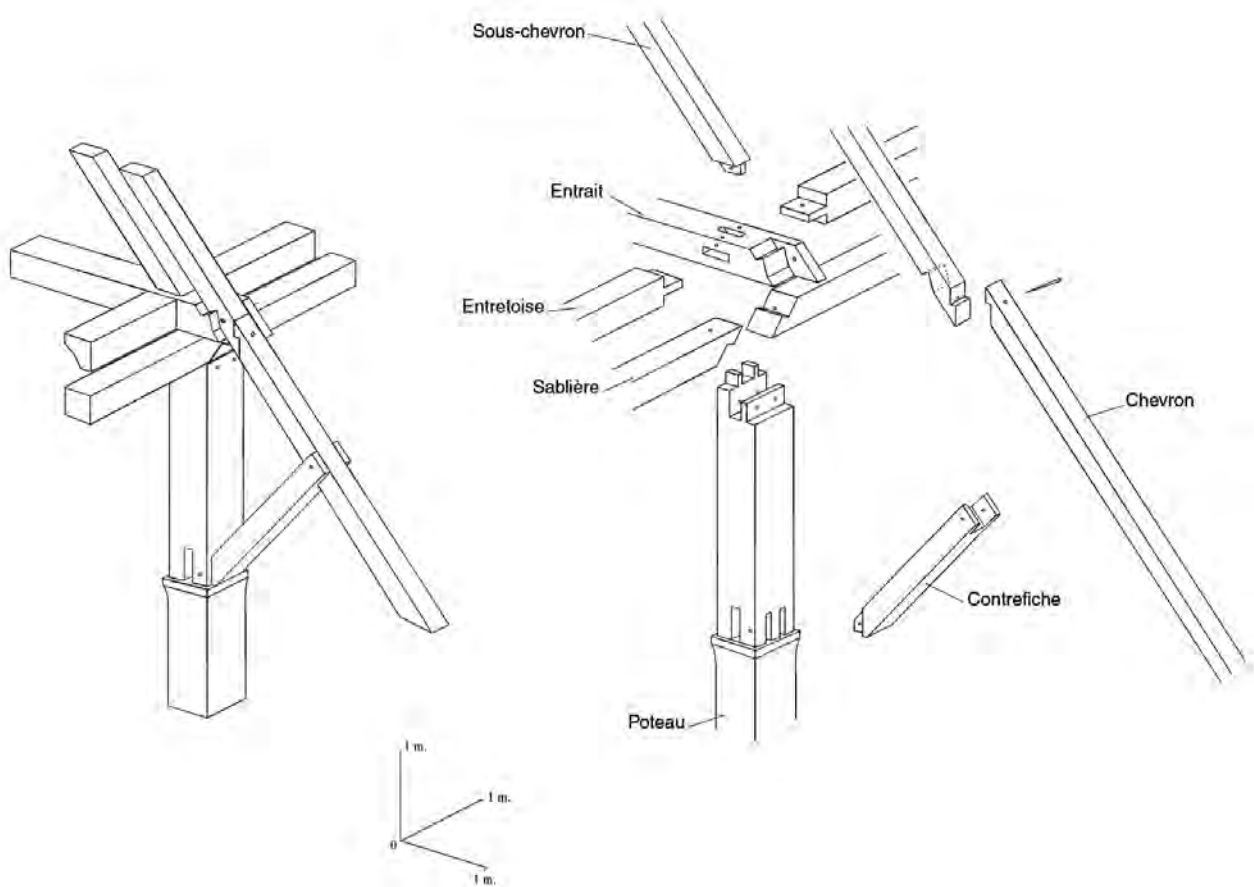


Fig. 7 : Assemblages de pied d'une ferme principale.



Fig. 8 : Sabot sculpté supportant un potelet de ferme principale.

chevillée de ces pannes. Ils viennent s'asseoir par l'intermédiaire d'une jambe de force inclinée sur les entretoises et en pied sur l'about d'un blochet par un assemblage très singulier. Ce blochet s'assemble en effet sur la face inférieure du chevron, comme pour les entrails, par un ressaut sur lequel le chevron vient buter, ainsi que par un tenon perpendiculaire à l'axe du chevron, dans le prolongement du ressaut. Comme pour le chevronnage des fermes, l'about inférieur de ces chevrons se situe à quelques centimètres sous le niveau des blochets et présente un assemblage pour le chevron des collatéraux en forme d'enture oblique simplement chevillée (fig. 11).

Le système de couverture des deux bas-côtés relève du même principe bien que la longueur du chevronnage soit plus réduite au nord qu'au sud (fig. 12). Au droit des fermes principales, le chevron est raidi par une puissante contrefiche de large section (27 x 33 cm) qui prend en fourche le chevron et s'assemble dans le poteau sur le chapiteau, par un double tenon-mortaise (fig. 7). Un arbalétrier, assemblé en tête dans cette contrefiche, supporte, par l'intermédiaire d'une entretoise, un cours de pannes qui sont elles-mêmes reprises par les fermes secondaires. Ces dernières, en

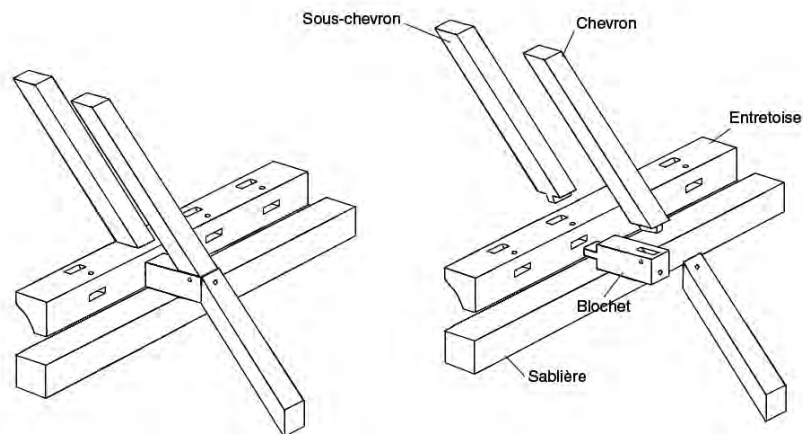


Fig. 9 : Assemblages de pied d'une ferme intermédiaire.



Fig. 10 : Chapiteau de poteau en butée des aisseliers.

l'absence de poteau et donc de contrefiche, ont un arbalétrier qui monte jusqu'à la sablière sur le flanc de laquelle il est doublement chevillé. En pied, ces chevrons et sous-chevrons

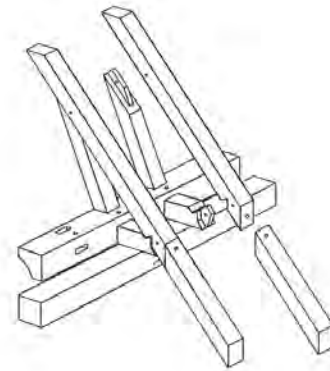


Fig. 11 : Assemblages de pied d'un couple de chevrons.

sont assemblés dans un blochet, sauf ceux des fermes principales du bas-côté sud, le plus large, qui sont repris par un demi-entrait assemblé à l'autre bout dans le poteau. La présence de ce demi-entrait s'explique par les poussées transversales du chevronnage qui s'exercent au sommet du mur gouttereau dont la hauteur a déjà réclamé le soutien de sept contreforts. Le déversement de ce mur et la rupture de l'assemblage de ces demi-entrants des poteaux justifiaient ces précautions. Sur le bas-côté nord, la longueur du rampant et la hauteur réduite du mur gouttereau ne réclamaient pas la mise en place de tirant bien qu'à une époque indéterminée, il a été jugé utile d'en installer en les appliquant sur les flancs des poteaux au moyen de fiches métalliques.

Sur les flancs de ces blochets et de ces demi-entrants, s'assemble un double cours de sablières qui filent sur les murs. Les chevrons, raidis par ces pannes, viennent s'encastrent dans la sablière externe par tenon-mortaise.



Fig. 12 : Charpente du bas-côté nord.

L'ensemble de cette charpente se trouve dans un état de conservation exceptionnel puisque les bois n'ont subi aucune détérioration. Seuls les chevrons du bas-côté sud-est de la première travée ont été remplacés *a priori* au XVI^e siècle, d'après un procès-verbal de 1583.

Les traces d'établissage

Aucun tracé de lignage n'a été repéré en raison de la perte d'aubier de la plupart des bois et de l'altération de leurs surfaces. Il a cependant été remarqué sur l'entretoise nord entre FI et FII, au pied de chaque jambe de force qui vient s'y assembler, un petit trait d'axe vertical gravé au traceret ou à la pointe d'un ciseau à bois, placé précisément dans l'axe de ces jambes de force, c'est-à-dire des chevrons, en milieu de leur face interne. Ces traits visibles sur l'entretoise semblent ne pas se prolonger sur les jambes de force.

Ces traits sont tous espacés de 62 cm très exactement, ce qui détermine l'entraxe d'origine des chevrons de cette charpente. La section plus ou moins irrégulière des jambes de force et des chevrons, d'une largeur variant entre 17 et 19,5 cm, ne permettait pas de prendre comme mesure étalon l'entrevous de ces éléments, de face à face, pour le lignage des bois. L'entraxe seul autorisait un lignage précis et un établissage de qualité de ces bois.

Les marques d'assemblage

La difficulté d'accéder aux parties hautes des fermes (plus de 14 m de hauteur) n'a permis de relever le marquage que sur trois fermes seulement. Les poteaux et les éléments du contreventement longitudinal, plus accessibles, ont pu être observés attentivement et fournir des référentiels supplémentaires. Les marquages ainsi relevés restent toutefois incomplets en raison de la dégradation de la surface des bois.

Deux systèmes de marquage ont été identifiés. Le premier concerne les couples de chevrons qui s'insèrent entre les fermes ; le second est destiné aux fermes, aux poteaux et aux éléments de contreventement. Le marquage des couples de chevrons est constitué de traits juxtaposés, inscrits au traceret sur la face est des bois, qui définissent une suite numérique continue, alternant avec des signes dépourvus de valeur numérique (fig. 13). Il apparaît que ce marquage n'identifie pas un couple de chevrons mais seulement un type d'assemblage donné, non reporté sur le chevron du versant opposé. Le second marquage, observé sur les

| Couples de chevrons | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|---|---|-----|------|---|
| Versant nord-ouest |  | \|\| | /// | //// | × |
| Versant sud-est | | ^ | ≠ | | |

Fig. 13 : Marques d'assemblage des chevrons.

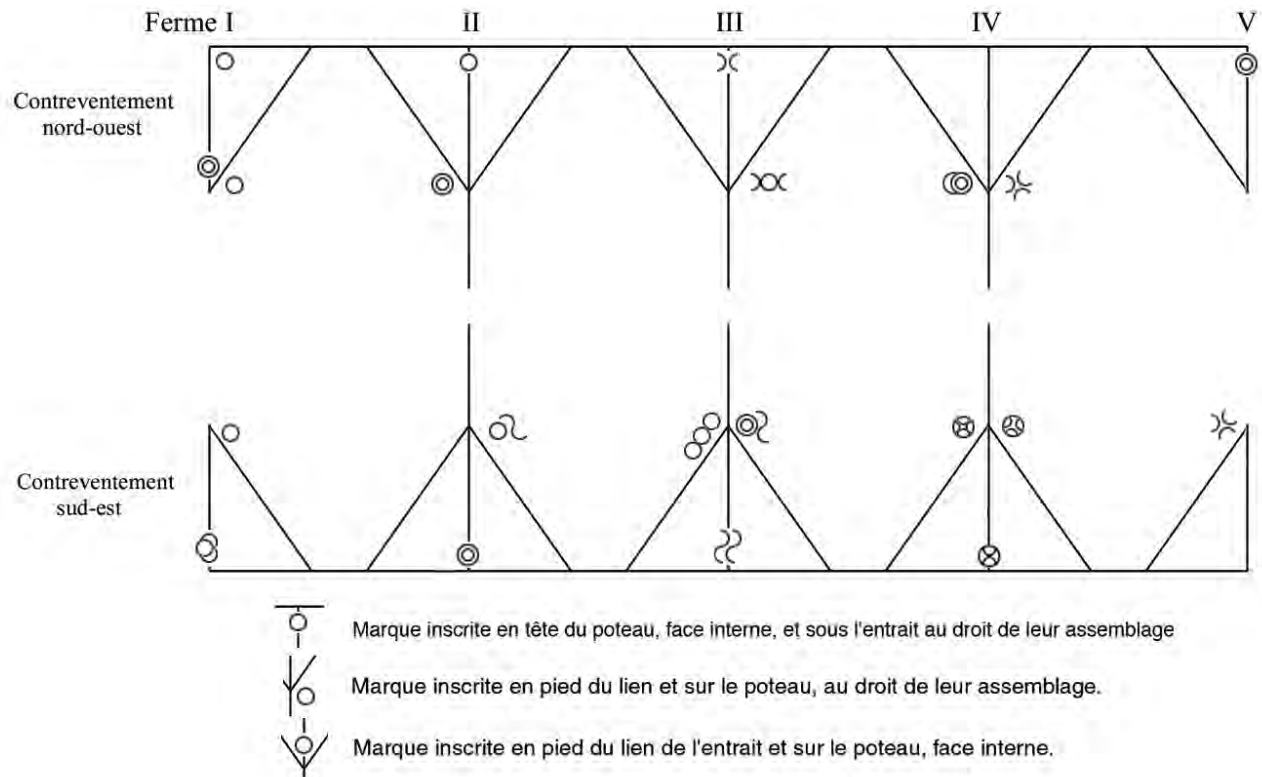


Fig. 14 : Plan de localisation des marques d'assemblage des poteaux et de leurs liens obliques longitudinaux.

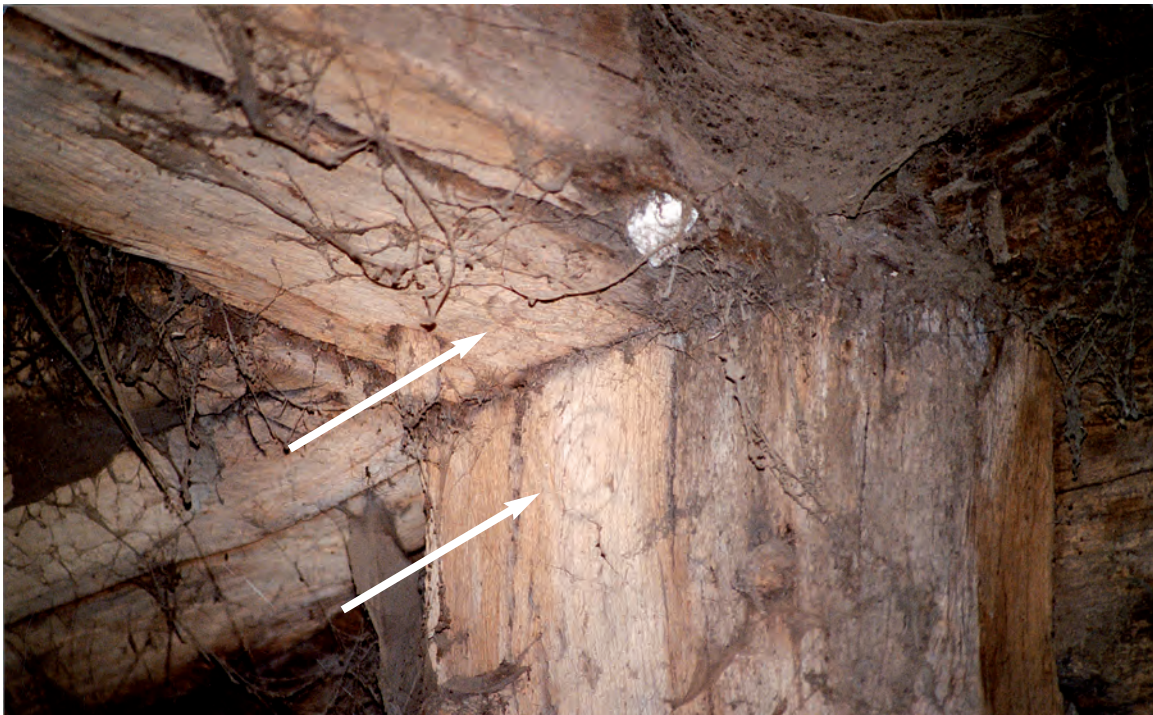


Fig. 15 : Marques d'assemblage circulaires.

pièces d'ossature, utilise un graphisme très original basé sur le cercle (fig. 14-15) avec des marques en forme de cercles imbriqués, associés parfois à des demis ou quarts de cercle. Elles sont toutes tracées à l'aide d'une rainette fixée à un petit compas comme en témoigne la piqûre relevée au centre de tous les cercles et leurs rayons différents. Dans l'état actuel des connaissances, ce type de marquage, très rare, n'a été observé en Normandie que dans la charpente de la chapelle de l'ancienne commanderie templière de Chanu, à Villiers-en-Désœuvre dans l'Eure (1183-1192d), où les marques circulaires ont aussi été inscrites à l'aide de ce type d'outil.

La distribution de ces marques au sein de la charpente ne semble pas répondre à une répartition cohérente et ordonnée en fonction de leur forme. Au sein de la ferme principale I, on rencontre en effet six marques différentes, avec deux distinctes sur la même pièce. De même, les entrants des fermes principales présentent en sous-face deux marques différentes qui se réfèrent chacune à l'assemblage des poteaux. Les marques n'identifient donc pas la pièce, ni la ferme, mais seulement l'assemblage à l'une ou à l'autre extrémité d'une pièce. Par la diversité de ce type de marque, tous les assemblages se trouvent ainsi individualisés même si certaines marques sont réutilisées sur différents assemblages.

Contrairement à d'autres marquages en vigueur à cette époque, les fermes ne portent pas de marques distinctives. Outre son absence de valeur numérique, il ne permet pas de repérer

rapidement une pièce au sein d'une ferme, ni une ferme au sein du plan de la charpente. Ce système suppose donc une gestion rigoureuse du stockage des bois taillés lors du chantier de façon à éviter toute substitution de pièces.

Ce système de marquage s'apparente à celui de nombreuses charpentes des XI^e-XII^e siècles qui sont dénuées de numérotation et entièrement marquées avec des signes particuliers, non ordonnés. Il témoigne d'une structure des charpentes à chevrons-formant-fermes, constituées de fermes identiques et indépendantes, qui va évoluer à partir de la fin du XII^e siècle vers des structures tramées plus complexes et dont l'exécution va réclamer un marquage numéroté sur la base de chiffres romains. Ce type de marquage à signes particuliers va disparaître dans la première moitié du XIII^e siècle.

Ce mode de marquage ne doit pas pour autant être considéré comme un archaïsme contraignant pour les charpentiers puisque cette charpente présente une qualité d'exécution tout à fait remarquable avec des assemblages parfaitement ajustés. La conservation de l'ensemble de la structure d'origine, pourtant exposée au charroi et aux bovidés depuis huit siècles, est là pour le rappeler. Ce particularisme témoigne d'une gestion du chantier qui a évolué vers un mode d'organisation différent, transparaissant à travers un marquage plus ordonné, mieux adapté à de nouvelles exigences et peut-être à d'autres méthodes de travail.

HEURTEAUVILLE (SEINE-MARITIME), GRANGE



Fig. 1 : Grange de Heurteville (Seine-Maritime).

SITUÉE à une centaine de mètres de la Seine et à proximité du village d'Heurteville, la grange se trouve actuellement au cœur d'une exploitation agricole dont certains bâtiments semblent dater du XVI^e siècle. Il n'est recensé aucune source manuscrite relative à l'histoire et aux origines de cette grange ni de la ferme

dans laquelle elle se situe. Seule la tradition en fait une dépendance de l'abbaye voisine de Jumièges dont les possessions étaient nombreuses dans la basse vallée de la Seine.

De plan rectangulaire (27,70 x 17 m) et orientée est-ouest, la grange présente des maçonneries faites en moellons calcaire avec



Fig. 2 : Intérieur de la grange.



Fig. 3 : Ferme contre le mur-pignon est.

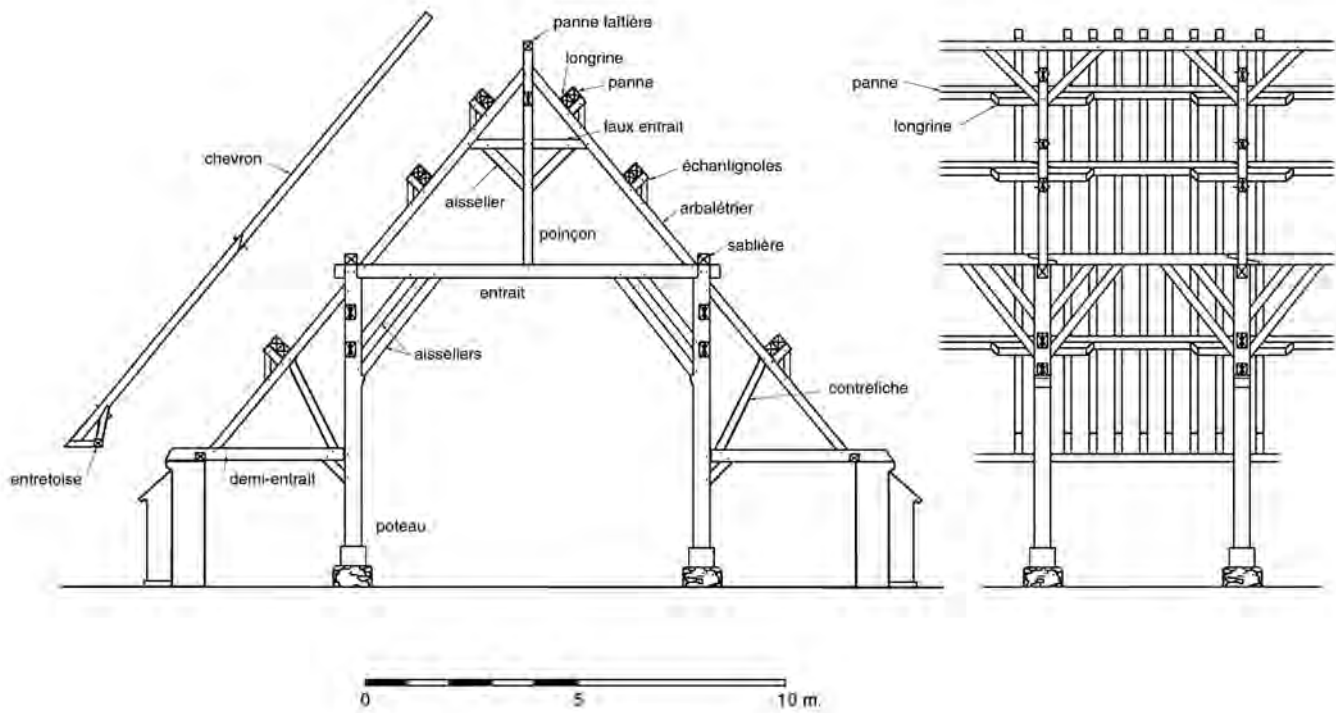


Fig. 4 : Ferme sur poteaux et coupe longitudinale d'une travée (1237-1243d).



Fig. 5 : Bas-côté nord.

des pierres de taille pour les encadrements des baies, des portes et pour les contreforts (fig. 1). Ceux-ci épaulent les murs des bas-côtés et des deux murs pignons au droit des poteaux d'ossature de la charpente intérieure. Les portes d'accès sont situées dans l'axe des murs pignons, comme pour la grange du Val-de-la-Haye, de Crouttes et de La Croisille. La porte orientale présente un arc brisé à deux rouleaux délardés, l'autre, à l'ouest, est couverte d'un arc en plein cintre à rouleau unique, également délardé. Deux petites baies rectangulaires percent les deux pignons, au-dessus de chaque porte d'entrée.

Une expertise dendrochronologique réalisée en septembre 2001 par le laboratoire de Rennes, sur la base de dix prélèvements, a permis de situer la date d'abattage des bois entre 1237 et 1243. La charpente à fermes et pannes est divisée en cinq travées selon un vaisseau central et deux collatéraux (fig. 2). Les six fermes reposent sur quatre couples de poteaux de forte section (54 x 55 cm) et, à chaque extrémité, contre les murs pignons, sur deux couples de courts poteaux supportés par des corbeaux encastrés dans les maçonneries (fig. 3). Chaque ferme comporte un entrain soutenu par deux couples d'aiseliers et soulagé en son milieu par un poinçon fonctionnant en triangulation (fig. 4). Les entrains sont encastrés en tête des poteaux par enfourchement. Les deux arbalétriers sont raidis par un faux-entrain, lui-même soulagé par des aiseliers assemblés en pied dans le poinçon. Il faut remarquer que ces fermes ne comportent pas de chevrons, ceux-ci étant simplement posés sur les pannes et totalement indépendants de la structure interne de la charpente.

Les fermes supportent en tête un cours de pannes faitières, contreventées au droit des poinçons par des petits liens, et deux cours de pannes sur chaque arbalétrier. Des longrines, longues pièces de bois, sont placées sous les pannes au droit des arbalétriers pour répartir plus uniformément les charges sur l'échantignole. Un cours de sablières est assemblé dans le prolongement des poteaux, au-dessus de l'enfourchement destiné aux entrains. Elles sont soulagées par des couples d'aiseliers, comme les entrains.

Chaque bas-côté est constitué de demi-fermes assemblées aux poteaux et reposant en bout sur les murs gouttereaux (fig. 5). Ces demi-fermes supportent un seul cours de pannes calées sur les arbalétriers par des échantignoles. Le pied de chaque chevron est soulagé par une courte jambe de force qui s'appuie sur une entretoise longitudinale tandis qu'un court blochet vient recueillir le pied du chevron.

Le principe des fermes et pannes de cette charpente est parfaitement maîtrisé : la structure est simplifiée à l'extrême, les assemblages limités au minimum. Comme les granges de l'abbaye de Bonport (1228d) et du Val-de-la-Haye (1216-1220d), celle d'Heurteauville illustre l'application de ce nouveau principe dans l'architecture des granges qui seront à partir du milieu du XIII^e siècle toujours à fermes et pannes en Normandie comme en Île-de-France.

CROUTTES (ORNE), GRANGE DU PRIEURÉ SAINT-MICHEL

LA PREMIÈRE MENTION de Crouttes est rapportée par la charte de Richard II duc de Normandie qui confirme les possessions de l'abbaye de Jumièges en 1027. Cette charte mentionne qu'un seigneur local dénommé Gautier donna à cette abbaye « *l'église de Crouptes, tout le domaine de ladite paroisse, la quatrième partie du Mesnil Renouard en dixmes, prez et bois, avec la forêt entière d'entre Vimoutiers et Crouptes jusqu'au chemin du Mont Saint-Michel au pont de Vie, à la réserve de deux vavassories ou petits fiefs dans le territoire de Crouptes* »¹. C'est donc sur ce territoire au cours du XI^e ou du XII^e siècle que l'abbaye de Jumièges implanta un petit prieuré-cure afin d'assurer le service religieux de cette paroisse ainsi que l'exploitation économique et agricole des terres.

Au début du XIII^e siècle, le prieuré comptait au moins deux religieux puisqu'il ne figure pas sur la liste dressée en 1208 par l'archevêque de Rouen des établissements gérés par un seul prieur². Au cours de ce siècle, le prieuré put accroître son temporel grâce aux libéralités des seigneurs locaux tel ce Guillaume Pinceguerre qui donna tous les droits qu'il possédait sur un fief appartenant à Crouttes³. D'autre part, l'évêque de Lisieux, Jourdain, offrit au début du XIII^e siècle les droits qu'il percevait sur les dîmes de Crouttes⁴.

Malgré l'apport de ces revenus, en janvier 1254, l'archevêque Eudes Rigault, lors d'une visite pastorale au prieuré de Crouttes, ne mentionne la présence que de deux moines, jouissant d'un revenu modeste de 140 livres, et signale certaines libertés prises à l'égard de la règle de saint Benoît. Quelques années plus tard, en 1268, Eudes Rigaud compte le même effectif mais le prieuré s'est entre-temps endetté de 400 livres tournois, dette contractée par l'ancien prieur, et constate le mauvais état des bâtiments : « *domus erant deformiter discoopertae* »⁵.

La période de la guerre de Cent Ans marqua profondément la région avec notamment l'occupation de Vimoutiers par les Anglo-Navarrais. Une épée datant de la fin du XIV^e ou du début du XV^e siècle a été récemment découverte au sein du prieuré pouvant évoquer la proximité de ces événements.

En 1472, une mainmise royale, destinée à restituer le prieuré à l'abbaye de Jumièges, mentionne celui-ci comme « *un petit prieuré rural de très petite valeur* »⁶. Son patrimoine foncier ne nous est connu cependant qu'un siècle plus tard grâce à l'aveu et dénombrement rendu le 25 mai 1584 à François, duc d'Anjou et d'Alençon, comte du Perche : la réserve s'étend autour du prieuré sur 132 acres soit 108 ha en terres labourables, prés, herbages, buissons et bois pour 17 %, tandis que le domaine fieffé représente 752 ha⁷. La charge de la cure paroissiale est attribuée à un

1. LOTH (éd.) 1882-1885, t. I, p. 140, cité dans DUMEIGE 1991, p. 24 ; édition du texte latin : VERNIER (éd.) 1916, t. I, p. 36.

2. LOTH 1882-1885, t. I.

3. VERNIER 1916, t. II, p. 199.

4. DUMEIGE 1991, p. 25.

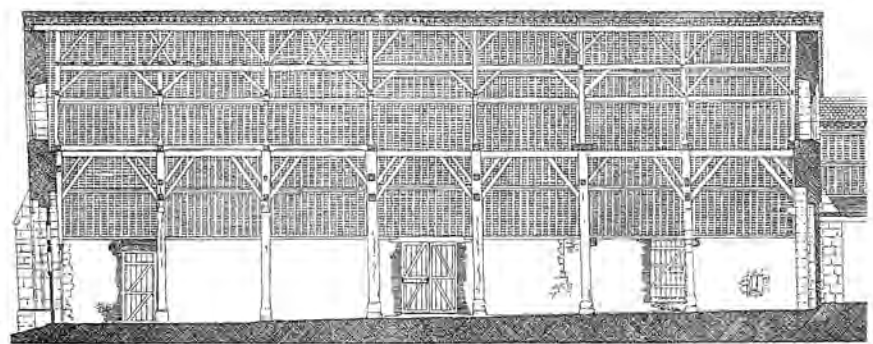
5. *Regestrum visitationum archiepiscopi...*, BONNIN (éd.) 1852, p. 63, 200, 303, 593.

6. AD Seine-Maritime, 9 H 744. Cité dans DUMEIGE 1991, p. 25.

7. DUMEIGE 1991, p. 26.



Fig. 1 : Grange de Crouttes, pignon oriental (Orne).



Est 0 5 m. Ouest

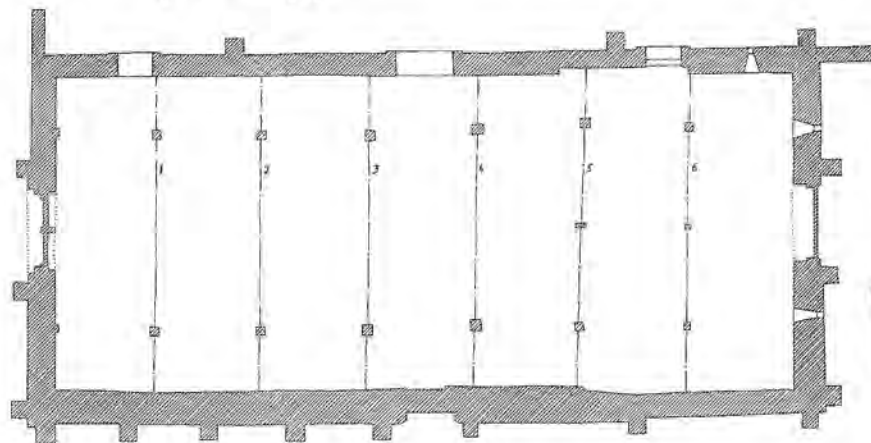


Fig. 2 : Coupe longitudinale est-ouest et plan au sol de la grange (LAGNEAU 1993).

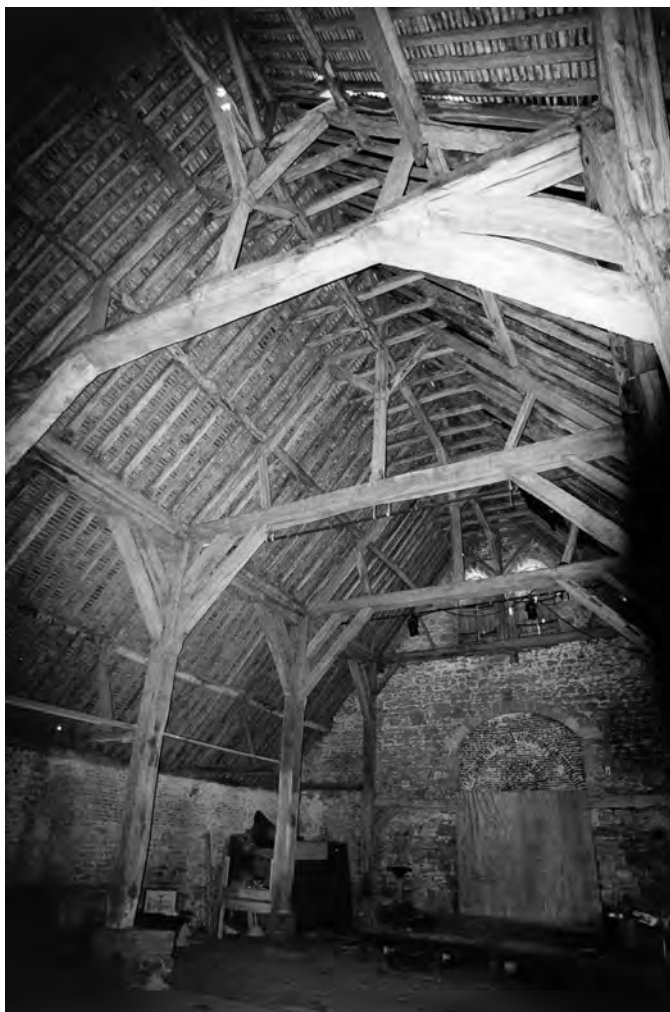


Fig. 3 : Intérieur de la grange.

vicaire perpétuel tandis que l'administration du prieuré échoit à un receveur dont la fonction devient désormais héréditaire. En 1536, avec l'instauration de la commende, cette charge est administrée par la famille Dutertre puis, de 1655 à la Révolution, par la famille Pellerin. Vendu comme bien national, le prieuré fut racheté par la même famille qui en resta propriétaire jusqu'en 1980.

Les bâtiments s'organisaient autour d'une cour carrée, enclose de murs et percée par deux accès. Trois bâtiments médiévaux subsistent aujourd'hui : la grange, une petite chapelle du XIII^e siècle très remaniée au XVIII^e siècle et un pressoir à cidre du XV^e siècle. Le logis, le four, la laiterie, les écuries et les étables sont des constructions du XVIII^e ou du XIX^e siècle.

La grange

Orientée est-ouest et mesurant 30 m de long sur 14 de large hors œuvre des murs, cette grange conserve encore dans son ensemble sa charpente d'origine. Une expertise dendrochronologique réalisée par le laboratoire du CEDRE en 2004 ainsi qu'une seconde expertise menée en 2006 par le laboratoire de Rennes ont permis de dater la mise en place de la charpente de la moitié est vers 1222, et une reprise importante des structures dans la moitié ouest vers 1275 puis encore vers 1470⁸. Ces réparations témoignent d'une reconstruction de la charpente sur la moitié ouest et du rajout de quelques éléments dans la charpente d'origine, restées en place sur les trois premières travées orientales. Un faîtage et des éléments de contreventement ont aussi été rajoutés lors de ces travaux. La première réparation de 1275d nous renvoie à la mention qu'Éudes Rigaud fait à propos du mauvais état des bâtiments quelques années auparavant, en 1268, tandis que la seconde restauration vers 1470d intervient peu de temps après le rattachement du prieuré à l'abbaye de Jumièges.

Les maçonneries du XIII^e siècle sont en blocage de moellons de grès ferrugineux à l'exception des contreforts, des corniches et des encadrements d'ouverture qui sont en grès taillé (fig. 1). Le mur pignon oriental est percé en milieu de façade d'une porte charretière pourvue d'un arc en tiers-point à double rouleau, chanfreiné aux arêtes. En partie haute, le pignon est ouvert de deux baies à double lancette surmontées d'un oculus. Quatre contreforts épaulent la façade, deux encadrant la porte et limités à sa hauteur, deux autres aux angles (fig. 2). Le mur pignon ouest est strictement identique, à l'exception de l'arc de la porte charretière qui ne possède ici qu'un seul rouleau.

Les murs gouttereaux, de faible hauteur (2,50 m en moyenne), ne conservent plus que huit contreforts au nord, et quatre au sud. Avant les restaurations et les nouveaux percements latéraux d'époque moderne, chaque mur gouttereau était raidi par dix contreforts, terminés par un talus à larmier. Au milieu du mur nord s'ouvre une porte piétonne encadrée de deux contreforts, au linteau horizontal et aux montants chanfreinés surmontés de chapiteaux sculptés grossièrement.

La charpente d'origine, datée de 1222d environ, est limitée aux trois premières travées orientales (fig. 3-4). Elle est subdivisée transversalement en un vaisseau central et deux bas-côtés. Le rythme des travées ne correspond pas à la trame des murs définie par les contreforts, ni l'espacement des poteaux des portiques à l'écartement des contreforts de façade. Cette particularité ne doit pas surprendre car le faible report des charges de la charpente sur les maçonneries ne nécessite pas l'harmonisation de la trame des deux structures.

8. GIRARDCLOS et PERRAULT 2004.

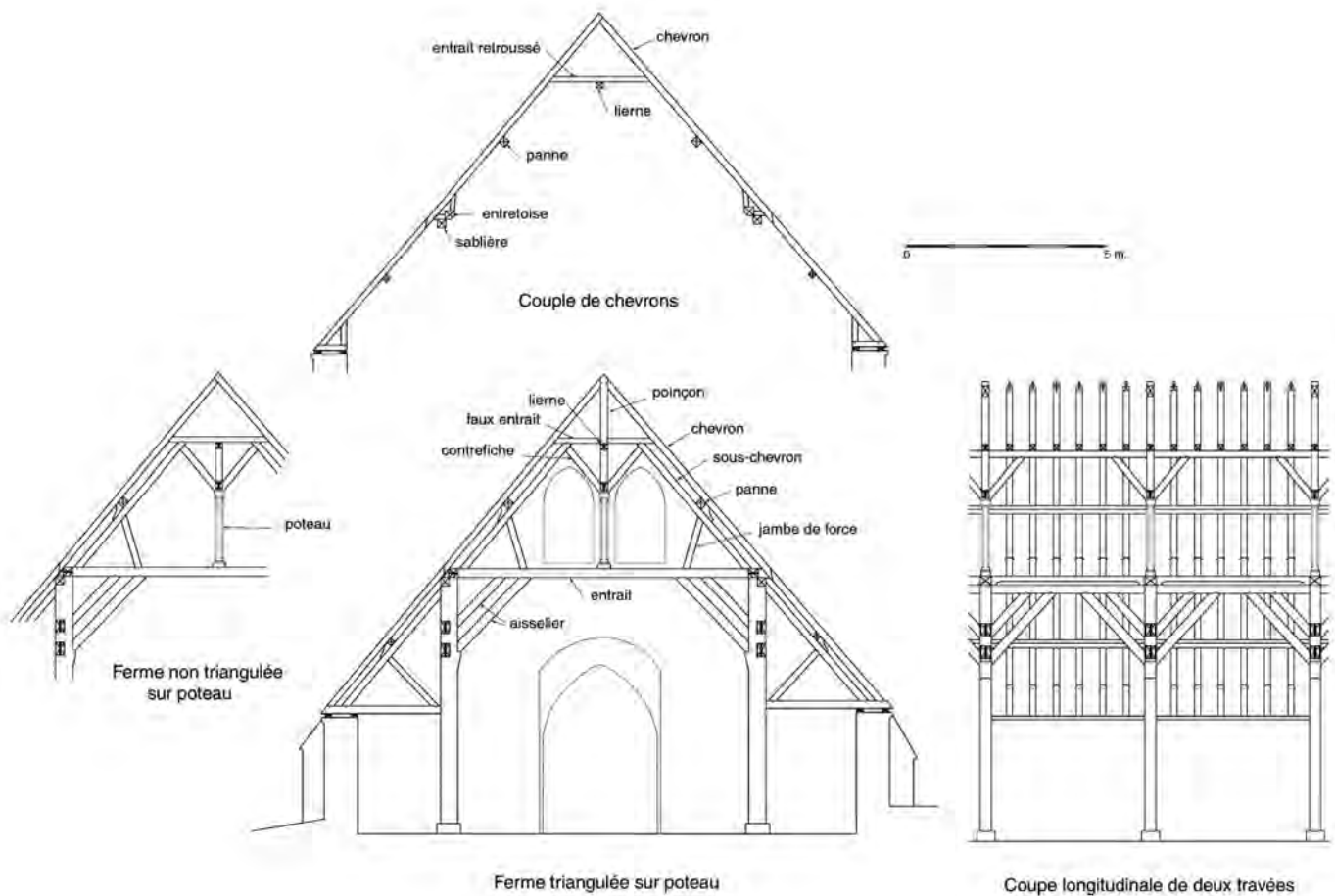


Fig. 4 : Fermes, couple de chevrons et coupe longitudinale de deux travées (1222d).

Les fermes principales de la charpente sont portées par des poteaux de forte section (42 x 38 cm) assis sur des dés en grès à l'exception de la ferme située contre la façade ouest dont les deux courts poteaux porteurs prennent appui sur des corbeaux pris dans la maçonnerie à mi-hauteur du pignon. On peut distinguer deux types de fermes principales, disposées dans la charpente de façon alternative : les fermes triangulées (fig. 5-6) et les fermes non triangulées. Les premières sont constituées d'un entrait soulagé par un poinçon de fond, de deux chevrons assemblés en tête sur les faces latérales de ce poinçon, et d'un faux-entrait qui raidit la partie haute des chevrons. Deux arbalétriers viennent compléter ces fermes en étant assemblés en tête dans le faux-entrait et en pied dans l'entrait principal. Un couple de contrefiches et de jambes de force permet de soulager ces arbalétriers qui portent sur chaque versant un cours de pannes posées à dévers sur des échantignoles. Sur les deux faces est-ouest des poinçons, sous le niveau des faux-entrants, les extrémités de liernes longitudinales, longues chacune de deux travées, sont assemblées par tenon-mortaise. Ces liernes,

qui permettent d'expliquer la présence d'un deuxième type de fermes principales, sont soulagées par des liens de contreventement au droit des poinçons.

Ce deuxième type de ferme principale se distingue du premier par le remplacement du poinçon par un poteau assemblé en tête à la lierne longitudinale et en pied dans l'entrait, comme les *crown post* anglais. L'absence de poinçon de fond s'explique ici par le passage de la lierne. En conséquence, les chevrons sont assemblés en tête par enfourchement.

Entre ces fermes principales, s'intercalent dans chaque travée six couples de chevrons ou fermes secondaires constituées de deux chevrons raidis par un entrait retroussé en partie haute, reposant sur la lierne axiale, et par deux cours de pannes. Ces chevrons s'appuient au niveau des entrants sur une entretoise au moyen d'une jambe de force et d'un blochet et, en pied, sur un double cours de sablières placées sur les murs gouttereaux.

Le cours de liernes axiales supportant les entrants retroussés des fermes secondaires est soulagé par des liens obliques assemblés en



Fig. 5 : Poinçon d'une ferme principale avec les aisseliers retombant en butée sur un chapiteau.



Fig. 6 : Ferme située contre le pignon oriental percé de deux grandes baies.

pied dans les poinçons ou les poteaux. Ces liernes et leurs liens sont destinés à reprendre les charges du chevonnage et à les reporter, au même titre que les pannes, sur les fermes principales et leurs poteaux porteurs.

Avant de conclure ici, notons la similitude très marquée entre cette charpente et celle des halles de Saint-Pierre-sur-Dives, reconstruites en 1945, très proches géographiquement de Crouttes et vraisemblablement contemporaines, avec un système analogue d'arbalétriers et de liernes axiales placées au-dessous du niveau des entrails retroussés.

SAINT-PIERRE-SUR-DIVES (CALVADOS), HALLES

LES HALLES DE SAINT-PIERRE-SUR-DIVES sont situées sur l'une des places principales du bourg médiéval (fig. 1). Détruite en partie lors des bombardements alliés de 1944, cette charpente a été, l'année suivante, entièrement démontée et reconstruite sur le même modèle. Seuls quatre poteaux d'origine ont été réemployés dans les deux premières travées nord alors que toute la moitié sud de la charpente était encore intacte lors de son démontage! Nous conservons toutefois plusieurs clichés photographiques de cette charpente, pris avant la seconde guerre mondiale et pendant les travaux de démolition en 1945 (fig. 2 à 5). Certaines de ces photographies permettent d'entrevoir des différences notables entre la charpente démontée et celle qui fut reconstruite pourtant sur le modèle d'origine (fig. 6 et 7). Des dispositifs particuliers visibles sur ces clichés, ainsi que de fortes analogies avec la charpente de Crouttes (Calvados) datée vers 1222d, supposent une mise en oeuvre entre 1220 et 1230.

La particularité première de ces halles réside dans ses dimensions exceptionnelles : 70 m de long sur 20 m de large environ. Les maçonneries des deux murs pignons et des murs gouttereaux sont en blocage de moellons de grès, à l'exception des contreforts et des corniches qui sont faits d'un appareil régulier de grès taillé. Chaque mur gouttereau est raidi par une série de contreforts définissant dix travées sur toute la longueur des halles. Les deux ouvertures des murs latéraux ouest et est semblent avoir été reprises à l'époque moderne. Le mur pignon nord est épaulé par quatre contreforts dont deux aux angles, et comprend trois grandes portes aux arcs en tiers-point et à deux rangs de claveaux.

Deux lancettes trilobées surmontent la porte centrale dans un style gothique caractéristique du XIII^e siècle. Le mur pignon sud semble avoir été remanié aux XV^e-XVI^e siècles¹ comme le confirme Aristide Brisson qui rapporte que « ces halles furent prolongées au sud en 1528 par l'abbé de Silly, troisième abbé commendataire de Saint-Pierre »². Outre les contreforts d'angle, il est raidi par un contrefort central et par un autre au milieu de la moitié est. Deux portes s'ouvrent sur cette façade, l'une côté ouest, avec un appareillage analogue à celui des portes de la façade nord, l'autre dans la moitié est, entre les deux contreforts, avec un appareil de claveaux en grès plus régulier que les précédents. Deux baies rectangulaires, avec un linteau portant une accolade, percent le pignon, de chaque côté du contrefort axial.

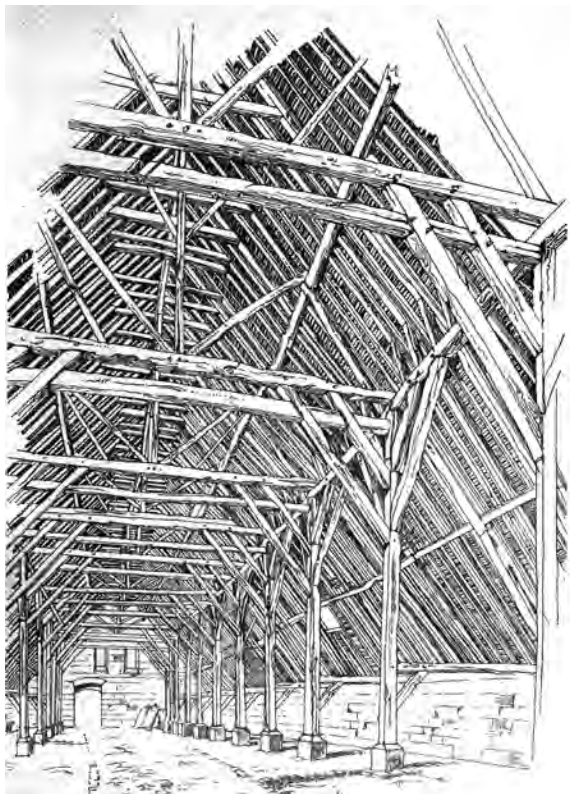
La charpente d'origine se subdivise en une nef centrale et deux bas-côtés sur dix travées (fig. 8). Chaque travée est délimitée par une ferme principale portée à chaque extrémité par un poteau de 29 x 31 cm de section. Ces fermes principales sont constituées d'un entrait, d'un couple de chevrons raidis par un faux-entrait, d'un poteau assemblé en tête dans le faux-entrait, de deux arbalétriers également arrêtés en tête dans le faux-entrait et de deux contrefiches obliques. Les pannes, à cours unique sur chaque versant, s'appuient à dévers sur les arbalétriers, au droit des

1. CAUMONT 1867, t. III, p. 563-564 et VENTRE 1908, p. 23.

2. BRISSON s.d., p. 343.



Fig. 1 : Halles de Saint-Pierre-sur-Dives (Calvados).



*Fig. 2 : Charpente des halles
(Congrès Archéologique de France, Caen, 1908, p. 24).*

contrefiches, et sont maintenues au moyen d'une petite entretoise assemblée à mi-bois à demi-queue d'aronde au chevron et à l'arbalétrier. Selon les fermes, les contrefiches s'assemblent en pied sur les flancs du poteau ou bien directement dans l'entrait. Le poteau reçoit en tête l'assemblage d'une lierne axiale, placée au-dessous du niveau des entrails retroussés, ainsi que celui de ses liens obliques. De longs aisseliers assemblés en pied aux poteaux raidissent l'entrait de ces fermes. Une traverse tenonnée à chaque extrémité aux poteaux et placée parallèlement à l'entrait, en dessous de lui, est assemblée par mi-bois à ces aisseliers afin d'assurer leur raidissement et d'éviter qu'ils ne fléchissent en raison de leur longueur.

L'entrait de ces fermes principales s'appuie à chaque extrémité sur un cours de sablières, elles-mêmes assemblées en tête des poteaux. Le nœud d'assemblage poteau-sablière-entrait est donc très original : il dissocie l'entrait du poteau par la sablière, ce qui permet d'avancer l'idée d'un levage simultané des poteaux assemblés aux sablières d'un même versant, avant la pose des entrails.

Au niveau des bas-côtés, des demi-fermes constituées d'un demi-entrait, d'un arbalétrier et d'une contrefiche supportent un cours de pannes placées à dévers et maintenues par le prolongement de la contrefiche. La technique des échantignoles n'était manifestement pas encore maîtrisée par ces charpentiers.

Le chevronnage est constitué de couples de chevrons raidis, en partie haute, par un entrait retroussé et un cours de pannes sur



Fig. 3 : Vue intérieure au début du XX^e siècle



Fig. 4 : Les halles après le bombardement de 1944 (cl. Syndicat d'Initiative de Saint-Pierre-sur-Dives).

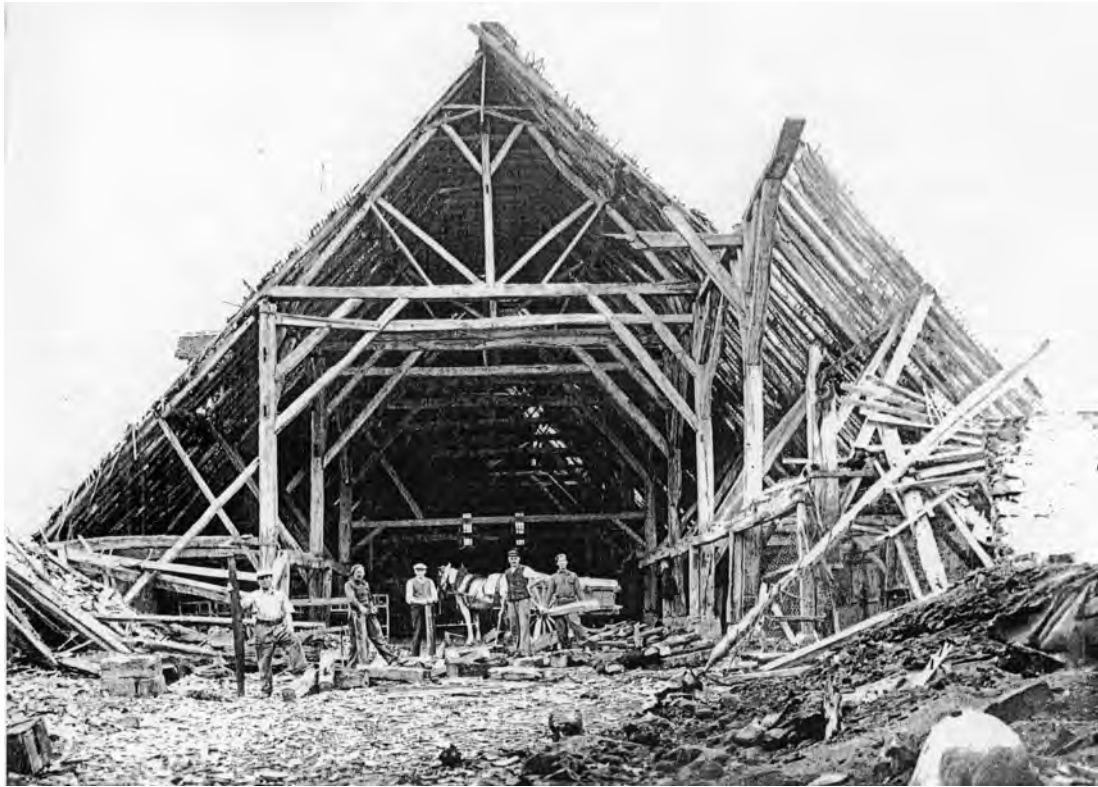


Fig. 5 : Charpente en cours de démontage en 1945 (cl. Syndicat d'Initiative de Saint-Pierre-sur-Dives).

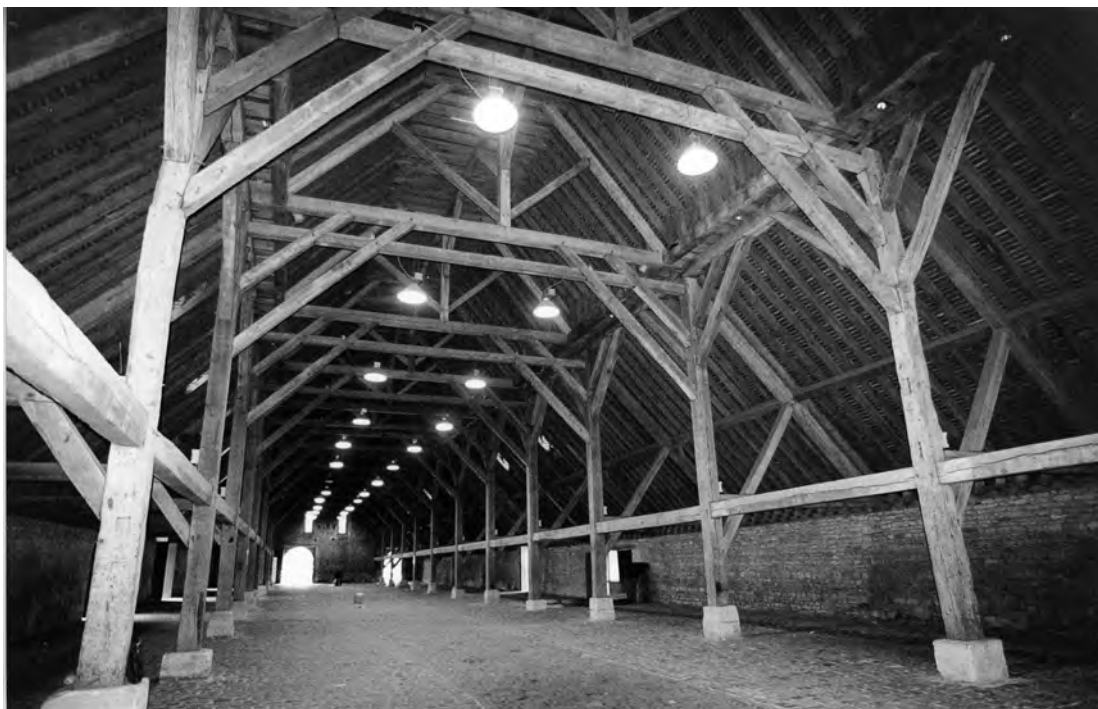


Fig. 6 : Les halles actuelles reconstruites en 1945.



Fig. 7 : Fermes principale et secondaires de 1945.

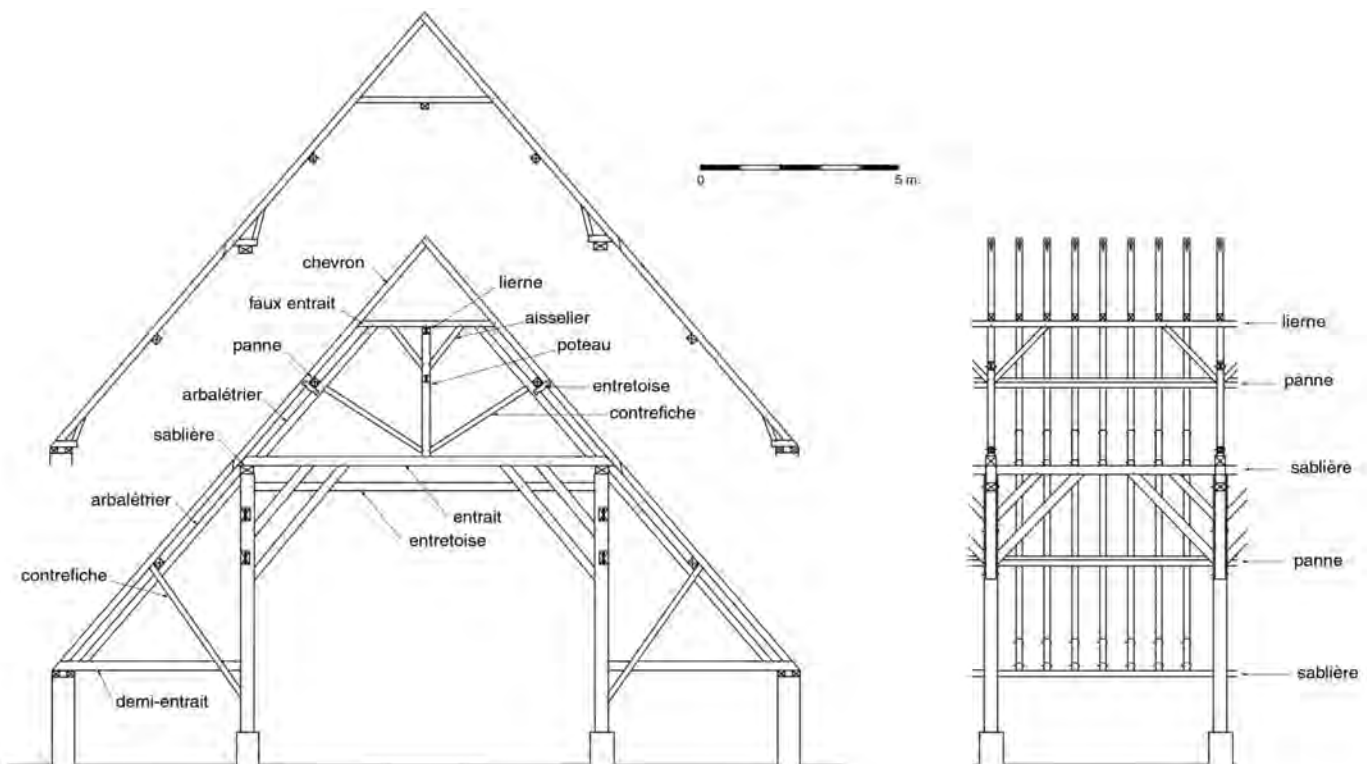


Fig. 8 : Restitution de la charpente d'origine : fermes et coupe longitudinale d'une travée.

chaque versant du vaisseau central, et en pied, par une jambe de force assemblée à un blochet. Leur prolongement aux bas-côtés est soulagé par un cours de pannes et se termine sur les murs gouttereaux par une jambe de force et un blochet.

De nombreuses analogies sont discernables entre cette charpente et celle de la grange de Crouttes datée vers 1222d. La technique du report des charges du chevonnage au moyen d'une lierne axiale soulageant les entrails retroussés est similaire, à l'image du *crown post* anglais, ainsi que la présence du poteau court et l'absence de triangulation sur certaines fermes de Crouttes. La proximité géographique de ces deux charpentes n'y est certainement pas étrangère.

La reconstruction des halles en 1945 fut réalisée par les architectes des Monuments historiques selon l'idée qu'ils se faisaient des charpentes médiévales, c'est-à-dire d'après les derniers travaux de Henri Deneux qui stipulait que celles-ci, au XIII^e siècle, étaient systématiquement à chevrons-formant-fermes, les pannes n'apparaissant qu'au XVI^e siècle³. Pour cette raison, les pannes de ces halles, considérées comme des rajouts postérieurs, ne furent pas restituées (fig. 6-7).

3. DENEUX 1927, p. 66-68.

CONCLUSION

CONCLURE une étude sur les charpentes romanes et gothiques en Normandie peut sembler prématuré, voire prétentieux tant que l'inventaire exhaustif des charpentes médiévales n'est pas achevé et leur analyse archéologique aboutie. D'autre part, les charpentes connues actuellement ne constituent qu'un très faible pourcentage de ce qui existait à l'époque, d'où un défaut de représentativité et donc de fiabilité des interprétations. Pourtant, le bilan est loin d'être dépourvu d'intérêt, il est même encourageant pour les recherches à venir en ce qui concerne aussi bien les approches méthodologiques que les référentiels proposés.

Aux XII^e-XIII^e siècles, le développement des techniques de charpenterie est rythmé d'innovations ponctuelles qui renforcent l'idée que cette évolution ne peut être perçue comme linéaire ou continue. Certaines expérimentations isolées ont abouti très tôt à des solutions techniques qui n'ont pourtant été diffusées qu'un siècle plus tard comme la triangulation, lorsque le contexte architectural a été favorable. D'autres structures, handicapées par de lourds archaïsme, ont perduré alors que des dispositifs plus équilibrés étaient connus et maîtrisés depuis déjà plusieurs décennies. Outre les contraintes architecturales et environnementales, ce sont le plus souvent le contexte économique du chantier, le niveau de compétence du maître charpentier ou les exigences du maître d'ouvrage qui ont conditionné localement l'apparition de techniques innovantes ou le maintien de structures archaïques.

Pourtant, si cette évolution apparaît irrégulière sur plus de deux siècles, au regard du corpus étudié ici, soit 49 charpentes

datées des XII^e-XIII^e siècles en Normandie, complétées d'autres exemples du Bassin parisien, les lignes principales d'une transition cohérente se dessinent entre les charpentes de l'architecture romane et celles de l'architecture gothique. Cette transformation dans les formes et les techniques dure peu de temps, un siècle environ, du milieu du XII^e siècle jusqu'au milieu du XIII^e siècle. Elle intervient brutalement, après un immobilisme de plus de deux siècles, du X^e au XII^e siècle sur toute la France septentrionale, période pour laquelle l'ensemble des charpentes connues montre une grande homogénéité de structures et de techniques de mises en œuvre.

Aux XI^e-XII^e siècles, toutes les charpentes romanes conservées sur les édifices religieux présentent en effet des structures analogues et répondent aux mêmes principes architectoniques. Cette uniformité qui couvre une aire géographique très vaste, de l'ouest de la France à la Belgique orientale, témoigne à n'en pas douter d'une pensée technique commune, profondément ancrée dans les savoir-faire et la tradition architecturale. Il est fort probable que ce mode de construction plonge ses racines dans l'architecture carolingienne où les charpentes devaient être structurellement très proches de celles du XI^e siècle, avec une aire de répartition tout aussi vaste. Les plafonds en bois hérités des basiliques paléochrétiennes perdurent ainsi jusqu'à la diffusion des voûtes maçonnées au XII^e siècle, avec une préférence normande pour le lattis inséré aux flancs des entrails rainurés. De même, le débord des entrails, sculptés ou non, héritage des charpentes préromanes, persiste jusqu'au début du XII^e siècle.

Les charpentes dites « romanes » qui couvrent les églises aux XI^e-XII^e siècles en Normandie comme dans le Bassin parisien se définissent par un mode compressif de répartition des charges. Ces structures à chevrons-formant-fermes présentent des fermes toutes semblables, avec un entrait à leur base, une faible pente des chevrons, l'appui des raidisseurs sur l'entrait et une absence de contreventement. La traction est absente de ce système où la faible section des bois, l'inclinaison des versants et l'écartement des fermes se conjuguent pour limiter les contraintes qui pèsent sur l'entrait. Cette circulation verticale des charges et le rapprochement des fermes identiques se traduisent par une distribution homogène du poids de la charpente le long des murs goutteux qui doivent, en retour, avoir des maçonneries épaisses tout le long du vaisseau. Cette nécessité statique a fortement contribué à la massivité des murs des édifices romans et à la surépaisseur de leurs élévations. Il est légitime de se demander dans quelle mesure ces contraintes compressives ont maintenu l'étroitesse des baies dans ces églises romanes et ralenti la diffusion d'une trame murale verticale jusqu'au début du XIII^e siècle.

Le modèle de ces charpentes romanes se dessine dans la conception même des fermes par des tracés d'épure spécifiques qui utilisent exclusivement le carroyage au cordeau sous la forme d'un damier losangé ou orthogonal. Ce mode de tracé régulateur disparaît vers la fin du XII^e siècle en Normandie mais demeure dans la conception des pans-de-bois pendant tout le Moyen Âge.

La structure de ces charpentes où toutes les fermes sont indépendantes et interchangeables rend compte du marquage non ordinal des fermes. Ce dernier consiste en un système libre ou semi-gradué de signes particuliers et de marques à bâtonnets ou à encoches, disposées anarchiquement ou en courtes séries numériques. Ce type de marquage, obsolète, se retrouve jusqu'au premier quart du XIII^e siècle en Normandie.

À partir du milieu du XII^e siècle en Normandie comme dans le Bassin parisien, on voit disparaître tous les principes attachés à la charpenterie romane et poindre de nouveaux concepts et de nouvelles structures de comble. On ne peut pas parler d'évolution entre les charpentes romanes et les charpentes gothiques, mais plutôt d'une révolution dans le sens où ce processus départage deux conceptions différentes, deux principes opposés sans lien direct entre eux. La charpente romane n'aboutit pas à la charpente gothique, elle disparaît dans la seconde moitié du XII^e siècle alors même que se mettent en place durant cette période de nouvelles structures, inconnues jusqu'alors, selon une conception et des modalités de répartition des charges tout à fait inédites. Ces nouvelles structures comme celles de la cathédrale de Lisieux inaugurent la charpente gothique de la première génération qui, du milieu du XII^e siècle au début du XIII^e siècle, va suivre en parallèle l'évolution de l'architecture gothique. Cette révolution consiste à introduire la travée dans la charpente, définie par des fermes principales à entrait et des fermes secondaires

dépourvues d'entrait, entraînant une succession de modifications majeures comme le redressement de la pente des toits ou le report des charges, au sein des fermes, non plus sur l'entrait mais sur les chevrons eux-mêmes d'un versant à l'autre. Ces transformations s'illustrent principalement par un changement radical de la transmission des charges sur les murs qui peuvent désormais s'amincir et s'ouvrir de larges verrières, satisfaisant aux exigences de l'architecture gothique. Ces nouvelles charpentes sont accompagnées du remplacement du mi-bois par le tenon-mortaise, de procédés plus élaborés de tracés d'épure, de l'adoption de la triangulation et de l'apparition de la traction au sein des charpentes. Elles vont permettre la diffusion des voûtes maçonnées sur les vaisseaux comme la mise en œuvre de voûtes en bois au sein des combles.

Le passage de la charpente romane à la charpente gothique marque une baisse de la consommation de bois de futaie de forte section tandis que les bois de taillis sous futaie de moyenne section et de grande longueur augmentent en proportion, à cause notamment du redressement de la pente des toits. On passe donc d'une situation bigarrée avant 1150, avec l'utilisation mixte de vieux bois de très fort diamètre et de bois de taillis, à une situation remarquable par son homogénéité à travers l'ensemble du territoire normand dès la fin du XII^e siècle, avec des bois jeunes de moyenne section de taillis-sous-futaie ou de taillis composé. Cette révolution technique en charpenterie a ainsi entraîné une modification des modes d'approvisionnements non en quantité mais en qualité des bois d'œuvre, imposée par l'évolution des critères structurels entre les charpentes romanes et les charpentes gothiques.

Cette recherche initiée dès le milieu du XII^e siècle va aboutir dans les années 1220-1230 à la deuxième génération des charpentes gothiques caractérisée par des dispositifs longitudinaux de soulagement des fermes secondaires et un report des charges sur les fermes principales disposées au droit des piles et des arcs-boutants. Elles vont permettre aux cathédrales de Rouen, Paris, Meaux, Auxerre et à d'autres grands édifices de concentrer toutes les charges sur les piles et de libérer leurs travées pour les percer de plus grandes verrières. Si les charpentes de la première génération perdurent encore durant toute la première moitié du XIII^e siècle et si les témoins de cette seconde génération sont peu nombreux, ils attestent néanmoins d'une réflexion majeure portée sur le développement des techniques et des structures de charpenterie pour adapter les charpentes aux nouvelles contraintes de l'architecture gothique. Après de nombreuses expérimentations réalisées notamment dans les granges monastiques, cette recherche aboutit à une forme d'adaptation des charpentes aux supports minces qui autorise l'édification des « cages de verres » du gothique rayonnant.

Parallèlement à cette évolution et participant de cette même quête d'allègement des travées, s'affirme et se développe en Normandie comme en Île-de-France la charpente à fermes et pannes dans les années 1220-1230. Plus rapide dans sa mise en

œuvre et plus économique en bois, ce nouveau type de charpente facilite la répartition des charges au droit des piles et la libération des travées. Les fermes et pannes vont ainsi connaître une large diffusion dès cette époque sur les églises gothiques et les granges d'Île-de-France tandis qu'en Normandie, elles se répandent essentiellement sur les granges mais restent encore marginales dans l'architecture religieuse, fidèle aux chevrons-formant-fermes.

À partir du milieu du XIII^e siècle, les charpentes à chevrons-formant-fermes tendent vers un équilibre structurel qui se maintient jusqu'à la fin du Moyen Âge en Normandie. Dressées entre 55° et 60°, les fermes s'allègent et abandonnent les dispositifs longitudinaux des charpentes gothiques de la deuxième génération. Les écharpes disparaissent au profit des entrails retroussés qui ne sont plus soutenus par des liernes. Le contreventement des fermes principales s'affirme en partie haute de la charpente et adopte au début du XIV^e siècle la faîtière inaugurée pourtant dès 1230 dans les charpentes à fermes et pannes. Ce n'est qu'au cours du XIV^e siècle que les fermes secondaires vont se solidariser aux sous-faîtières afin d'être contreventées comme les fermes principales. En dehors de quelques modifications mineures, les techniques de mise en œuvre et les structures principales des charpentes à chevrons-formant-fermes n'évoluent plus jusqu'à l'époque moderne.

Aux XII^e-XIII^e siècles, avec l'avènement de la charpente gothique et la multiplication des grands chantiers, la profession s'organise : une hiérarchisation du métier transparait à travers de nouveaux procédés de tracé d'épure, basés sur la technique de superposition de cercles tracés au cordeau, d'exécution plus rapide et surtout plus adaptés à l'hermétisme de la transmission du savoir de la maîtrise d'œuvre. De même, les techniques de marquage des bois évoluent vers des systèmes gradués à base V et X, avec une numérisation qui se complexifie, bien visible dans les grandes charpentes du début du XIII^e siècle où les techniques de latéralisation et de subdivision en séries laissent transparaitre une meilleure organisation du travail au sein des chantiers et une répartition des tâches entre les équipes mieux adaptée aux nouvelles structures des charpentes gothiques.

Il est important de souligner que les premières décennies du XIII^e siècle se caractérisent par une grande diversité des structures de charpenterie. Ces dernières s'accompagnent de nouveaux procédés de lignages et d'assemblages, parfois très complexes comme dans les granges du Val-de-la-Haye et de Saint-Lazare de Beauvais. Ces recherches témoignent d'une effervescence créatrice et d'une tendance très marquée à l'expérimentation technique durant tout le premier tiers du XIII^e siècle. Les datations dendrochronologiques montrent que la Normandie connaît dans les années 1220-1230 un fort dynamisme économique, caractérisé par une multiplication des chantiers de construction notamment à travers l'édification d'abbayes (Bonport, Fécamp, Boscherville)

et de cathédrales (Bayeux, Rouen) mais surtout de granges céréalières (Crouttes, Heurteauville, Bonport, Val-de-la-Haye, Saint-Pierre-sur-Dives), indice indéniable d'une forte croissance de la production agricole.

L'analyse dendroarchéologique des bois utilisés montre que ces nombreux chantiers n'ont pas eu à souffrir d'une quelconque pénurie en bois d'œuvre de qualité et que, bien au contraire, le potentiel forestier de la Normandie orientale était suffisamment abondant et bien géré pour permettre cet approvisionnement durant toute la durée des XII^e et XIII^e siècles. La rareté de bois tors, débités ou de réemploi ainsi que la consommation dans les nouvelles charpentes gothiques de jeunes bois de même diamètre, de même longueur et de fil droit pour plus de 90 % des bois, confirment l'existence d'une logique raisonnée des approvisionnements et d'une gestion maîtrisée des hautes futaies et des taillis-sous-futaie. Les seuls cas de pénurie ou de consommation de bois tors issus du milieu bocager s'observent sur des territoires restreints, précocement défrichés comme à Bayeux ou au sud du Vexin normand à la fin du XII^e et au début du XIII^e siècle.

Après le XIII^e siècle et jusqu'à la fin du Moyen Âge, les forêts normandes maintiennent de grandes capacités d'approvisionnement en bois de futaie, quoiqu'en laissent penser les nombreuses ordonnances promulguées au XIV^e siècle. Ce fort potentiel forestier est confirmé par la permanence en Normandie des structures à chevrons-formant-fermes, grandes consommatrices en bois d'œuvre de qualité, notamment sur les églises et les monuments seigneuriaux, contrairement à d'autres régions comme l'Île-de-France où les charpentes à fermes et pannes, plus économiques en bois d'œuvre, se répandent dans l'architecture religieuse et civile dès le XIII^e siècle. Il n'en demeure pas moins que les charpentes à fermes et pannes se diffusent également dès le XIV^e siècle dans l'architecture civile normande, visiblement sans bénéficier du prestige accordé aux chevrons-formant-fermes, prestige lié vraisemblablement à leur ancienneté sur les églises et qui explique peut-être leur survivance en Normandie longtemps après le Moyen Âge.

Si l'abondance de carrières de pierre de qualité en Île-de-France a indiscutablement contribué à l'essor de l'architecture gothique (*opus francigenum*), la forte capacité d'approvisionnement en bois d'œuvre de qualité des forêts normandes a également joué un rôle capital dans la dynamique des chantiers et la vitalité de la construction en bois aux XII^e-XIII^e siècles, particulièrement en Normandie orientale. Cette abondance en matériau a été déterminante dans l'élaboration de techniques de mise en œuvre innovantes et l'émergence des charpentes gothiques. Cette remarquable réactivité face à l'évolution rapide de l'architecture de pierre marque un tournant décisif dans la pensée technique en charpenterie médiévale et provoque de façon irrémédiable un renouvellement complet des modes de conception et des formes de charpentes dont la plupart se sont maintenues bien au-delà du Moyen Âge et subsistent encore de nos jours.

BIBLIOGRAPHIE

I. Sources publiées

- Antiquus cartularius ecclesiae Baiocensis (Livre noir du chapitre)*, BOURRIENNE V. (éd.), Société de l'histoire de Normandie, Rouen, 1902-1903, 3 vol.
- Chronicon ex chronicis*, THORPE B. (éd.), Londres, 1849.
- DUDON DE SAINT-QUENTIN
De Gestis Normanniae Ducum seu de moribus et actis primorum Normanniae ducum, LAIR J. (éd.), dans *Mémoires de la Société des antiquaires de Normandie*, t. 23, 1865, p. 1-314.
- Gallia christiana*, 1759, t. XI, Paris.
- GERMAIN dom M.
1871, *Monasticom Gallicanum*, PEIGNÉ-DELACOURT (éd.), Paris.
- GUILLAUME DE MALMESBURY
De gestis regum Anglorum, STUBBS W. (éd.), Londres, 1887-1889, 2 vol.
- GUILLAUME DE POITIERS
Gesta Guillelmi, FOREVILLE R. (éd.), Paris, 1952.
- LAIR J.
1910, *Matériaux pour l'édition de Guillaume de Jumièges*, Paris.
- LANGFORS A.
1930, « *De miraculis quae in ecclesia Fiscannensi contigerunt*, source du poème français de Madrid », dans *Annales Academiae Scientiarum Fennicae*, B, t. XXV, 2, p. 3-32.
- LECOY DE LA MARCHE A. (éd.)
1868, *Ceuvres complètes de Suger*, Paris.
- LESPINASSE R. et BONNARDOT F.
1879, *Les métiers et corporations de la ville de Paris - XIII^e siècle : le Livre des Métiers d'Étienne Boileau*, Imprimerie Nationale, Paris.
- Magni rotuli scaccarii Normanniae*, STAPLETON T. (éd.), Londres, 1844.
- MORTET V. ET DESCHAMP P. (éd.)
1995 (rééd.), *Recueil de textes relatifs à l'histoire de l'architecture et à la condition des architectes en France au Moyen Âge, XI^e-XIV^e siècles*, 1911, Paris; *XIV^e-XVII^e siècles*, 1929, Paris.
- Normanniae nova chronica*, CHÉRUÉL A. (éd.), *Mémoire de la Société des antiquaires de Normandie*, t. XVIII, 1851.
- ORDERIC VITAL
Historia ecclesiastica Libri XIII, GUIZOT M. (éd.) 1826, Caen; LE PRÉVOST A. et DELISLE L. (éd.) 1838-1855, 5 vol., Paris; CHIBNALL M. (éd.) 1969-1980, 6 vol., Oxford.
- POMMERAYE dom F.
1662, *Histoire de l'abbaye de Saint-Amand de Rouen par un religieux bénédictin de la congrégation Saint-Maur*, Rouen.
- RAOUL TORTAIRE, *Rodulfi Tortarii carmina*, OGLE M. B. et SCHULLIAN D. M. (éd.), Rome, 1933.
- Recueil des actes des ducs de Normandie de 911 à 1066*, FAUROUX M. (éd.), *Mémoires de la Société des antiquaires de Normandie*, t. 36, 1961.
- Recueil des Historiens des Gaules et de la France*, DELISLE L. et JOURDAIN C.-M.-G. BRÉCHILLET (éd.), Paris, 1876.
- Regesta regum anglo-normannorum, 1066-1154*, JOHNSON C. et CRONNE H. A. (éd.), Oxford, 1956.
- Regestrum visitationum archiepiscopi Rothomagensis, Journal des visites pastorales d'Eudes Rigaud, Archevêque de Rouen, MCCXLVIII-*

MCCLXIX, publié par BONNIN T., Rouen, 1852.

ROBERT DE TORIGNI

Chronique et divers opuscules, DELISLE L. (éd.), 2 vol., Société de l'histoire de Normandie, Rouen, 1872-1873; *The gesta normannorum*

ducum of William of Jumièges, VAN HOUTS E. (éd.), Clarendon Press, Oxford, 1995.

ROGER DE HOVEDEN, *Chronica Magistri Rogeri de Hovedene*, STUBBS W. (éd.), Londres, 4 vol., 1868-1871.

WACE

Roman de Rou, HOLDEN J. (éd.), 3 vol., Paris, 1970.

II. Ouvrages et articles

ABRAHAM B., BRINDEL-BETH S., FORENTIN G.-H. et MAISONNEUVE P. de
1993, *Le bâti pan-de-bois*, coll. *Techniques d'amélioration de l'habitat ancien*, CSTB, CTBA et CFI, éd. EDF, Paris.

ADAM J.-P.

1984, *La construction romaine, matériaux et techniques*, Grands manuels Picard, Paris.

ADAM J.-P. et VARENE P.

1985, « La scie hydraulique de Villard de Honnecourt et sa place dans l'histoire des techniques », *Bulletin Monumental*, t. III, p. 317-332.

1986, « La scie hydraulique, invention antique et perfectionnement médiéval », dans *Le bois dans la Gaule romaine et les provinces voisines*, Actes du colloque (Paris, 1985), coll. Caesarodunum t. 21, Errance, Paris, p. 211-229.

AHRENS C.

1982, « Frühe Holzkirchen im Nördlichen Europa » dans *Exposition in Hamburgischen Museum für vor und frühgeschichte von 13 nov. bis 28 mars 1982*, cat. 644 p., Inventaire p. 491-631.

ALEXANDRE P.

1987, *Le climat en Europe au Moyen Âge, contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*, EHESS, Paris.

ALLMAND C. T.

1983, *Lancastrian Normandy 1415-1450 : the History of a Medieval Occupation*, Oxford.

ANDERSON M.

1996, « Transformations et restauration du transept de la cathédrale de Bayeux », *Bulletin de la Société des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Bayeux*, vol. 31, p. 12-27.

ANDRIEUX J.

1862, *Cartulaire de l'abbaye Notre-Dame de Bonport de l'ordre de Cîteaux au diocèse d'Évreux*, Hérissay, Évreux.

ANTOINE A.

2002, *Le paysage de l'historien. Archéologie des bocages de l'ouest de la France à l'époque moderne*, Presses universitaires de Rennes, Rennes, 344 p.

ANTOINE A. et MARGUERIE D.

à paraître, *Bocages et Sociétés*, actes du colloque 29 et 30 septembre, 1^{er} octobre 2004, Université Rennes II.

Architectures de terre et de bois, l'habitat privé des provinces occidentales du monde romain. Antécédents et prolongements : Protohistoire, Moyen Âge et quelques expériences contemporaines,

1985, Actes du 2^e congrès archéologique de la Gaule méridionale (Lyon, novembre 1983), *Documents d'Archéologie Française*, n° 2, Paris.

ARNOUX M. et MANEUVRIER C.

2003, « Le pays normand. Paysages et peuplement (IX^e-XIII^e siècles) », *Tabularia*, « Études », n° 3, p. 1-27. [<http://www.unicaen.fr/mrsh/crahm/revue/tabularia/amouxmaneuvier.html>]

Arts et sciences au Moyen Âge

Pour la Science, dossier hors-série, janvier 1996.

AUBANTON F.

2003, « Fontaines-les-Côteaux, église Saint-Pierre, vestiges d'une charpente du XI^e siècle dans la vallée du Loir », *Bulletin Monumental*, t. 161-4, p. 357-358.

AUBERT M.

1945, *La charpente de la cathédrale de Paris notice historique et archéologique*, Paris.

AUBERT Abbé J.

1977, *Les églises de l'Orne et leurs oeuvres d'art*, Lyon.

AVRIL F.

1996, « La polychromie des toitures médiévales », *Monumental*, n° 15, décembre 1996, p. 8-13.

BADRE L.

1983, *Histoire de la forêt française*, Paris.

BALLU J.-M.

2000, *Bois de marine, les bateaux naissent en forêt*, Gerfaut, Paris.

- BANS J.-C.
1995, «Les charpentes médiévales à fermes en France et dans le reste de l'Europe occidentale», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 180-191.
- BARBEROT E.
1939, *Traité pratique de charpente*, Librairie polytechnique Ch. Béranger, Paris.
- BARNWELL P. S. et ADAM A. T.
1994, *The House Within : Interpreting Medieval Houses in Kent*, Royal Commission on the Historical Monuments of England.
- BARRAL I ALTET X.
1997, *Haut Moyen Âge. De l'Antiquité tardive à l'an mil*, Taschen, Cologne.
- BARRAL I ALTET X. (dir.)
1983-1990, *Artistes, artisans et production artistique au Moyen Âge*, Actes du colloque de mai 1983, Université de Rennes II, 3 vol., Picard, Paris.
1987, *Le paysage monumental de la France autour de l'an mil*, Paris.
- BARRIÈRE B.
1966, «Les granges de l'abbaye cistercienne d'Obazine aux XII^e et XIII^e siècles», dans *Le bas-Limousin, Histoire et économie*, Actes du congrès interfédéral des Sociétés savantes (Tulle, 1964), Tulle.
- BARY-LENGER A. et al.
1988, *La forêt, écologie, gestion, économie, conservation*, Perron, Liège.
- BARY-LENGER A. et NEBOUT J.-P.
1993, *Les chênes pédonculé et sessile en France et en Belgique*, éd. Du Perron, Liège.
1997, «Les bâtisseurs du Moyen Âge, organisation et mode de construction. La pierre, le bois et le métal», *Les Dossiers d'Archéologie*, n° 219, décembre 1996-janvier 1997.
- BAUD A., BERNARDI P., HARTMANN-VIRNICH A. et al.
1996, *L'Échafaudage dans le chantier médiéval*, Lyon.
- BAUDOT M.
1960, «L'abbaye de Fontaine-Guérad», *Nouvelles de l'Eure*, n° 4, p. 9.
1968, *Dictionnaire des églises de France*, t. IVB, Normandie, éd. Robert Laffont, Paris.
- BAYLÉ M.
1978, «La cathédrale à l'époque de Guillaume le Conquérant et de ses fils», *Art de Basse-Normandie*, n° 76, p. 34-41.
1979, *La Trinité de Caen. Sa place dans l'histoire de l'architecture et du décor romans*, Paris-Genève.
1992, *Les origines et les premiers développements de la sculpture romane en Normandie*, *Art de Basse-Normandie*, n° 100 bis, Caen.
1997a, «Bayeux : cathédrale Notre-Dame» dans BAYLÉ M. (dir.), *L'architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), t. 2, p. 7-42 et p. 164-167.
1997b, «Rouen : cathédrale Notre-Dame» dans BAYLÉ M. (dir.), *L'architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), t. 2, p. 185-191.
- BAYLÉ M. (dir.)
1997, *L'Architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), éd. C. Corlet, Condé-sur-Noireau, 2 vol.
- BECHMANN R.
1984, *Des arbres et des hommes, la forêt au Moyen Âge*, Flammarion, Paris.
1993, *Villard de Honnecourt, la pensée technique au XIII^e siècle et sa communication*, Picard, Paris.
- BECK P. (dir.)
1998, *L'Innovation technique au Moyen Âge*, Actes du VI^e congrès international d'archéologie médiévale, Errance, Paris.
- BEERLI D.
1979, «Charpente et marine, un rapprochement impossible?», *La demeure historique*, n° 55, automne, p. 20-24.
- BERNARD V.
1998, *L'Homme, le bois et la forêt en France du Nord du Mésolithique au Haut Moyen Âge*, BAR International Series 733, Oxford.
- 2001, «Datation dendrochronologique des bois des épaves de la Natière» dans L'HOURL M. (dir.), *Un corsaire sous la mer : les épaves de la Natière, archéologie sous-marine à Saint-Malo, (Campagne de fouille 2000) vol. 2*, ADRAMAR, Paris, p. 172-174.
2003, «Stratégie d'approvisionnement en bois en Gaule du nord-ouest (du I^{er} avant au IV^e s. après J.-C.)», dans LEPETZ S. et MATTERNE V. (dir.), *Cultivateurs, éleveurs et artisans dans les campagnes gallo-romaines, matières premières et produits transformés*, Actes du VI^e colloque international AGER, Compiègne, *Revue Archéologique de Picardie*, 2003, 1/2, p. 77-86.
- BERNARD V., et LE DIGOL Y.
1995, «Chapelle Saint-Julien de la ferme des Vaux, Gisors (27)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2001a, «Église abbatiale La Trinité, Fécamp (76)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2001b, «Église Saint-Pierre, Neuf-Marché (76)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2001b, «Cathédrale Saint-Pierre, Lisieux (14)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2005a, «Chapelle de Chanu (27)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2005b, «Abbaye de Bonport (27)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2005c, «Grange de la commanderie templière, Val-de-la-Haye (76)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2006, «Cathédrale Notre-Dame, Rouen (76)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
2007, «Église de Champagne-sur-Oise (95)», rapport d'analyses dendrochronologiques.
- BERNARD V., ÉPAUD F. et LE DIGOL Y.
à paraître, «Bois de haie, bois de bocage, bois d'architecture», dans ANTOINE A. et MARGUERIE D. (dir.), *Bocages et Sociétés*, actes du colloque 29 et 30 septembre, 1^{er} octobre 2004, Rennes, France.
- BERNARD V., RENAUDIN S. et MARGUERIE D.
2006, «Evidence of trimmed Oaks (*Quercus sp.*) in North Western France during the early Middle Ages (9th-11th century A.D.)» dans DUFRAISSE A. (dir.), *Firewood Economy : Analytical Tools and Methods*, BAR International Series, Oxford, p. 137-142.

- BERRY M.
1986, «La persistance des assemblages de charpente», dans *Le bois dans la Gaule romaine et les provinces voisines*, Actes du colloque (Paris, 1985), coll. Caesarodunum t. 21, Errance, Paris, p. 305-309.
- BERTAUX J.-J.
1978, «La cathédrale gothique dans l'art de son temps», *Art de Basse-Normandie*, n° 76, p. 41-46.
- BILLAMBOZ A.
1987, «Archéodendrologie des palafittes du sud-ouest de l'Allemagne – Le bois raconte l'histoire des hommes et de la forêt», *Archeologia*, n° 222, p. 30-38.
- BISHOP T. A. M.
1936, «Monastic Granges in Yorkshire», *The English Historical Review*, vol. LI, n° 202 (avril 1936), p. 193-214.
- BIGET J.-L., BOISSIÈRE J. et HERVÉ J.-C. (dir)
1991, *Le bois et la ville du Moyen Âge au XX^e siècle*, Actes du colloque de Saint-Cloud (18-19 nov. 1988), Fontenay/Saint-Cloud.
- BINDING G.
1977, «Holzankerbalken im Mauerwerk mitterlalterlicher Burgen und Kirchen», *Château Gaillard*, 8, colloque de Bad Muenstereifel, 1976, p. 69-77.
- BLANQUART F.
1925, «L'épithaphe de Charles de Boudeville par Ronsard», *Bulletin philologique et historique*, Paris, p. 143-152.
- BLARY F.
1989, *Le domaine de Chaalis XII^e-XIV^e siècles. Approches archéologiques des établissements agricoles et industriels d'une abbaye cistercienne*, éditions du CTHS, Paris.
- BLIECK G.
2003, «Le bois et sa mise en œuvre d'après les sources comptables. L'exemple du château dit de Courtrai à Lille de 1390 à 1500», dans POISSON J.-M. et SCHWIEN J.-J., *Le bois dans le château de pierre au Moyen Âge*, Actes du colloque de Lons-le-Saunier, tenu les 23-25 octobre 1997, PUFC, Besançon.
- BLOCH C. et SOYER J.
1917, *Inventaire sommaire des archives départementales du Loiret antérieures à 1790*, Orléans.
- BO-AN X. et DAI-HENG G.
1977, «Les grandes civilisations du bois dans le monde, la construction en bois dans l'ancienne Chine», dans *Encyclopédie des métiers, la construction en bois*, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 356-402.
- Le bois dans l'architecture*
1995, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Éditions du Patrimoine, Paris.
- BOISSIÈRE J. et DELAVAL A.
1995, «L'évolution des types de charpente en Bas-Poitou», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 81-87.
- BOITHIAS J.-L. et MONDIN C.
1978, *La maison rurale en Normandie*, 1. *La Haute-Normandie*, Nonette.
1979, *La maison rurale en Normandie*, 2. *La Basse-Normandie*, Nonette.
- BONTEMPS D.
1984, «La charpente du chœur de l'église Saint-Pierre de Gonesse (Val-d'Oise)», *Archéologie Médiévale*, t. XIV, p. 128-167.
1995a, «La grange de l'abbaye cistercienne de Chaloché (Maine-et-Loire) ou l'importance de l'étude de la charpente dans un bâtiment médiéval», *Archéologie Médiévale*, t. XXV, p. 27-64.
1995b, «La charpente de comble au Centre de recherches sur les Monuments historiques : documentation et perspectives d'études», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 200-205.
- BOUÛARD M. de
1965, «Note sur les matériaux de couverture utilisés en Normandie au Moyen Âge», *Annales de Normandie*, t. 15, p. 415-436.
- BOUVRIS J.-M.
1981, «Les plus anciennes chartres du prieuré de Saint-Sulpice-sur-Risle près L'Aigle, dépendance normande de l'abbaye de Saint-Lomer de Blois (XI^e-XII^e siècle)», *Annales de Normandie*, t. XXXI, p. 327-330.
- BRESSON J.-M.
1978, *Maisons de bois, architectures scandinaves*, Dunod, Paris.
- BRIER M.-A. et BRUNET P.
1984, *Architecture Rurale Française. Corpus des genres, des types et des variantes. Normandie*, Berger-Levrault, Paris.
- BRIGODE S.
1950, «L'architecture religieuse dans le sud-ouest de la Belgique», *Bulletin de la Commission royale des monuments et des sites*, 1, p. 9-276.
- BRISSON A.
s. d, *Saint-Pierre sur Dives*, s.l.
- BROCKHAUS K.
1999, «L'ancienne église abbatiale Sainte-Trinité de Fécamp. Étude architecturale», Mémoire de DEA, Université de Paris-Sorbonne-Paris IV.
2002, «La genèse architecturale de l'église de La Trinité de Fécamp», *Tabularia, «Études»*, n° 2, 2002, p. 71-82. [<http://www.unicaen.fr/mrsh/crahm/revue/tabularia/pdf/brockhaus.pdf>]
- BRONDEL Y. (Beaujolais le Bon Cœur)
1979, «Les moyens d'exécution : les ateliers, les outils du charpentier, le matériel de levage et de manutention», dans *Encyclopédie des métiers. La charpente et la construction en bois*, t. 2, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 275-367.
1982, «Les signes et les marques conventionnels de charpente», dans *Encyclopédie des métiers. La charpente et la construction en bois*, t. 2, fasc. 8, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 369-380.
- BRUNET P.
1982, «Les granges de Normandie. Essai d'architecture et d'économie rurale», dans *Recueil d'études offert en hommage au doyen Michel de Bouïard*, vol. 1, n° spécial des *Annales de Normandie*, Caen.

- BUGGE G.
1993, *Les églises en bois de Norvège*, Desclée de Brouwer, Paris.
- BUXTON D.
1981, *The Wooden Churches of Eastern Europe*, Cambridge-Londres-New-York.
- CAILLEAU A.
1988, « Le prieuré Saint-Michel de Crouttes », *Monuments Historiques*, n° 159, p. 33-38.
- CALAME F.
1981, « Le travail en forêt », *Les cahiers de l'écomusée du Beauvaisis*, n° 3, p. 28-49.
1983a, « La charpente de la nef de l'église Saint-Éloi », *Groupe d'Étude des Monuments et Oeuvres d'art du Beauvaisis*, n° 19, p. 42.
1983b, « Les marques de charpente », *Ethnologie Française*, nouvelle série, t. 13, n° 1, p. 7-24.
1984, « Pour une étude de la charpente rurale en France, l'exemple de l'Oise », thèse de troisième cycle, EHESS, 3 vol.
1993, *Charpentiers au travail, le bois en Europe*, coll. Le tour d'Europe des tours de main, éditions A. Die, Die.
- CALAME F. et NOEL P.
s.d., « Charpente rurale, le chaînon manquant », dans *L'architecture rurale française, corpus des types et des variantes, lettre de liaison*, n° 3, Centre d'Ethnologie française, Musée des arts et traditions populaires, Paris, p. 9-17.
- Catalogue des Archives de la Commission des Monuments historiques, plans et dessins*, t. IV, Haute-Normandie,
1994, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine.
- CARCY P. et SCÈLÈS M.
2002, « Couvertures et charpentes dans le Midi de la France au Moyen Âge », dans *La maison au Moyen Âge dans le midi de la France*, Actes de journées d'étude de Toulouse, 19-20 mai 2001, hors série 2002, Société Archéologique du Midi de la France [www.sociétés-savantes-toulouse.asso.fr/samf/memoires/hrseri2002/MSCÈLLES.PDF]
- CAUMONT A. de
1840, « Statistique des communautés religieuses de la Basse-Normandie au XIII^e siècle », *Mémoires de la Société des antiquaires de Normandie*, t. XI, p. 227-248.
1846-1867, *Statistique monumentale du Calvados*, 5 vol., Hardel, Caen ; réédit. 1967, Mayenne.
1867, *Abécédaire ou rudiment d'archéologie*, Blanc-Martel Librairie, Caen.
- CAZENAVE É.
1973, « Architecture monastique : les bâtiments utilitaires, les granges du Moyen Âge dans le département du Calvados », mémoire de maîtrise, Université de Paris-Sorbonne-Paris IV.
- CSTB - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT
1993, *Le bâti pan de bois*, DAG-isis, Paris.
- CEYSSENS J.
1929, « Les anciennes maisons en bois et torchis couvertes de chaume », *Chronique archéologique du Pays de Liège*, n° 1, janvier-février 1929, p. 10-14.
- CHAPELOT J. et O.
1996, « Lardoise dans les toitures médiévales », *Monumental*, n° 15, décembre 1996, p. 14-15.
2000, « L'artisanat de la poterie et de la terre cuite architecturale : un moyen de connaissance des sociétés rurales du Moyen Âge », dans *L'artisan au village dans l'Europe médiévale et moderne*, Actes des XIX^e Journées Internationales d'Histoire de l'Abbaye de Flaran (sept. 1997), Presses universitaires du Mirail, p. 87-147.
- CHAPELOT J. et FOISSIER R.
1980, *Le village et la maison au Moyen Âge*, Hachette, Paris.
- CHAPELOT J. et POUSET D.
2003, « Les lambris du donjon », *Dossiers de l'Archéologie*, n° double 289 - Vincennes, décembre 2003/janvier 2004, p. 84-89.
- CHAPELOT O.
1975, « La construction sous les ducs de Bourgogne-Valois : l'infrastructure (moyens de transport, matériaux de construction) », thèse de 3^e cycle, Université de Paris I.
2003, « Bois sec, bois vert. Vraie ou fausse question ? », dans POISSON J.-M. et SCHWIEN J.-J. (dir.), *Le bois dans le château de pierre au Moyen Âge*, Actes du Colloque de Lons-le-Saunier, 23-25 octobre 1997, Presses universitaires Franc-Comtoises, Besançon, p. 79-89.
- CHAPELOT O. et BENOIT P. (dir.)
1985, *Pierre et métal dans le bâtiment au Moyen Âge*, EHESS, Paris.
- CHARLES F. W. B.
1967, « Medieval Cruck Building and Its Derivates, a study of timber-framed construction based on buildings in Worcestershire », in *Society for medieval archeology*, Monograph Series, Londres, n° 2.
- CHARLES J.
1982, « Les maladreries du département de l'Eure », *Nouvelles de l'Eure*, n° 84, p. 3-15.
- CHARPILLON et CARESME A.
1868-1879, *Dictionnaire historique de toutes les communes du département de l'Eure. Histoire, géographie, statistique*, Les Andelys, 2 vol. ; réédit. 1992, Res Universis, Rouen.
- CHEVALLIER E. abbé
1906, *Notre-Dame de Bonport, étude archéologique sur une abbaye normande de l'ordre de Cîteaux*, Mesnil-sur-l'Estrée.
- CHEVRIER V.
1995, « La charpente de la cathédrale Notre-Dame de Paris à travers la dendrochronologie », mémoire de DEA, Université de Paris-Sorbonne, Paris IV.
- CLARK W. W.
1977, « The Nave of Saint-Pierre at Lisieux. Romanesque Structure in a Gothic Guise », *Gesta*, XVI/1, p. 29-38.
1997, « Lisieux : cathédrale Saint-Pierre », dans BAYLÉ M. (dir.), *L'Architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), t. 2, p. 168-172.
- COCHET A. abbé
1872, *Répertoire archéologique du département de la Seine-Inférieure*, Paris ; 1975, réimpression G. Joubert, Rouen.
- Conservation régionale des Monuments historiques de Haute-Normandie*
1941, dossier de protection de l'abbaye de Bonport.

- COLARDELLE M. (dir.)
1996, *L'Homme et la nature au Moyen Âge*, Actes du V^e congrès international d'archéologie médiévale (Grenoble 1993), Errance, Paris.
- COLARDELLE M. et VERDEL E.
1993, *Les habitants du lac de Paladru (Isère) dans leur environnement. La formation d'un terroir au XI^e siècle*, Document d'Archéologie Française, n° 40, Paris.
1994, « Un atelier de charpenterie sur le site médiéval immergé de Colletière à Charavines (Isère) », *Pages d'archéologie médiévales en Rhône-Alpes*, 1, Actes de la première rencontre, 10 déc. 1993, Lyon, p. 47-60.
- COLLECTIF
1964, *Bois sculptés. L'Art du bois du XIII^e au XIX^e siècle*, Catalogue du Musée Dobrée, Nantes.
- CORBET P.
s.d., *Les églises en bois de Champagne*, Coll. Zodiaque, Abb. Sainte-Marie de la Pierre qui Vire.
- CORVOL A.
1987, *L'Homme aux bois. Histoire des relations de l'homme et de la forêt (XVIII^e-XX^e siècle)*, Fayard, Paris.
1991, « Exploitation sylvicole et botanique forestière, aux XVII^e-XVIII^e siècles », dans *La forêt*, textes réunis et présentés par Andrée Corvol du Groupe d'Histoire des Forêts Françaises, actes du 113^e congrès national des sociétés savantes (Strasbourg, 1988), éditions du CTHS, Paris, p. 295-304.
- CORVOL-DESSERT A.
2002, « La récolte en bois d'œuvre : une insuffisance chronique », dans HOFFSUMMER P. (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Monum, Cahiers du patrimoine, 62, Paris, p. 40-51.
- COSTANTINI F.-A.
1996, « Les comtes de la Chaise-Dieu », dans *Les bâtisseurs du Moyen Âge, Dossiers d'Archéologie*, n° 219, déc. 1996, p. 92-97.
- COTTINEAU dom L.-H.
1939, *Répertoire topo-bibliographique des abbayes et prieurés*, Protat Frères, Macon.
- COURTENAY L. T., ALCOCK N. W. et IMPEY E.
1998, « An Early Common Tiebeam Roof : St Georges-de-Boscherville, Seine-Maritime », *Medieval Archaeology*, vol. XLII, 1998, p. 54-67.
- COUTAN E.
s.d., « Débris du portail roman de l'église de Neufmarché », *Bulletin de la Commission des Antiquités de la Seine-Inférieure*, t. XIII, Rouen.
- CRMH - CENTRE DE RECHERCHES SUR LES MONUMENTS HISTORIQUES
s.d., *Beffrois de charpente, études de structures*, vol. 1, XII^e-XVIII^e siècle, Ministère des Affaires culturelles, Direction de l'Architecture, Paris.
1982a, *Charpentes, XI^e-XII^e siècle*, vol. 1, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
1982b, *Charpentes, XIII^e siècle*, vol. 2, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
1982c, *Charpentes, XIV^e-XV^e siècle*, vol. 3, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
1982d, *Charpentes, XVI^e siècle*, vol. 4, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
1982e, *Charpentes lambrissées, Régions diverses XVI^e-XVIII^e siècle*, vol. 2, Ministère des Affaires culturelles, Direction de l'Architecture, Paris.
1984, *Charpentes, XVII^e siècle*, vol. 5, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
s.d., *Charpentes, XVIII^e-XIX^e siècle*, vol. 7, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
s.d., *Charpentes, XVI^e siècle, Régions diverses*, vol. 8, Ministère des Affaires culturelles, Direction de l'Architecture, Paris.
s.d., *Charpentes, XVII^e siècle, Régions diverses*, vol. 9, Ministère des Affaires culturelles, Direction de l'Architecture, Paris.
s.d., *Églises à pans de bois*, vol. 2, Normandie, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
2002, *Charpentes de la région Centre du XI^e au XIII^e siècle*, Monum, Éditions du Patrimoine.
- s.d., *Charpentes lambrissées, XVI^e-XVIII^e siècle, Bretagne*, vol. 3, Ministère des Affaires Culturelles, Direction de l'Architecture, Paris.
- s.d., *Charpentes de tours, XVI^e-XVII^e siècle, Régions diverses*, vol. 1, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
s.d., *Hours, XV^e siècle*, vol. 1, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris.
- CROSNIER M.
1999, « Gisors : le manoir de Vaux », *Les cahiers de la Société historique et géographique du bassin de l'Epte*, n° 43, p. 29-38.
- CUCARULL J.
2003, « Le bois comme élément de renfort de l'architecture militaire. Réflexion à partir de trois exemples bretons », dans *Le bois dans le château de pierre au Moyen Âge*, Actes du colloque de Lons-le-Saunier, 23-25 octobre 1997, Presses universitaires Franc-Comtoises, Besançon, p. 205-213.
- CZARNOWSKY C.
1949, « Engins de levage dans les combles d'églises en Alsace », *Cahiers techniques de l'Art*, p. 11-27.
- DAGUZE D.
1981a, « Le calcul des charpentes en bois, statistique graphique », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 3, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 11-92.
1981b, « Le calcul des charpentes en bois, utilisation des règles et des normes de calcul », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 3, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 241-276.
- DAVID M.
1965, « La fabrique et les manœuvres sur les chantiers des cathédrales de France jusqu'au XIV^e siècle », dans *Études de droit d'histoire du droit canonique*, II, Paris, p. 113.
- DECAËNS J.
1973, « Recherches récentes concernant la maison paysanne en bois au Moyen Âge en Europe de Nord-Ouest », dans *La construction au Moyen Âge, histoire et archéologie*, Actes du congrès de Besançon tenu du 2 au 4 juin 1972, Besançon.
1994, « Le patrimoine des Grentemesnil en Normandie, en Italie et en Angleterre aux XI^e et XII^e siècles », dans *Les Normands en*

- Méditerranée*, P. BOUET et F. NEVEUX (dir.), Presses universitaires de Caen, Caen, p. 123-140.
- DECARIS B.
1992, « Étude préalable à la restauration des couvertures de la cathédrale de Bayeux », rapport de la CRMH Basse-Normandie.
1994, « Étude préalable à la restauration générale, Église de Sainte-Marie-aux-Anglais, Le Mesnil-Mauger, Calvados », rapport de la CRMH Basse-Normandie, juillet 1994.
- DECORDE J.-E.
1861, *Essai historique et archéologique sur le canton de Gournay*, Paris.
- DELABARRE E.
1907, « L'abbaye de Saint-Amand », *Bulletin des Amis des monuments rouennais*, Rouen, p. 51-98.
- DELAHAYE F.
2000-2001, « Thaon, église Saint-Pierre », *Archéologie Médiévale*, t. 30-31, p. 272.
- DELISLE L.
1851, *Études sur la condition de la classe agricole et l'état de l'agriculture en Normandie au Moyen Âge*, Hérissé, Évreux.
1889, *Mémoire sur les opérations financières des Templiers*, Paris.
- DELISLE L. et PASSY L.
1862-1869, *Mémoires et notes de M. Auguste Le Prévost*, Rouen.
- DELORME P.
1648, *Architecture de Philibert de l'Orme, conseiller et ausmonier ordinaire du Roy et abbé de Saint-Serge-lez-Angers, avec une belle invention pour bien bastir et à petits frais*, éd. David Ferrand, Rouen; rééd. par The Gregg Press Incorporated, Ridgewood, 1964.
- DELSALLE L.-R.
1980, « L'abbaye de Saint-Amand », *Bulletin des Amis des monuments rouennais*, juin 1979-septembre 1980, p. 31-55.
- DENEUX H.
1927, « L'évolution des charpentes du XI^e au XVIII^e siècle », *L'Architecte*, p. 49-53, 57-60, 65-68, 73-75 et 81-89.
- DENFER J.
1892, *Architecture et constructions civiles, charpente en bois et menuiserie*, Paris.
- DEVILLE A.
1827, *Essai historique et descriptif sur l'abbaye de Saint-Georges-de-Boscherville*, Rouen.
- DEVIEGHER L.
1969, « Enkele nota's over de Sint-Laurentiuskerk te Ename », *Bulletin de la Commission royale des monuments et des sites*, n° 18, p. 84-90.
- DIDEROT M.
1751, « Bois », dans *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, t. 1, Paris, p. 297-310.
1753, « Charpente ou charpenterie », dans *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, t. 3, Paris, p. 214-215.
1762, *Recueil de planches sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques avec leurs explications*, 1^{re} livraison, Paris.
- DIDIER F.-O.
1996, « Les couvertures en tuiles vernissées en Bourgogne », *Monumental*, n° 15, décembre 1996, p. 70-77.
- DIETRICH A. et GAULTIER M.
2000-2001, « La charpente de la grange abbatiale de Maubuisson (Saint-Ouen-l'Aumône, Val-d'Oise) », *Archéologie Médiévale*, t. 30-31, p. 109-132.
- DIDRON A.-N.
1846, « Dessins palimpsestes du XIII^e siècle à Reims », dans *Annales archéologiques*, 5, p. 87-94.
- DION H. de
1861, *Cathédrale de Bayeux, reprise en sous-œuvre de la tour centrale* par MM. H. de Dion et L. Lasvignes sous la direction de M. E. Flachet, Paris.
- DORMOY C. et PÉRARD P.
2000, « Analyse dendrochronologique de la charpente du bras sud du transept de la cathédrale de Bayeux (14) », rapport inédit, Archéolabs.
- DUBOIS D.
1987, « La charpente militaire, un aspect des engins à jet à contrepoids à la fin du Moyen Âge », dans *Artistes, artisans et production artistique au Moyen Âge*, Actes du colloque de mai 1983, Université de Rennes II, vol. II, Picard, Paris, p. 403-408.
- DUBREUIL G.
1837, *Gisors et ses environs, Histoire, chroniques, légendes et portraits*, éd. Du Bastion.
- DUKOURT J.-P.
1985, « Deux exemples inédits de cruck construction en Bretagne », *L'Architecture Vernaculaire*, vol. 9, p. 23-28.
- DUCEPPE-LAMARRE F.
2006, Chasse et pâturage dans les forêts du Nord de la France : Pour une archéologie du paysage sylvestre (XI^e-XVI^e siècles), L'Harmattan, Paris, 311 p.
- DUESBERG A.-C.
1947, « La toiture-terrasse dans le paysage », *Architecture, urbanisme, habitation*, n° 1, janvier 1947, p. 9-16.
- DUFOURNET P.
1986, « Survivance de la construction en pan de bois et torchis en Picardie », dans *Le bois dans la Gaule romaine et les provinces voisines*, Actes du colloque (Paris, 1985), coll. Caesarodunum t. 21, Errance, Paris, p. 203-239.
- DUHAMEL DU MONCEAU H. L.
1764, *De l'Exploitation des bois, ou moyens de tirer un parti avantageux des taillis, demi-futaies et hautes-futaies, et d'en faire une juste estimation: Avec la description des Arts qui se pratiquent dans les Forêts : Faisant partie du Traité complet des Bois & des Forests. Ouvrage enrichi de Figures en taille-douce*, H.L. Guerin & L.F. Delatour, 2 vol., Paris.
- DUHEM S.
1997, *Les sablières sculptées en Bretagne, Art et Société*, Presses universitaires de Rennes, Rennes.
- DUMARCAY J.
1977, « Les grandes civilisations du bois dans le monde, les charpentes du sud de l'Inde

- et des états hindouisés du Cambodge et de l'Indonésie», dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 247-263.
- DUMEIGE B.
1987, «Le prieuré Saint-Michel de Crouttes», *Histoire et traditions populaires du pays d'Auge*, n° 20, décembre 1987, p. 21-24.
1991, «Le prieuré Saint-Michel de Crouttes», *Bulletin de la Société historique et archéologique de l'Orne*, t. CIX, n° 4, mars 1991, p. 23-34.
- DONGUY J.-R., PHILIPPE J.-P., BERNARD V. et GUIBAL F.
à paraître, *Une épave du XVI^e siècle sur l'estran de la baie de Douarnenez*. Chasse Marée, Douarnenez.
- ECKSTEIN D.
1969, «Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Alterbestimmung der Siedlung Haithabu», thèse de doctorat, Université de Hambourg.
- EMY A. R.
1841-1843, *Traité de l'art de la charpenterie*, éd. Dominique Avanzo, Liège.
- ÉPAUD F.
1999, «Les charpentes des XI^e-XIII^e siècles en Normandie, recensement des structures et problématiques», DEA d'histoire et d'archéologie, dir. A.-M. Flambard Hélicher, Université de Rouen.
2000, «Un cas particulier de charpenterie médiévale anglaise en Normandie : le bâtiment de Selles (Eure)», *Bulletin Monumental, Société Française d'Archéologie*, Paris, t. 158-III, p. 239-249.
2000-2001, «La charpente de la cathédrale Notre-Dame de Rouen», *Archéologie Médiévale*, t. 30-31, Caen, p. 133-173.
2002, «L'apport de l'archéologie des charpentes pour l'étude historique et architecturale de l'église de La Trinité de Fécamp», *Tabularia, «Études»*, n° 2, 2002 [<http://www.unicaen.fr/mrsh/crahm/revue/tabularia/epaud.html>].
2002, «L'évolution des techniques et des structures de charpenterie du XI^e au XIII^e siècle en Normandie. Une approche des charpentes par l'archéologie du bâti», thèse de doctorat, Université de Rouen, 2 vol. multigraphiés, 667 p. et ill.
2004, «Étude des charpentes du Val-d'Oise» (vol. 2), Rapport de recensement et d'expertise pour le Service départemental d'Archéologie du Val-d'Oise, 109 p.
2005, «Étude des charpentes des églises de la vallée de la Vienne (Val-d'Oise)». Rapport d'expertise pour le cabinet d'architecture Degas.
2006, «Étude archéologique de la charpente de la grange Saint-Lazare de Beauvais», Service archéologique de Beauvais, 90 p.
2006, «Étude des charpentes de l'abbaye de Royaumont (Val-d'Oise)», Fondation Royaumont.
2006, «Les charpentes des XII^e-XIII^e siècles de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux», *MSAN*, t. XXXVIII, Caen, p. 67-103.
2007 (à paraître), «Les charpentes de la cathédrale de Lisieux», dans *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Typologie et évolution dans le nord-ouest de la France*, HOFFSUMMER P. (dir.), Cahiers du Patrimoine, Monum, Éditions du patrimoine.
2007 (à paraître), «Les tracés régulateurs des épures de charpentes», dans *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Typologie et évolution dans le nord-ouest de la France*, HOFFSUMMER P. (dir.), Cahiers du Patrimoine, Monum, Éditions du patrimoine.
2007 (à paraître), «La charpente de la grange du Val-de-la-Haye (76)», dans *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Typologie et évolution dans le nord-ouest de la France*, HOFFSUMMER P. (dir.), Cahiers du Patrimoine, Monum, Éditions du patrimoine.
2007 (à paraître), «La charpente de la chapelle de Chanu (27)», dans *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Typologie et évolution dans le nord-ouest de la France*, HOFFSUMMER P. (dir.), Cahiers du Patrimoine, t. 63, Monum, Éditions du patrimoine.
2007 (à paraître), «Les couvertures en schiste ardoisier en Normandie», dans *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Typologie et évolution dans le nord-ouest de la France*, HOFFSUMMER P. (dir.), Cahiers du Patrimoine, Monum, Éditions du patrimoine.
- à paraître, «L'abbaye Notre-Dame de Royaumont : description architecturale du monastère cistercien du XIII^e siècle à sa reconversion industrielle à l'époque moderne», Catalogue de l'exposition *Royaumont au XIX^e siècle*, éd. Somogy.
- ÉPAUD F., BERNARD V. et LE DIGOL Y.
2007 (à paraître), «Bois de haie, bois de bocage, bois d'architecture», dans *Bocages et Sociétés*, ANTOINE A. et MARGUERIE D. (dir.), Actes du colloque septembre-octobre 2004, Rennes, France.
- ÉPAUD F. et TABUTEAU B.,
à paraître, «Le prieuré-léproserie Saint-Nicolas d'Évreux», dans *Actes de la journée d'étude d'Aizier (Eure)*, TABUTEAU B. (dir.), publications du CAHMER.
- ÉPAUD F. et SIMARD M.
2007 (à paraître), «La restitution expérimentale d'une cabane excavée carolingienne» dans *L'habitat rural du haut Moyen Âge en Ile-de-France*, GENTILI F., LEFÈVRE A. et MAHÉ N. (dir.), 2^e supplément du PCR au Bulletin archéologique du Vexin français, Guiry-en-Vexin.
- ÉPAUD F. et BERNARD V.
2003, «Une charpente à croupe sculptée du XI^e siècle : l'église Saint-Pierre de Neufmarché-en-Lyons (Seine-Maritime)», *Bulletin Monumental*, t. 161, p. 101-115.
- ÉPAUD F. et MILLE P.
2004, «Étude architecturale des bois du chantier de Pineuilh», rapport d'expertise inédit pour le chantier de fouille INRAP (Prodéo F. dir.), 19 p.
- ÉRLANDE-BRANDENBURG A.
1978, «La cathédrale de Lisieux. Les campagnes de construction», *Congrès archéologique de France*, Société Française d'Archéologie, p. 139-172.
1983, *La cathédrale*, Fayard, Paris.
1993, *Quand les cathédrales étaient peintes*, Découvertes Gallimard, Paris.
1997, «L'architecture rayonnante et le métal», *Les Dossiers d'Archéologie*, n° 219, décembre 1996-janvier 1997, p. 46-53.

- 1999, *De pierre, d'or et de feu. La création artistique au Moyen Âge, IV^e-XIII^e siècle*, Fayard, Paris.
- ESQUIEU Y.
1992, *Autour de nos cathédrales. Quartiers canoniaux du sillon rhodanien et du littoral méditerranéen*, Monographie du CRA 8, CNRS Éditions.
1995, «La maison médiévale urbaine en France : État de la question», *Bulletin Monumental*, 153, p. 109-142.
- ESQUIEU Y. et PESEZ J.-M. (dir.)
1998, *Cent maisons médiévales en France (du XI^e au milieu du XVI^e siècle). Un corpus et une esquisse*, Monographie du CRA 20, CNRS Éditions, Paris.
- ESTIENNE M.-P.
2003, «Les chaînages de bois du donjon de Verclause (Drôme)», dans *Le bois dans le château de pierre au Moyen Âge*, Actes du colloque de Lons-le-Saunier, 23-25 octobre 1997, Presses universitaires Franc-Comtoises, Besançon, p. 257-261.
- ÉTIENNE-STEINER C.
1979, *Abbaye de Bonport, Collection Année des abbayes normandes*, n° 4, CRDP, Rouen.
- FANCHAMPS M.-L.
1966, «Transport et commerce de bois sur la Meuse au Moyen Âge», *Le Moyen Âge*, t. 72, p. 59-81.
- FARIN F.
1738, *Histoire de Rouen*, Rouen.
- FELLER L., MANE P. et PIPONNIER F. (dir.)
1998, *Le village médiéval et son environnement, études offertes à Jean-Marie Pesez*, Publications de la Sorbonne, Paris.
- FERAUGE M. et MIGNEREY P.
1996, «L'utilisation du fer dans l'architecture gothique : l'exemple de la cathédrale de Bourges», *Bulletin Monumental*, t. 154-II, p. 9-148.
- FLAMENT P. abbé
1979, *Répertoire des abbayes et prieurés de l'Orne*, Alençon, p. 40-41.
- FLETCHER J. M. ET SPOKES P. S.
1964, «The Origin and Development of Crown-Post Roofs», in *Medieval Archaeology*, t.8, p. 152-183.
- FOOT N. D. J., LITTON C. D. et SIMPON W. G.
1986, «The high Roofs of the East End of Lincoln Cathedral», in *Medieval Art and Architecture at Lincoln*, ed. British Archaeological Association, p. 47-74.
- FORSYTH G. H. et WEITZMANN K.
1975, *The Monastery of St Catherine at Mt Sinai*, The University of Michigan.
- FOURNEAU N.
1767-1772, *L'Art du Trait de Charpenterie*, Dumesnil L., Rouen.
- FOURNÉE J.
1979, *Abbaye de Fontaine-Guérand, Abbayes et prieurés de Normandie*, Centre Régional de Documentation Pédagogique, Collection des monographies de l'année des abbayes normandes, n° 19.
- FRAITURE P. et HOFFSUMMER P.
1998, «Rapport d'analyses de dendrochronologie sur l'église de Saint-Pierre-de-Montmartre», Liège.
2000, «Rapport d'analyses de dendrochronologie sur l'église de Saint-Germain-des-Prés», Liège.
- FRANCHETTE P.
1949, «Rouen, ancien hôtel de Sainte-Catherine du Mont», *Bulletin de la Commission des Antiquités*, t. XX, p. 164-166.
- FREAL J. et LESCROART Y.
1973, *Maisons de Normandie*, Hachette, Paris.
- FREZIER A. F.
1737, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voûtes et autres parties des bâtiments civils et militaires ou traité de stéréotomie à l'usage de l'Architecture*, Strasbourg.
- FROIDEVAUX Y.-M.
1986, *Techniques de l'architecture ancienne, construction et restauration*, P. Mardaga, Liège.
- GALLAND B. et MANCIULESCU S.
1998, «Le Puy-en-Vellay, cathédrale Notre-Dame», *Monumental*, n° 22, p. 84-87.
- GARCIA D. et MEEKS D.
1997, *Techniques et économie antiques et médiévales, le temps de l'innovation*, Actes du colloque d'Aix-en-Provence (mai 1996), Errance, Paris.
- GARRIGOU-GRANDCHAMP P. et SALVÈQUE J.-D.
1990, «Le patrimoine architectural civil de Cluny au XII^e siècle», dans *Le gouvernement d'Hugues de Semur à Cluny*, Actes du colloque scientifique international, 1988, MAURICE B. (éd.), Cluny, p. 481-522.
1992, «Aspects de charpentes médiévales en Clunisois», dans LAMBERT G.-N. et MAURICE B. (dir.), *Les veines du temps, lecture de bois en Bourgogne*, catalogue d'exposition, Musée Rolin, Autun, p. 290-299.
1995, «Les charpentes et les plafonds des XII^e, XIII^e et XIV^e siècles dans l'architecture civile de Cluny», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 39-47.
1998, «Cluny, un bourg monastique exceptionnel», *Archéologia*, n° 341, janvier 1998, p. 54-66.
- GASSMANN P.
1999, «Analyses dendrochronologiques», dans *Altaripa : archéologie expérimentale et architecture navale gallo-romaine*, ARNOLD B. (dir.), Neuchâtel, Musée cantonal d'archéologie (Archéologie neuchâteloise, 25), 181 p.
- GATIER P.-A.
1998, «Les maquettes de charpente de Deneux», *Monumental*, n° 21, juin, p. 61-69.
- GAUDIN L.
2004, *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*, thèse de troisième cycle, Université de Rennes I, France.
- GAUTHIEZ B.
1993, «Les maisons de Rouen, XII^e-XVIII^e siècles», *Archéologie Médiévale*, t. XXIII, p. 130-217.
- GENDREAU G.
1960, «Les derniers travaux des Monuments historiques à l'abbaye de Fontaine-Guérand», *Nouvelles de l'Eure*, n° 4, p. 10-13.

- GÉNICOT L.-F.
1968, «L'église romane du "village gris" Seilles», *Bulletin de la Société d'art et d'histoire du diocèse de Liège*, t. 48, p. 41-73.
- 1969, «La collégiale romane de Sclayn sur Meuse», *Bulletin de la Commission royale des monuments et des sites*, t. 18, p. 43-82.
- 1974, «Charpentes du XI^e au XIX^e siècle en Wallonie (1)», *Bulletin de la Commission royale des monuments et des sites*, t. 4, p. 29-51.
- 1977, «Charpentes du XI^e au XIX^e siècle en Wallonie (2)», *Bulletin de la Commission royale des monuments et des sites*, t. 6, p. 139-162.
- GÉRARD C.
1982, «L'architecture en pan de bois en Lorraine», dans *Villages et maisons de Lorraine*, Actes du colloque de Nancy, Presses universitaires de Nancy-éditions serpenoise.
- GERNER M.
1995, *Les assemblages des ossatures et charpentes en bois*, Eyrolles, Fleury-Essonnes.
- GERVILLE C. de
1999, *Voyage archéologique*, t. I, Saint-Lô, Éd. de la Société d'archéologie et d'histoire de la Manche.
- GIRARDCLOS O. et PERRAULT C.
2004, «Rapport de datation par dendrochronologie de la grange du prieuré de Crouttes (61)», CEDRE, Besançon.
- 2005, «Datation par dendrochronologie, Église Notre-Dame Sainte-Marie-aux-Anglais (14)», rapport d'expertise, CEDRE, Besançon.
- GLANVILLE L. de
1859, «Note sur la terre de Boos», dans *Congrès archéologique de France*, Hardel, Caen, p. 550-558.
- GNEDOVSKI B.
1977, «Les grandes civilisations du bois dans le monde, l'architecture en bois dans la Russie du Nord», dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 181-197.
- GOODBURN D. M.
1997, «The production of timber for building in England before and after 1180 AD», *Medieval Europe Brugge 1997*, I.A.P. Rapporten 7, vol. 10, éd. BOE G. DE et VERHAEGHE F., Zellik, p. 155-161.
- GOSSE-KISCHINEWSKI A.
1991, *La léproserie Saint-Nicolas de Gravigny*.
1993, «La fondation de l'abbaye de Bonport», *Connaissance de l'Eure*, n° 89-90, p. 26-30.
2007, «La fondation de l'abbaye de Bonport : de la légende à la réalité politique», *1204 La Normandie entre Plantagenêts et Capétiens*, Publications du CRAHM, Caen, p. 61-74.
- GRANT L.
1987, «Gothic Architecture in Normandy, 1150-1250», Thèse de doctorat dactylographiée, Londres.
2002, «Fécamp et l'architecture en Normandie», *Tabularia, «Études»*, n° 2, p. 83-94. [<http://www.unicaen.fr/mrsh/crahm/revue/tabularia/pdf/grant.pdf>]
2005, *Architecture and Society in Normandy, 1120-1270*, Yale University Press, New Haven et Londres.
2007, «Les répercussions de 1204 sur l'architecture et la sculpture normande», *1204 La Normandie entre Plantagenêts et Capétiens*, Publications du CRAHM, Caen, p. 389-400.
- GRENOUILLER B.
1993, «Les traces des outils à bois de l'Antiquité à nos jours», mémoire de DEA de l'Université Paris I.
- GROSSMANN G.-U.
1986, *Der Fachwerkbau, das historische Fachwerkbau, seine Entstehung, Farbgebung, Nutzung und Restaurierung*, Köln, DuMont Buchverlag, p. 208.
- GUERREAU A.
1995, «Vingt et une petites églises romanes du mâconnais : irrégularités et métrologie», dans BECK P. (dir.), *L'innovation technique au Moyen Âge*, Acte du VI^e congrès international d'archéologie médiévale, Errance, p. 186 à 210.
- GUIBAL F.
1988, «Aspects de la dendrochronologie des habitations seigneuriales de Bretagne», *Wood and archaeology*, HACKENS T., TILL C. et MUNAUT A.-V. (éd.), Actes du symposium européen, octobre 1987, Louvain-le-Neuve, PACT 22, Conseil de l'Europe, p. 85-97.
- GUILHOT J.-O.
1995, «Le cercle et la pierre, symboles de la modernité du pouvoir au XIII^e siècle, ou le donjon cherchant à s'affranchir du bois», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 48-54.
- GUILLAUME J.
1993a, «Moselle : maisons et fermes en pan-de-bois», *Itinéraires du patrimoine*, n° 37.
1993b, «Meuse : maisons et fermes en pan-de-bois», *Itinéraires du patrimoine*, n° 38.
- HALBOUT P. et LE MAHO J. (dir.)
1985, *Aspects de la construction de bois en Normandie du I^{er} au XIV^e siècle*, Centre archéologique de Normandie, Caen.
- HALBOUT P., PILET C. et VAUDOUR C.
1987, *Corpus des objets domestiques et des armes en fer de Normandie du I^{er} au XV^e siècle*, Cahier des *Annales de Normandie*, n° 20, Centre archéologique de Normandie, Caen.
- HANUS P.-A. et BISTON V.
1834, *Manuel du charpentier ou traité complet et simplifié de cet art*, 3^e édition, Paris.
- HARDY V. abbé
1926, *La cathédrale Saint-Pierre de Lisieux*, Petites monographies des grands édifices de la France, Louis Serbat, Paris.
- HARRIS R.
1978, *Timber Framed Buildings*, Art Council of Great Britain, 1978.
1993, *Discovering timber-framed Buildings*, Shire Publications, Buckinghamshire.
- HASKINS C. H.
1918, *Norman Institutions*, Cambridge.
- HAULON M.
1985, «L'architecture des charpentes en bois courbés de Philibert de l'Orme aux colonels Vainsot et Emy», *Bulletin de la Société des Sciences, Lettres et Arts de Bayonne*, n° 141, p. 243-283.
- HENRY F. et ZARNECKI G.
1958, «Romanesque arches decorated with human and animal heads», in *The Journal of the British Archeological Association*, third Series, vol. XX-XXI, Londres.

- HERMANT J.
1705, *Histoire du diocèse de Bayeux*, Caen.
- HERMIER R.
1972, «Chronique archéologique», *Bulletin des Amis des monuments rouennais*, 1958-1970, p. 170.
- HERRNBRODT A.
1958, *Der Husterknupp, eine niederrheinische Burganlage des frühen Mittelalters*, Cologne.
- HERVAL R.
1949, *Histoire de Rouen*, Rouen.
- HEWETT C. A.
1966, *The development of carpentry : 1200-1700*, Londres.
1971, «Church of St. Mary the Virgin, Syde, Gloucestershire», *Medieval Archaeology*, t. 15, p. 115-117.
1980, *English Historic Carpentry*, Phillimore, Chichester.
1982, *Church Carpentry*, Phillimore, Chichester.
1985, *English Cathedral and Monastic Carpentry*, Phillimore, Chichester.
- HIROSE K.
1977, «Les grandes civilisations du bois dans la monde, le bois dans l'architecture du Japon», dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 327-378.
- HOFFSUMMER P.
1986, «La charpente de la maison Curtius et son analyse dendrochronologique», *Bulletin de l'Institut Archéologique Liégeois*, XCVIII, p. 291-303.
1988a, «Les charpentes de l'église Saint-Paul à Baelen et leur analyse dendrochronologique», dans *Bailus 888-1988, mélanges*, L.A.C., Baelen.
1988b, «Dendrochronologie et archéologie post-médiévale en Belgique», dans *Archéologie des temps modernes*, Actes du colloque international de Liège du 23-26 avril 1985, coll. ERAUL, n° 26, Liège.
1988c, «La dendrochronologie», *Athéna*, bulletin mensuel des technologies nouvelles, n° 45.
1989a, «L'évolution des toits à deux versants dans le bassin mosan : l'apport de la dendrochronologie (XI^e-XIX^e siècle)», Thèse de doctorat d'histoire de l'art et d'archéologie, 2 vol., Université de Liège.
1989b, «La dendrochronologie des panneaux peints : l'exemple d'un plafond peint par Damery à Alden Biesen», *Bulletin de l'Institut Archéologique Liégeois*, t. CI, p. 33-47.
1989c, «La charpente de la halle aux viandes à Liège et son analyse dendrochronologique», *Bulletin de l'Institut Archéologique Liégeois*, t. CI, p. 125-131.
1992, «Typologie et dendrochronologie des toitures de l'église Saint-Laurent à Ename (Oudenaarde, prov. de Flandre Orientale)», dans *Archeologie in Vlaanderen*, t. II, p. 471-480.
1995a, «Les marques de charpentes dans les toitures de Belgique et du Nord de la France. L'apport de la dendrochronologie», dans *Actes du IX^e Colloque International de Glyptographie de Belley*, Centre international de recherches glyptographiques, p. 197-233.
1995b, «L'évolution des charpentes de toitures en Belgique et dans le Nord de la France : apports récents de la dendrochronologie», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 172-179.
1996, «Dendrochronology and the study of roof-framing in Belgium and Northern France», dans *Tree Rings, Environment and Humanity*, Radiocarbon 1996, p. 525-531.
2002, «La charpente, une évolution», dans HOFFSUMMER P. (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution en France du nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine n° 62, p. 149-278.
- HOFFSUMMER P. (dir.)
2002, *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution en France du nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine n° 62, Monum, Éditions du Patrimoine, Paris.
à paraître, *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution dans le nord-ouest de la France*, Cahiers du Patrimoine, Monum, Éditions du Patrimoine, Paris.
- HOFFSUMMER P. et LAMBERT G.-N.
2002, «Les tirants et les charpentes de la cathédrale Notre-Dame d'Amiens», dans HOFFSUMMER P. (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution en France du nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine n° 62, p. 122-135.
- HOFFSUMMER P. et PLOUVIER M.
1995a, «Sous les toits, les charpentes», dans PLOUVIER M. (dir.), *Laon, une Acropole à la française*, Cahiers du Patrimoine, n° 40, p. 95-116.
1995b, «Les monuments de la ville de Laon et la dendrochronologie», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 125-131.
- HOLLSTEIN E.
1965, «Jahrringchronologische Datierung von Eichenhölzern ohne Waldkante», *Bonner Jahrbücher*, 165, p. 11-27.
- HUARD
1919, «La cathédrale de Lisieux aux XI^e et XII^e siècles», dans *Études Lexoviennes*, Paris, t. II, p. 1-36.
- HUNOT J.-Y.
2004, «L'évolution de la charpente de comble en Anjou, XII^e-XVIII^e siècles», *Revue Archéologique de l'Ouest*, t. 21, p. 225-245.
2001, *L'évolution de la charpente de comble en Anjou du XI^e au XVIII^e siècle*, Coll. Patrimoine d'Anjou : études et travaux n° 1, Conseil Général de Maine-et-Loire, Angers.
1997, «Le bois et l'archéologie», dans *Fontevraud Histoire-Archéologie*, n° 4, p. 39-43.
- IMPEY E.
1993, «Seigneurial Domestic Architecture in Normandy, 1100-1350», in MEIRION-JONES G. I. et JONES M. C. E. (dir.), *Manorial Domestic Buildings in England and Northern France*, vol. 15, Occasional Papers, Londres, Société des Antiquaires, 1993.
1997, «La demeure seigneuriale en Normandie entre 1125 et 1225 et la tradition anglo-normande», dans BAYLÉ M. (dir.), *L'architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), vol. 1, p. 219-242.
- IMPEY E., ALCOCK N. et COURTENAY L.
1997, «Saint-Martin-de-Boscherville : la charpente de l'abbatiale Saint-Georges», dans BAYLÉ M. (dir.) *L'architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), vol. 2, p. 130-133.
1998, «An Early Common Tiebeam Roof : St-Georges-de-Boscherville, Seine Maritime,

- France», *Medieval Archaeology*, vol. XLII, p. 54-67.
- INVENTAIRE GÉNÉRAL DES MONUMENTS ET DES RICHESSES ARTISTIQUES DE LA FRANCE
(1), *Arrondissement des Andelys, indicateur du patrimoine architectural*, Commission régionale de Haute-Normandie, département de Seine-Maritime, Direction du Patrimoine, s.d.
(2), *Arrondissement de Rouen rural, indicateur du patrimoine architectural*, Commission régionale de Haute-Normandie, département de Seine-Maritime, Direction du Patrimoine, s.d.
- JACQUET G.
2003, «*La forêt en Val de Loire aux périodes préindustrielles : histoire, morphologie, archéologie, dendrologie, l'exemple de l'Indre-et-Loire (X^e-XV^e siècles)*», thèse de doctorat, Université de Tours.
- JANS H.
1989, *Houten kappen in Nederland 1000-1940*, Bouwtechniek in Nederland 2, Delfse Universitaire Pers, Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Amsterdam.
- JOUSSE M.
1702, *Le théâtre de l'art du charpentier, enrichi de diverses figures*, édition de 1627 corrigée et augmentée par M. de la Hire, 3^e édition, Jombert lib., Paris.
- KILLIAN P. H.
1979, *Die Bedeutung der Sage in der Geschichte der Forstnützung*, Actes du SIHF, Nancy, 1979, p. 17-49.
- KIMPEL D.
1977, «Le développement de la taille en série dans l'architecture médiévale et son rôle dans l'histoire économique», *Bulletin monumental*, t. 135-III, p. 195-222.
- KIRK M.
1994, *L'Art des granges*, Flammarion, Paris.
- KRAFT J.-C.
1805, *L'Art de la charpente*, Levrault, Paris.
- KÜCHLI C.
1984, *Des forêts pour les hommes*, Payot, Paris.
- LAGNEAU J.-F.
1993, Étude préalable de restauration de la grange du prieuré de Crouttes, Orne, Direction Régionale des Affaires culturelles.
1996, «Les couvertures en schiste du Cotentin», *Monumental*, n° 15, décembre 1996, éditions du Patrimoine, p. 32-33.
- LA HIRE P. de
1702, *L'Art de charpenterie de Mathurin Jousse, corrigé et augmenté de ce qu'il y a de plus curieux dans cet art et des machines les plus nécessaires à un charpentier*, Moette, Paris; rééd. de Léonce Laget, 1978.
- LAIR J.
1910, *Matériaux pour l'édition de Guillaume de Jumièges*, Daupley Gouverneur, Paris.
- LAMBERT G.-N. et MAURICE B. (dir.)
1992, *Les veines du temps, lecture de bois en Bourgogne*, catalogue d'exposition, Musée Rolin, Autun.
- LAMBERT G.-N.
1996, «Recherche de signaux anthropiques dans les séries dendrochronologiques du Moyen Âge. Exemple des séquences de Charavines-Colletière», dans *L'Homme et la Nature au Moyen Âge, Actes du V^e congrès international d'archéologie médiévale tenu à Grenoble (oct. 1993)*, Errance, Paris, p. 143-152.
- LAMBERT G.-N., BERNARD V., DOUCERAIN C. et al.
1996, «French regional oak chronologies spanning more than 1000 years», Actes du congrès international : *Tree-rings, Environnement and Humanity, Radiocarbon*, DEAN J. S., MEKO D. M. et SWEETNAM T. W. (dir.), Actes du colloque de Tucson, États-Unis (mai 1994), p. 821-832.
- LANFRY G.
1928-1931, «La cathédrale de Rouen au XI^e siècle», *Bulletin de la Société des Amis des monuments rouennais*, p. 5-22.
1939, «Note sur une salle voûtée située près de l'église Saint-Maclou à Rouen», *Bulletin de la Commission des antiquités de la Seine-Maritime*, t. XIX, p. 174-178.
1953-59, «La cathédrale de Rouen au XI^e siècle. Chapiteaux retrouvés dans les fouilles», *Bulletin de la Commission des antiquités de la Seine-Maritime*, t. XXII, p. 294-295.
- LANGLOIS E.-H.
1823, *Notice sur l'incendie de la flèche de la cathédrale de Rouen*, Rouen.
- LANIER L.
1994, *Précis de sylviculture*, ENGREF, 2^e éd., Nancy (477 p., nombreuses fig.).
- LARDIN P.
1995a, «*Les chantiers du bâtiment en Normandie orientale, XIV^e-XV^e siècles. Les matériaux et les hommes*», thèse de doctorat d'Histoire, Université de Rouen.
1995b, «Les travaux d'aménagement, d'entretien et de reconstruction du château de Gaillon au XV^e siècle d'après les sources écrites», *Archéologie Médiévale*, t. XXV, p. 115-133.
- LASSURE C.
1982, «Deux témoins de charpentes à courbes datant de l'ancien régime en Quercy : "courbes au sol" (full cruck) et "courbes sur entrait" (upper cruck)», *L'Architecture Vernaculaire*, vol. 6, p. 57-66.
1983, «Un programme de recherche prioritaire : les grandes techniques de charpenterie dans la construction vernaculaire», *L'Architecture Vernaculaire*, éditorial, vol. 7, p. 62.
1986, «Une technique de charpenterie archaïque : la construction à poteaux fourchus ou paxfourches», dans *Le bois dans la Gaule romaine et les provinces voisines*, Actes du colloque (Paris, 1985), coll. Caesarodunum t. 21, Errance, Paris, p. 248-273.
1988, «Une grange à dîmes du XVI^e siècle à Poncé-sur-l'ignon (Côte d'Or)», *L'Architecture Vernaculaire*, vol. 12, p. 27-47.
1990, «La grange à dîmes de Chauzanaud à Savignac-les-Églises (Dordogne) : étude architecturale d'une grange à nef et bas-côtés du XVII^e siècle», *L'Architecture Vernaculaire*, vol. 14, p. 61-67.
1991, «Une technique de charpenterie supra-régionale : la charpente à poteaux de faite et à arbalétriers», *L'Architecture Vernaculaire*, t. XV, p. 53-59.
- LASSURE J.-M.
1998, *La civilisation matérielle de la Gascogne aux XI^e-XIII^e siècles*, FRAMESPA-UTAH.
- LA QUERRIÈRE E. de
1821, *Description historique des maisons de Rouen*, vol. 1 ; 1841, vol. 2, Rouen.

- LAVALLE D.
1985, «La peinture murale romane en Basse-Normandie à l'époque ducale», *catalogue de l'exposition Printemps*, Les siècles romans en Basse-Normandie, p. 138.
s.d., «La peinture murale en Basse-Normandie», dans *Les siècles romans en Basse-Normandie*, Art de Basse-Normandie, n° 92, p. 64-65.
- LAVIER C.
2002, «Dendrochronologie et retables brabançons : méthodologie, technologies, analyses et interprétations spécifiquement adaptées à l'étude des œuvres», dans GUILLOT DE SUDUIRAUT S. (éd.), *Retables brabançons des XV^e et XVI^e siècles*, Actes du colloque organisé par le Musée du Louvre les 18 et 19 mai 2001, Paris.
- LEBEURIER Abbé P.-F.
1865, *Mémorial historique des Évêques, Ville et Comté d'Évreux*, Évreux.
- LEBOUTET L.
1966, «Techniques et méthodes, Dendrochronologie et archéologie», *Annales de Normandie*, n° 4, Caen, p. 405-438.
1982, «Archéologie médiévale et dendrochronologie», dans *Mélanges d'archéologie et d'histoire médiévales en l'honneur du doyen Michel de Boüard*, coll. Mémoires et documents publiés par la Société de l'École des Chartes, n° 27, Genève-Paris.
- LE CACHEUX M.-J.
1933, «*Histoire de l'abbaye de Saint-Amand de Rouen des origines à la fin du XVI^e siècle*», thèse de l'École Nationale des Chartes, Paris.
1936, «Histoire de l'abbaye de Saint-Amand de Rouen des origines à la fin du XVI^e siècle», *Bulletin de la Société de antiquaires de Normandie*, t. XLIV, p. 5-289.
- LE CHARPENTIER H. et FITAN A.
1878, *Journal d'un bourgeois de Gisors*, Ducher, Paris.
- LE COUÉDIC D. et TROCHET J.-R.
1998, *L'architecture rurale française*, éd. A Die.
- LE DIGOL Y.
2002a, «*Rouen (76), 107 rue Malpalu*», rapport d'étude dendrochronologique.
2002b, «*Rouen (76), 47 rue Saint-Nicaise*», rapport d'étude dendrochronologique.
- LE DIGOL Y. et BERNARD V.
2003, «Les maisons à pans de bois de Laval vues par la dendrochronologie», *La Mayenne : archéologie, histoire*, t. 26, p. 138-157.
2005, Dendro-archéologie sur le site de Pineuilh, «La Mothe» (Gironde) : dynamique de l'activité constructrice, cycles d'exploitation forestière et gestion des bois d'œuvre. Rapport d'étude dendro-archéologique dans PRODÉO F. (dir.), DFS Pineuilh, «La Mothe», Inrap.
- LEFEVRE D.
1998, «La restauration des charpentes en Bretagne», dans *La sauvegarde de l'Art Français*, cahier 11, Picard, Paris, p. 31-37.
- LEFEVRE S.
2003, «Les défrichements et l'occupation du sol en forêts de Conches-Breteuil», dans *Les paysages ruraux en Normandie*, Congrès des Sociétés historiques et archéologiques de Normandie, t. 8, Caen, Annales de Normandie, p. 243-268.
- LEFORT M.-G.
1987, «Les charpentes des églises bretonnes», dans BARRAL I ALTET X. (dir.), *Artistes, artisans et production artistique au Moyen Âge*, Paris, 3 vol., p. 577-585.
- LELIÈVRE J.
1974, *La forêt de Dreux, Histoire locale Beauce et Perche*, 2 vol., n°44.
- LE MAHO J.
1984, *La motte seigneuriale de Mirville (XI^e-XIII^e s.)*, *Recherches historiques et archéologiques*, Centre de recherches archéologiques de Haute-Normandie, Rouen.
1985, «Le logis des chambellans dans l'abbaye Saint-Georges de Boscherville», *Bulletin de la Commission Départementale des Antiquités de Seine-Maritime*, 1984-1985, t. XXXV, p. 145-153.
1987, «Notre-Dame-de-Gravenchon (Seine-Maritime)», *Chronique des fouilles médiévales en France, Archéologie Médiévale*, t. XVII, p. 247-250.
1989, «Une collégiale normande au temps de Guillaume le Conquérant : Saint-Georges de Boscherville, d'après les fouilles de 1981», dans *Les Mondes normands (VIII^e-XII^e s.)*, Actes du II^e Congrès international d'archéologie médiévale (Caen 2-4 octobre 1987), Caen, p. 103-111.
1994, «Les fouilles de la cathédrale de Rouen de 1985 à 1993. Esquisse d'un premier bilan», *Archéologie Médiévale*, t. XXIV, p. 1-50.
1996, «Autour d'un millénaire : l'œuvre architecturale à Rouen de Richard I^{er}» dans *Bulletin du Groupe de Recherche Archéologique du Pays de Caux*, Rouen, p. 33-49.
1997, «Remarques sur la construction de bois en Haute-Normandie aux XI^e et XII^e siècles» dans BAYLÉ M. (dir.), *L'architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), vol.1, p. 243-268.
2001, *L'enceinte fortifiée de Notre-Dame-de-Gravenchon (Seine-Maritime), XI^e-XIII^e siècle*, Édition Ville de Notre-Dame-de-Gravenchon, p. 1-64.
- LE MAHO J. et MORGANSTERN J.,
2006, «Jumièges, église Saint-Pierre : les vestiges pré-romans», dans *Monuments de Rouen et du Pays de Caux*, (Congrès Archéologique de France 2003), Société Française d'Archéologie.
- LE MAHO J. et WAZYLSZYN N.
1998, *Saint-Georges de Boscherville, 2000 ans d'histoire*, GRAPC/ATAR, Rouen.
- LEMPES F. de
1951, «Volume critique, plan de balivage et composition normale dans les taillis-sous-futaie», *Revue forestière française*, n° 9, p. 552-572.
- LE PORT M.
1977a, «Évolution historique de la charpente en France», dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 379-610.
1977b, «Les grandes civilisations du bois dans le monde, les constructions traditionnelles néwars de la vallée de Katmandou», dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 199-245.
1979, «Glossaire du charpentier», dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la*

- construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 20-86.
- 1981, « Le trait de charpente et ses applications, historique du trait », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 3, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 277-323.
- 1987, « La charpente du XI^e au XV^e siècle. Aperçu du savoir du charpentier », dans BARRAL I ALTET X. (dir.), *Artistes, artisans et production artistique au Moyen Âge*, Actes du colloque, vol. 2, Paris, Picard, p. 365-384.
- LE PORT M. et CAUBEL H.
1978, « Un inventaire des formes de toitures », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 4, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 21-90.
- LEROI-GOURHAN A.
1977, « Les premières manifestations de la charpente, les origines de la charpente », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 79-98.
- LESCROART Y.
1980, *L'Architecture à pans de bois en Normandie*, Les Provinciades, Varzy.
1990, « Bois (Architecture) », dans *Encyclopedia Universalis*, p. 776-785.
1995a, « Bois longs, bois courts et encorbellements : formes et fonctions dans la construction à pans de bois en Normandie », dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 195-199.
1995b, *Manoirs du Pays d'Auge*, éd. Mengès, Paris.
- LESCROART-CAZENAVE É.
1987, « Les granges dimières », dans *La vie rurale au temps de Guillaume le Conquérant*, Prieuré Saint-Michel de Crouttes, 5 juillet-20 septembre 1987, Orne-Animation, p. 6-11.
- LETENOUX G.
1980, *Architecture et vie traditionnelle en Normandie*, Berger-Levrault, Paris.
- LETTERON I.
2002, « Le pan de bois, image emblématique de la Normandie », dans KEW MEADE et al. (dir.) *L'Architecture normande en Europe. Identités et échanges*, éd. Parenthèses, Marseille, p. 105-113.
- LIESS R.
1967, *DerFrühromanische Kirchenbau des 11 Jahrhunderts in der Normandie*, Munich.
- LOCATELLI C.
1998, « Rapport d'étude dendrochronologique sur les bois de la charpente de la cathédrale de Rouen », Laboratoire de chrono-écologie de Besançon, 11 sept. 1998.
1999, « Rapport d'étude dendrochronologique sur les bois de la charpente de l'église de la Bussière-sur-Ouche », Laboratoire de chrono-écologie de Besançon, octobre 1999.
- LOTH J. abbé (éd.)
1882-1885, *Histoire de l'abbaye royale de Saint-Pierre de Jumèges par un religieux bénédictin de la congrégation de Saint-Maur*, 2 vol., Rouen.
- MACQUERON H.
1896, *Les charpentes en bois sculpté dans les églises du XV^e siècle*, Rouen.
- MANEUVRIER C.
1992, « Maisons à pan de bois et maisons de Pierre dans le canton de Saint-Pierre-sur-Dives », *Histoire et Traditions Populaires*, n° 39, septembre 1992.
1996, « La ferme de la Croix à Ouille-la-Bien-Tournée : une exceptionnelle construction rurale du XIII^e siècle », *Histoire et Traditions Populaires*, n° 56, décembre 1996.
1997, « Saint-Pierre-sur-Dives (Calvados) Harmonville », *Archéologie Médiévale*, t. 27, p. 174.
1999, « Production et commercialisation de tuiles aux XIII^e-XV^e siècle en Pays d'Auge », dans SAN JUAN G. et MANEUVRIER J. (dir.), *L'exploitation ancienne des roches dans le Calvados : Histoire et Archéologie*, Le Mollay-Littry, p. 352-357.
- MANEUVRIER J. et SAN JUAN G.
1999, « Roches et construction de l'époque médiévale à l'époque contemporaine », dans SAN JUAN G. et MANEUVRIER J. (dir.), *L'exploitation ancienne des roches dans le Calvados : Histoire et Archéologie*, Le Mollay-Littry, p. 164-173.
- MAROUZE J.-M.
1983, « Les charpentes de l'église de la Bussière-sur-Ouche », *Mémoires de la Commission des antiquités du département de la Côte-d'Or*, vol. 33, p. 193-198.
- MARQUET L.
1973, « Le flottage du bois », *Enquêtes du musée de la vie Wallonne*, t. XIII, n° 149-152, 50^e année, p. 163-204.
- MARSTEIN N.
1977, « Les grandes civilisations du bois dans le monde, l'architecture traditionnelle en bois de la Norvège », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 149-179.
- MARTIN R.
1977, « Les premières manifestations de la charpente, la charpente dans l'antiquité méditerranéenne », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 101-125.
- MAURICE B. et SALVÈQUE J.-D.
1992, « La charpente de l'hospice de l'abbaye de Cluny ou «écuries de Saint-Hugues» », dans LAMBERT G.-N. et MAURICE B. (dir.), *Les veines du temps, lecture de bois en Bourgogne*, catalogue d'exposition, Musée Rolin, Autun, p. 176-180.
- MAYER J.
1996, « Les épis de faitage et les plombs de couverture », *Monumental*, n° 15, décembre 1996, p. 42-45.
2002, « La collection de maquettes de charpentes du Centre de recherche sur les Monuments historiques », dans HOFFSUMMER P. (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, p. 279-336.
- MAZEROLLE L.
1895, *Traité théorique et pratique de charpente*, Dourdan ; réédition H. Vial 1980 et 1996.
- MEIRION-JONES G. I.
1986, *The Seigneurial Domestic Buildings of Brittany, First Interim Report, 1983-85*, European Vernacular Architecture Research Unit, Londres.
- MEIRION-JONES G. I. ET JONES M. C. E. (dir.)
1993, *Manorial Domestic Buildings in England and Northern France*, vol. 15, Occasional

- Papers, Londres, Society of Antiquaries of London.
- MEIRION-JONES G. I., JONES M. C. E et PILCHER J. R.
1997, «L'insertion des plafonds dans les salles à charpente apparente en Bretagne : un phénomène des XVI^e et XVII^e siècles», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, 14, Éditions du Patrimoine, Paris, p. 67-80.
- MELVILLE M.
1951, *La vie des Templiers*, Paris; réédit. 1974, Paris.
- MICHELET J.
1841, *Le procès des Templiers*, t. I, Paris, 1851, t. II, Paris; réédit. 1987, Paris.
- MIGUET M.
1978, «*Les commanderies normandes de l'Ordre du Temple - Étude économique*», mémoire de maîtrise, Université de Paris VIII.
1987, «La commanderie de Chanu des origines à la fin du Moyen Âge», *Bulletin de l'Association des amis des monuments et sites de l'Eure*, n° 44, 4^e trimestre, p. 15-31.
1995, *Templiers et hospitaliers en Normandie*, Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris.
- MILLE P.
1992, «*Artisans et artisanat du bois au Moyen Âge*», mémoire de DEA de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales.
1996, «L'usage du bois vert au Moyen Âge : de la contrainte technique à l'exploitation organisée des forêts», dans *L'Homme et la Nature au Moyen Âge, Actes du V^e congrès international d'archéologie médiévale tenu à Grenoble*, Errance, Paris, p. 166-170.
- MOEL M. et MOCQUET A.
1987, *Les hommes et le bois, histoire et technologie du bois de la préhistoire à nos jours*, coll. La mémoire du temps, Hachette, Paris.
- MOLENDA D.
1985, «Le plomb dans le bâtiment en Pologne au Moyen Âge et au XVI^e siècle», dans CHAPELOT O. et BENOIT P. (dir.), *Pierre et métal dans le bâtiment au Moyen Âge*, EHESS, Paris, p. 319-329.
- MOLES A.
1949, *Histoire des charpentiers, leurs travaux*, Librairie Gründ, Paris.
- MORGANSTERN J.
2003, «Jumièges, église Notre-Dame» dans *Congrès Archéologique de France. Rouen et Pays de Caux*, Société Française d'Archéologie, p. 79-96.
s.d., «Reading medieval buildings : the question of diaphragm arches at Notre-Dame de Jumièges», dans *Architectural Studies in Memory of Richard Krautheimer*, Verlag Philipp Von Zabern, Mainz.
- MOUFLE D.
1990, «*Étude préalable à la restauration de la chapelle des Chambellans, Saint-Martin-de-Boscherville, Seine-Maritime*», DRAC Haute-Normandie.
2000, «*Restauration de la façade sud de la nef de l'église abbatiale de La Trinité de Fécamp*», rapport de la CRMH de Haute-Normandie, décembre 2000.
- MUNAUT A.-V.
1988, *Les cernes de croissance des arbres, la dendrochronologie*, coll. Typologie des sources du Moyen Âge occidental (dir. L. Génicot), fasc. 53, Turnhout.
- MUNBY J.
1981, «Medieval carpentry in Chichester : 13th Century roofs of the cathedral and bishop's palace», dans *Chichester excavation*, 5, ed. A. Down, p. 229-253.
1996, «Cathedral Carpentry», dans *The Archaeology of Cathedrals*, Oxford University Committee for Archaeology, Monograph, n° 42, p. 165-182.
- MUSSET L.
1970, «L'Église de Norrey-en-Auge», *Le pays d'Auge*, n° 6, juin 1970, p. 3-12.
1985, *Normandie romane*, 2 vol., coll. Zodiaque, 2^e éd., Abbaye de la Pierre-qui-Vire.
1968, «Norrey-en-Auge», dans *Dictionnaire des églises de France*, t. IV B, p. 119.
- NEVEUX F.
1998, *La Normandie des ducs aux rois, X^e-XIV^e siècles*, Ouest France, Rennes.
- NEVEUX M.
1995, *Le nombre d'or. Radiographie d'un mythe*, Paris.
- NOËL P.
1965, *Technologie de la pierre de taille*, Société de diffusion des techniques du bâtiment et des travaux publics, Paris.
- OBEREINER J.-L.
1982a, «La grange-étable à abside de Laboudie à Viazac (Lot)», *L'Architecture Vernaculaire*, vol. 6, p. 71-75.
1982b, «Note à propos de quelques charpentes Philibert de l'Orme en Quercy», *Quercy recherche*, juillet-septembre 1982, n° 47-48, p. 99-118.
1991, «Les toits du Quercy», *Quercy recherche*, juin-novembre 1991, n° 71-72, p. 45-53.
- OMONT H.
1913-1918, «Invention du Précieux Sang dans l'église de l'abbaye de Fécamp au XII^e siècle», *Bulletin de la Société de l'histoire de Normandie*, 12, p. 10-23 et 52-66.
- ORCEL A., ORCEL C. et DORMOY C.
1995, «Approche dendrochronologique du patrimoine architectural», dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 210-223.
- ORCEL C. et DORMOY C.
1993, «*Analyse dendrochronologique de la charpente de la chapelle de la Vierge de la cathédrale de Rouen (76)*», rapport inédit, Archéolabs.
1995, «*Analyse dendrochronologique de la charpente du bras nord du transept de la cathédrale de Bayeux (14)*», rapport inédit, Archéolabs.
- ORCEL C., DORMOY C. et VAN DER PLAETESSEN
1997, «*Analyse dendrochronologique de la charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux (14)*», rapport inédit, Archéolabs.
1998a, «*Analyse dendrochronologique de la charpente de l'ancien beffroi de la tour nord de la cathédrale de Bayeux (14)*», rapport inédit, Archéolabs.
1998b, «*Analyse dendrochronologique de la charpente du chœur de la cathédrale de Bayeux (14)*», rapport inédit, Archéolabs.
- OSTENDORF F.
1908, *Die Geschichte des Dachwerks, erlautert an einer grossen Anzahl mustergültiger alter Konstruktionen*, B. G. Teubner, Leipzig; rééd. 1987, Th. Schäfer, Hanovre.

- PANOFSKY E.
1967, *Architecture gothique et pensée scolastique*, Paris.
- PAQUET J.-P.
1963, « Les tracés directeurs des plans de quelques édifices du domaine royal au Moyen Âge », dans *Les Monuments historiques de la France*, 9, p. 59-85.
- PARRON I. et TILLIER A.
1995, « La charpente romane de la cathédrale de Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie) », dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 257-261.
- PARRON-KONTIS I.
2002, *La cathédrale de Saint-Pierre en Tarentaise et le groupe épiscopal de Maurienne*, DARA, n° 22, Lyon.
- PASTOUREAU M.
s.d., « Introduction à la symbolique médiévale du bois », *Cahiers du Léopard d'Or : L'arbre, histoire naturelle et symbolique de l'arbre, du bois et du fruit au Moyen Âge*, n° 2, p. 26-27.
1991, « Introduction à la symbolique médiévale du bois », dans *Le bois et la ville du Moyen Âge au XX^e siècle*, Paris, p. 251-264.
- PATTE V.
1976, *Histoire de Gisors*, Librairie Guénégaud, Paris.
- PEARSON S., BARNWELL P. S. et ADAMS A. T.
1994, *A Gazetteer of Medieval Houses in Kent*, Royal Commission on the Historical Monuments of England, Londres.
- PELLERIN E., BERGERET J. et ERLANDE-BRANDENBURG A.
1995, *Cathédrale Saint-Pierre de Lisieux*, Éd. Ville de Lisieux, Lisieux.
- PERRIN H.
1946, « Études statistiques sur les taillis-sous-futaies », *Annales de l'École nationale des Eaux et des Forêts*, vol. 10, n° 1, p. 1-102.
- PESEZ J.-M.
1973, « L'habitation paysanne en Bourgogne médiévale », dans *La construction au Moyen Âge* (Congrès de la Société des Historiens Médiévistes, Besançon 1972), Les Belles Lettres, Paris, p. 219-237.
1975, « Une maison villageoise au XIV^e siècle : les structures », dans *Rotterdam Pappers*, t. II, p. 139-149.
1984, « La maison médiévale (XI^e-XIII^e siècle) », dans *Matériaux pour l'histoire des cadres de vie dans l'Europe occidentale (1050-1250)*, Centre d'Études Médiévales, Nice, p. 109-134.
1985, « Le renouveau de la construction en pierre, X^e-XII^e siècles », dans CHAPELOT O. et BENOIT P. (dir.), *Pierre et Métal dans le bâtiment au Moyen Âge*, p. 197-207.
1986, « La terre et le bois dans la construction médiévale », dans *Architectures de terre et de bois*, (Actes du 2^e Congrès archéologique de Gaule méridionale, Lyon, 1983, réunis par J. Lasfargues), Documents d'Archéologie Française n° 2, Paris, p. 159-168.
1991, « Le bois dans les constructions de la ville médiévale : les questions », dans *Le bois et la ville, du Moyen Âge au XX^e siècle*, Paris, p. 195-202.
1999, *Archéologie du village et de la maison rurale au Moyen Âge*, coll. d'histoire et d'archéologie médiévales, Presses universitaires de Lyon, Lyon.
- PEYRON J.
1979, « La charpente peinte de la Maison des Chevaliers de Pont-Saint-Esprit », *École Antique de Nîmes*, n° 14, p. 131-159.
- PICHOT D.,
2002, *Le Village éclaté. Habitat et société dans les campagnes de l'Ouest au Moyen Âge*, coll. « Histoire », Presses universitaires de Rennes, Rennes.
- PITTE D.
1994, « Architecture civile en pierre à Rouen du XI^e au XIII^e siècle. La maison romane », *Archéologie médiévale*, t. XXIV, p. 251-299.
- PITTE D. et LESCROART Y.
1991, « Rouen, rue Saint-Romain : découverte d'une maison médiévale en pierre (début du XIII^e siècle) », *Bulletin des Amis des monuments rouennais*, octobre 1990-septembre 1991, p. 65-69.
1995, « Un édifice roman disparu, rue Malpalu à Rouen », *Bulletin des Amis des monuments rouennais*, oct.1994-sept.1995, p. 73-82.
- 1998, « Rouen, rue Saint-Romain », dans ESQUIEU Y. et PESEZ J.-M. (dir.), *Cent maisons médiévales en France du XI^e au milieu du XVI^e siècle, un corpus et une esquisse*, CNRS Éditions, Paris, p. 210-212.
- PITTE D., CALDÉRONI P. et BRABANT J.-P.
1995, « Observations récentes sur le donjon de Brionne (Eure) », *Bulletin Monumental*, t. 156-II, p. 173-175.
- PLAGNIEUX P.
2000, « L'abbatiale de Saint-Germain-des-Prés et les débuts de l'architecture gothique », *Bulletin Monumental*, t. 158-I, p. 6-86.
- PLATT C.
1969, *The Monastic Grange in Medieval England : A Reassessment*, Londres.
- PLUQUET F.
1829, *Essai historique sur la ville de Bayeux et son arrondissement*, Caen.
- POITRINEAU A.
1999, *Auvergne, L'architecture rurale française*, éd. A. Die, [Die].
- POULAIN A.-G.
1962, « Le manoir de Vaux, près de Gisors », *Revue des Sociétés Savantes de Haute-Normandie*, n° 26, p. 41-44.
- POUSSET D.
1996, *Le Château de Vincennes : étude dendrochronologique des lambris du donjon*, mémoire de DEA en Méthodes et Techniques Nouvelles en Sciences Humaines, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Franche-Comté, 76 pp.
- PRACHE A.
1976, « Les Arcs-boutants au XII^e siècle », *Gesta*, vol. 15, p. 31-42.
1987, *Île-de-France gothique*, Picard, Paris.
1990, « Observations sur la construction de la cathédrale de Chartres au XIII^e siècle », *Bulletin de la Société nationale des antiquaires de France*, p. 327-334.
1994, « Construction des cathédrales gothiques : des datations surprenantes », *La Recherche*, n° 266, juin 1994, p. 694-695.
1995, « L'emploi du bois dans la construction des cathédrales au XIII^e siècle », dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la

- Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 34-39.
- 1996, « Remarques sur les parties hautes de la cathédrale d'Amiens », *Gazette des Beaux-Arts*, 127, p. 55-62.
- 1997, « Le bois dans l'architecture médiévale », *Les Dossiers d'Archéologie*, n° 219, déc. 1996-janv. 1997, p. 54-61.
- PRÉVOST M.
- 1904, « Étude sur la forêt de Roumare », *Bulletin de la Société Libre d'Émulation*, exercice 1903, Rouen, p. 552-553.
- PRIGENT D. et TONNERRE N.-Y. (dir.)
- 1998, *La construction en Anjou au Moyen Âge*, Actes de la table ronde d'Angers des 29 et 30 mars 1996, Presses universitaires d'Angers, Angers.
- PRYSMICKI L.
- 2004, « Niort, Hôtel Saint-Vaize », *Bulletin Monumental*, t. 162-4, Société Française d'Archéologie, p. 309-312.
- QUENEDEY R.
- 1911, *Les combles des maisons du XVI^e siècle à Rouen*, H. Delesques, Caen.
- 1913, « Un devis de charpenterie de 1393, à Rouen : les étables de Fécamp », *Bulletin Archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques*, p. 66-92.
- 1925, « Note sur une règle de mesure d'un pied trouvée à Rouen », *Bulletin philologique et historique*, 1922-1923, p. 1-7.
- 1926, *L'Habitation rouennaise, étude d'histoire, de géographie et d'archéologie urbaine*, Lestringant, Rouen.
- 1928a, « Anciens termes normands de charpente », dans *Architecture et construction dans l'Ouest*, janvier 1928, p. 14.
- 1928b, « Deux termes anciens de charpente : le "tref" et l'"entrait" », dans *Congrès des Sociétés Savantes*, Journal Officiel, 13 avril 1928, p. 439.
- QUERRÉ G. et BOUQUILLON A.
- 1995, « Thermoluminescence et datation. Exemple de la cathédrale de Meaux », *Téchnè*, n° 2, p. 62-67.
- QUINEY A.
- 1990, *The Traditional Buildings of England*, Thames and Hudson, New York.
- RAULIN H.
- 1985, « De l'architecture rurale à l'architecture vernaculaire », *Ethnologie française*, t. 15, n° 4, oct-déc. 1985, p. 415-416.
- RAYNAUD M.-P.
- 1987a, « La charpente religieuse », dans *Artistes, artisans et production artistique en Bretagne à la fin du Moyen Âge*, Université de Haute-Bretagne, Rennes, p. 231-235.
- 1987b, « La voûte en charpente : un exemple dans le Finistère », dans BARRAL I ALTET X. (dir.), *Artistes, artisans et production artistique au Moyen Âge*, Actes du colloque de Rennes (1983), vol. 2, *Commande et Travail*, Picard, Paris, p. 385-401.
- RECHT R.
- 1995, *Le dessin d'architecture, origine et fonctions*, A. Biro, Paris.
- 1999, *Le croire et le voir : l'art des cathédrales XIII^e-XV^e siècles*, Gallimard, Paris.
- RECHT R. (dir.)
- 1989, *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, exposition et catalogue, Strasbourg.
- REDON O.
- 1996, « L'arbre et la forêt dans la Toscane méridionale aux XIII^e et XIV^e siècles », dans COLARDELLE M. (dir.), *L'homme et la nature au Moyen Âge*, Grenoble, Actes du V^e Congrès International d'archéologie médiévale (1993), Errance, Paris, 259 p. 133-137.
- REGNIER L.
- 1890, « L'abbaye de Bonport », *Bulletin monumental*, p. 384-386.
- 1899, *La chapelle de la commanderie de Chanu*, Évreux.
- RENAUD B. et SÉRAPHIN G.
- 1999, « La charpente peinte d'une demeure du XIII^e siècle à Riom », *Bulletin Monumental*, n° 157, t. II, p. 210-217.
- RENEAULT abbé
- 1924, « Les travaux exécutés à l'abbaye de Fécamp pendant le XVIII^e siècle », *Bulletin de l'Association des Amis du Vieux Fécamp*, XV^e année, Fécamp, p. 41-46.
- REVEYRON N.
- 1995, « Les marques lapidaires gravées sur l'enveloppe extérieure du chevet de la cathédrale de Lyon », *Archéologie du Midi médiéval*, t. XIII, p. 151-169.
- 1996, « Influence de la charpenterie et le rôle des charpentiers dans l'architecture de pierre à la fin du Moyen Âge à Lyon », *Bulletin Monumental*, t. 154-II, p. 149-165.
- 1997, « Technologie médiévale et archéologie d'élévation : l'échafaudement du chevet de la cathédrale Saint-Jean de Lyon », *Archéologie Médiévale*, t. 27, p. 91-128.
- 1998, « Le bois d'œuvre dans le chantier médiéval, approche de l'archéologie d'élévation », dans FELLER L., MANE P. et PIPONNIER F. (dir.), *Le village médiéval et son environnement*, Publications de la Sorbonne, Paris, p. 221-236.
- RICHARD-RIVOIRE M.
- 1972, « Les églises lambrissées du XVI^e siècle en Vexin normand », *Mémoires de la Société Historique et Archéologique de Pontoise*, Val-d'Oise, t. 64, p. 8-49.
- RIOULT M., BERNOUIS P. et GIRARD R.
- 1999, « Ardoises et ardoisières du Bocage normand », dans SAN JUAN G. et MANEVRIER J. (dir.), *L'exploitation ancienne des roches dans le Calvados : Histoire et Archéologie*, Le Mollay-Littry, p. 116-122.
- RIOULT J.-J.
- 1993, « Les logis à salle basse sous charpente », dans MIGNOT C. et CHATENET M. (dir.) *Le manoir en Bretagne, 1380-1600*, DRAC Bretagne, service régional de l'inventaire, Imprimerie nationale Éditions, (coll. Cahiers du patrimoine, n° 28), Paris, p. 102-117.
- ROBIN C.
- 1999, « Les ardoisières de Caumont-l'Éventé », *Annales de Normandie*, 49^e année, n° 3, septembre 1999.
- ROCARD J.
- 1984, « Combles et charpentes de bâtiments du Nord-Est de la France. Première partie : du XII^e au XVIII^e siècle », *Mémoires de la société d'agriculture, commerce, sciences et arts de la Marne*, t. XCIX, p. 145-186.
- ROGER J.-L.
- 1995, *Châssis de fenêtres aux XV^e, XVI^e et XVII^e siècles*, Vial, Paris, 112 p.

- RONDELET J.
1814, *Traité théorique et pratique de l'Art de bâtir*, Paris, 6 vol.
- RONSSERAY D.
1980, « Les maisons à pans de bois », *Monuments Historiques*, n° 109, p. 11-16.
- ROQUELET A.
s.d., *Du marteau au brandon ou la forêt, le bois et l'arbre en Seine-Maritime du XV^e siècle à nos jours*, recueil des textes et catalogue de l'exposition, Archives départementales de la Seine-Maritime, Rouen, 2 vol.
1981, *Lexique des termes relatifs aux métiers liés à la forêt au début du XV^e siècle*, Archives départementales de la Seine-Maritime, Rouen.
1984, *La vie de la forêt normande à la fin du Moyen Âge. Le coutumier d'Hector de Chartres*, Société de l'histoire de Normandie, Rouen.
- ROUSSEAU X.
1962, *Dictionnaire du pays d'Argentan*, n° 4, La Ferté-Macé.
- ROUYER D.
1897, « L'église Saint-Sulpice-sur-Risle », dans *La Normandie monumentale et pittoresque, Orne*, t. II. Le Havre, p. 233.
- ROUX S.
1991, « Les métiers du bois à Paris du XIII^e au XV^e siècle », dans *Le bois et la ville du Moyen Âge au XV^e siècle*, Actes du colloque organisé à Saint-Cloud les 18 et 19 novembre 1988, École Normale Supérieure de Fontenay, Saint-Cloud, p. 239-250.
- RUPRICH-ROBERT V.
s.d., *Cathédrale de Bayeux*. Plans, coupes, élévations, s.l.
1883, *L'architecture normande*, 2 vol., Paris.
- SAINT-JEAN VITUS B.
1989, « Maisons de bois à Dijon à la fin du Moyen Âge. Aspects d'une approche archéologique », dans *Mémoires de la Commission des Antiquités de la Côte-d'Or*, 35, Dijon, p. 295-316.
1992, « Exemples de maisons bourguignonnes à pans de bois (XV^e-XVI^e siècles). Morphologie et structures », dans LAMBERT G.-N. et MAURICE B. (dir.), *Les veines du temps, lecture de bois en Bourgogne*, catalogue d'exposition, Autun, p. 248-289.
- SAINT-JEAN VITUS B. et SAPIN C.
1992, « Construire et habiter le bois au Moyen Âge », dans LAMBERT G.-N. et MAURICE B. (dir.), *Les veines du temps, lecture de bois en Bourgogne*, catalogue d'exposition, Autun, p. 217-225.
- SAINT-JEAN VITUS B. et SEILLER M.
1998, « La construction en bois », dans ESQUIEU Y. et PESEZ J.-M. (dir.), *Cent maisons médiévales en France du XI^e au milieu du XVI^e siècle, un corpus et une esquisse*, CNRS Éditions, Paris, p. 69-85.
- SAN JUAN G. et MANEUVRIER J. (dir.)
1999, *L'exploitation ancienne des roches dans le Calvados : Histoire et Archéologie*, éd. Conseil Général du Calvados, Le Mollay-Littry.
- SAPIN C.
1986, *La Bourgogne pré-romane : construction, décor et fonction des édifices religieux*, A. et J. Picard, Paris.
1992, « Dendrochronologie et architecture monumentale dans le haut Moyen Âge ; problèmes spécifiques » dans LAMBERT G.-N. et MAURICE B. (dir.), *Les veines du temps, lecture de bois en Bourgogne*, catalogue d'exposition, Musée Rolin, Autun, p. 159-175.
1999, *Peindre à Auxerre au Moyen Âge, IX^e-XIV^e s. : dix ans de recherches à l'abbaye Saint-Germain et à la cathédrale Saint-Étienne d'Auxerre*, CTHS, Paris.
- SCELLES M.
1998, « Cahors (Lot) XIII^e-XIV^e siècle », dans ESQUIEU Y. et PESEZ J.-M. (dir.), *Cent maisons médiévales en France du XI^e au milieu du XVI^e siècle, un corpus et une esquisse*, CNRS Éditions, Paris, p. 156-159.
- SEILLER M.
1987, « L'évolution de la charpente en bois du XI^e au XVII^e siècle », *Archéologie Médiévale en Alsace, Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, n° 3, p. 131-137.
- SENÉ A.
1980, « Un instrument de précision au service des artisans du Moyen Âge. Hypothèses sur leur utilisation », dans *Actes du congrès de la société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur*, Besançon 2-4 juin 1972, p. 39-58.
- SERBAT L.
1912, « L'église de Norrey-en-Auge », *Bulletin de la Société Nationale des Antiquaires de France*, p. 299-303.
- Service Régional de l'Inventaire général de Haute-Normandie
1981, *dossier du manoir de Boos*, historique, description architecturale, plans et relevés.
1988, *L'art de charpenterie en Haute-Normandie*, catalogue de l'exposition, Direction du Patrimoine.
1996, *Abbayes cisterciennes de l'Eure*, Itinéraires du Patrimoine, n°47.
- SMITH J. T.
1955, « Medieval Aisled Halls and Their Derivatives », *Archaeological Journal*, vol. 112, p. 76-93.
1958, « Medieval Roofs : A Classification », *Archaeological Journal*, vol. 115, p. 111-149.
1964, « Cruck Construction : A Survey of the Problems », *Medieval archeology*, t. VIII, p. 119-151.
- SMITH P., BANS J.-C. et GAILLARD-BANS P.
1994, « Le manoir de Saint-Lô, Aclou », dans *Vernacular Architecture*, vol. 26, p. 26-32.
- SODINI J.-P.
1977, « Les premières manifestations de la charpente, les charpentes paléochrétiennes », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 127-138.
- STALH P.-H.
1990, « L'architecture en bois », *Monuments Historiques*, n° 169, Roumanie, p. 37-42.
- STIERLIN H.
1980, *Le Monde de la Perse*, éd. Princesse, Paris.
- STRAYER J. R.
1936, *The royal domain in the bailliage of Rouen*, Londres.

- SUAU J.-P.
1976, « Les églises romanes de Normandie à fenêtres percées dans les contreforts », *Connaissance de l'Eure*, n° 19-20, p. 4-48.
- TABUTEAU B.
1987, « Les fausses léproseries d'Évreux », *Connaissance de l'Eure*, n° 64.
1989, « L'homme face à la lèpre au Moyen Âge dans l'Eure », *Connaissance de l'Eure*, n° 73, juillet 1989, p. 26-30.
1994a, « Une léproserie normande au Moyen Âge, le prieuré de Saint-Nicolas d'Évreux du XII^e au XVI^e siècle. Histoire et corpus des sources », thèse inédite, Université de Rouen, 5 vol.
1994b, « Notes sur l'occupation du site de la léproserie de Saint-Nicolas d'Évreux du XII^e au XVIII^e siècle », notice inédite, Damville.
- TAUPIN J.-L.
1981, « Les matériaux de l'archéologie », *Monuments Historiques*, n° 116, *Rhône-Alpes*, p. 25-31.
1996a, « Le fer des cathédrales », *Monumental*, n° 13, p. 18-25.
1996b, « Échos des toitures du XIII^e siècle », *Monumental*, n° 15, p. 46-53.
1997a, « Un accident stimulant », *Pour la science*, juin 1997, p. 26-27.
1997b, « Les couvertures de plomb de la cathédrale Saint-Pierre de Beauvais, Oise », *Monumental*, n° 17, p. 68-73.
2002, « La physique pour comprendre », *Les Cahiers de Sciences et Vie*, n° 69, juin 2002, p. 88-95.
- TAUPIN J.-L. et HOFFSUMMER P.
2002, « La cathédrale Saint-Pierre à Beauvais », dans HOFFSUMMER P. (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution en France du nord et en Belgique*, *Cahiers du Patrimoine*, n° 62, p. 108-121.
- TARDIEU J. et REVEYRON N. (dir.)
1996, *L'Échafaudage dans le chantier médiéval*, ouvrage collectif, DARA, n° 13, Lyon.
- THAURIN J.-M.
1860, « Excursion archéologique aux environs de Rouen », *Congrès archéologique de France*, XXXVI^e session, Caen, p. 534-541.
- THIRION J.
1974, « La cathédrale de Bayeux », *Congrès archéologique de France, Bessin et pays d'Auge*, CXXXII^e session, Société Française d'Archéologie, p. 240-285.
1996, « Observations métrologiques sur l'abbatiale Saint-Philibert de Tournus », dans *Saint-Philibert de Tournus : Histoire, archéologie, art*, Tournus, p. 205-214.
- TOUCHARD Y.
2001, *Étude préalable à la restauration de l'église de Saint-Sulpice-sur-Risle*, Cabinet Touchard, Vigneux de Bretagne.
- TRENARD Y.
1995, « Dix-neuf ans de dendrochronologie parisienne », dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 206-209.
- TRENARD Y. et DUCHÂTEAU J.-L.
1985, « Dendrochronologie du chêne dans la région de Paris », *Dendrochronologia*, n° 3, p. 9-24.
- VALLERY-RADOT J.
1922, *La cathédrale de Bayeux*, Paris; rééd. 1958.
1927, « L'église abbatiale de Fécamp », dans *Congrès Archéologique de France*, 89, Rouen, p. 405-458.
- VARENE P.
1977, « La charpente de comble chez les Grecs et les Romains », *Les dossiers de l'archéologie*, n° 25, p. 92-99.
- VASSEUR C.
1881, *Études historiques et archéologiques sur la cathédrale de Lisieux*, Caen.
- VENNETIER P.
2002, « Bestiaire des instruments de levage », dans *Sciences et techniques des bâtisseurs de cathédrales*, *Les cahiers de Sciences et Vie*, n° 69, Juin 2002, p. 42-45.
- VENTRE A.
1908, « Saint-Pierre-sur-Dives », dans *Congrès archéologique de France*, Caen, p. 23-24.
- VERNET J.-L.
1997, *L'homme et la forêt méditerranéenne de la préhistoire à nos jours*, Errance, Paris.
- VERNIER J.-J.
1916, *Chartes de l'abbaye de Jumièges (vers 825 à 1204)*, Société de l'histoire de la Normandie, Rouen-Paris, 2 vol.
- VIATTE J.
1913, « Des charpentes apparentes combinées avec l'arc diaphragme dans les églises romanes en Normandie et en particulier à l'abbaye de Jumièges », *Bulletin Archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques*, p. 93-117.
- VEILLARD TROIEKOUROFF M.
1976, *Les monuments religieux de la Gaule d'après les oeuvres de Grégoire de Tours*, Champion, Paris.
- VILLIÈRE A. et MORE-CHEVALIER F.
1979, « Connaissance à l'emploi du bois, le séchage », dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 2, Librairie du Compagnonnage, Paris, p. 87-129.
- VIOLLET-LE-DUC E.
1854-1868, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, 10 vol., B. Bance, Paris, réédition 1998.
- VOINCHET B.
1994, « L'architecture à pans de bois en France », *Monumental*, n° 6, juin 1994, p. 61-71.
- VOISIN L.
1987, *Les ardoisiers de l'Ardenne*, Charleville-Mézières.
- WALLACE P.
1992, *The Viking Age Buildings of Dublin*, Royal Irish Academy, National Museum of Ireland, Dublin.
- WASYLYSZYN N.
1994, « Abbaye Saint-Georges de Boscherville : bilan des fouilles menées entre 1990 et 1993 (XI^e-XVII^e siècles) », *Haute-Normandie archéologique*, vol. IV, éd. Centre de Recherche

- Archéologiques de Haute-Normandie, Rouen, p. 67-75.
- 1995, « Abbaye Saint-Georges de Boscherville : de la collégiale à l'abbaye bénédictine (XI^e-XVI^e siècles) », *Revue Archéologique de l'Ouest*, t. 12, p. 147-157.
- WEALDEN BUILDINGS STUDY GROUP
1990, *Wealden Buildings*, ed. John WARREN, Horsham.
- WILCOX R.
1972, « Timber Reinforcement in Medieval Castles », *Château Gaillard, colloque de Hindsøavl, Danemark* (1970), vol. V, Publications du CRAM, Caen, p. 193-202.
- WOOD M.
1965, *The English Medieval House*, Bracken Books, Londres.
- WYSS M. (dir.)
1996, *Atlas historique de Saint-Denis. Des origines au XVIII^e siècle. Documents d'Archéologie Française*, t. 59, Paris.
- ZADORA-RIO É.
1968, « De la haie au bocage : quelques remarques sur l'Anjou », dans *Le village médiéval et son environnement*, Études offertes à Jean-Marie Pesez, Paris, p. 671-682.
- ZARNECKI G.
1953, *Later english romanesque sculpture 1140-1210*, Londres.
- ZIMMERMANN W.
1958, *Ecclesia lignea und Ligneis tabulis fabricata*, Bonner Jahrbücher, 158, p. 414-453.

GLOSSAIRE

Abaque : n. m. Tablette qui forme la partie supérieure d'un chapiteau de colonne et supporte l'architrave.

About : n. m. Extrémité d'une pièce.

Aisselier : n. m. Élément droit ou courbe placé sous une pièce horizontale (entrait retroussé ou faux-entrait).

Aplomb : n. m. Direction verticale telle que l'indique le fil à plomb.

Appentis : n. m. Petite construction adossée à une plus grande et dont la toiture est à pente unique.

Arasement : n. m. Face perpendiculaire à l'axe d'un tenon et parallèle à la face du bois mortaisé.

Arbalétrier : n. m. Pièce parallèle au rampant de la toiture qui supporte les pannes.

Architrave : n. f. Partie inférieure de l'entablement qui porte directement sur les chapiteaux des colonnes ou des pilastres.

Arêtier : n. m. Pièce de bois placée à la rencontre saillante de deux versants d'une toiture.

Astragale : n. m. Sorte de moulure.

Aubier : n. m. Partie tendre et superficielle du bois située entre l'écorce et le cœur de l'arbre.

Baliveau : 1. n. m. Longue perche fine employée pour la construction des échafaudages. 2. n. m. Jeune arbre réservé dans la coupe des taillis pour qu'il puisse croître en futaie.

Bardage : n. m. Revêtement extérieur vertical réalisé en planchette de bois.

Bardeau : n. m. Planchette en bois de grande longueur utilisée comme matériau de couverture.

Bastaing : n. m. Madrier de résineux, épais et un peu large, de section rectangulaire, servant à faire des solives.

Bâtard : adj. Se dit d'un tenon lorsque celui-ci ne comporte qu'un seul arasement.

Bâtière : n. f. Comble à deux versants, terminé par des murs-pignons.

Baudet : n. m. Grand tréteau sur lequel les poutres à scier sont posées.

Beffroi : n. m. Structure qui soutient les cloches.

Blochet : n. m. Petite pièce horizontale, généralement posée ou assemblée sur des sablières, destinée à recevoir le pied d'un chevron et d'une jambe de force.

Bossage : n. m. Surépaisseur d'un bois.

Brin : Pièce de bois contenant le cœur de l'arbre.

Cambium : n. m. de *cambiare* «changer». Assise génératrice du cerne située en périphérie du tronc, à l'interface entre le bois et l'écorce. Son observation sur des pièces architecturales étudiées par dendrochronologie est capitale pour déterminer la présence du dernier cerne formé par l'arbre avant son abattage. Si cette observation est réalisée, et seulement dans ces conditions, cet événement peut être daté à la saison près. La date présentée sera alors suivi d'un «d», comme pour 1224/1225d par exemple (sous-entendu «automne/hiver» 1224/1225). Dans tous les autres cas, le *terminus post quem* obtenu devra forcément s'accompagner d'une estimation de la date d'abattage.

Chanfrein : n. m. Arête aplanie d'une pièce équarrie.

Chant : n. m. Côté le plus étroit d'une pièce de section rectangulaire. Poser une pièce de chant : la faire reposer sur sa plus petite face.

Chéneau : n.m. Conduit placé à la base des combles et destiné à recueillir les eaux de pluie.

Chevron : n. m. Pièce de bois qui supporte le lattis et les matériaux de la couverture.

Chevron-formant-ferme : n.m. Type de charpente dans laquelle chaque chevron est assemblé à des pièces de raidissement pour constituer une ferme. S'oppose au type de la ferme et panne où les chevrons sont indépendants, portés par des pannes, et ne constituent pas une série de fermes successives.

Cognée : n. f. Hache au tranchant étroit destinée à l'abattage des arbres.

Comble : n.m. Partie d'un édifice contenant la charpente de la toiture.

Console : n. f. Structure de soutien.

Contrefiche : n. f. Pièce de bois inclinée qui travaille contre la flexion d'une autre pièce qu'elle soutient.

Contreventement : n. m. Dispositif de pièces destiné à lutter contre le déversement de la charpente.

Contreventer : v. t. Empêcher le déversement d'une structure.

Cours : n. m. Alignement continu de pièces de bois assemblées bout à bout.

Couvre-joint : n. m. Petite baguette de bois recouvrant le joint de deux planches placées bord à bord.

Coyau : n. m. Petite pièce de bois inclinée placée en partie inférieure d'un chevron, à l'extérieur du comble, pour adoucir la pente de la base de la toiture.

Coyer : n. m. Pièce horizontale d'une croupe destinée à recevoir le pied d'un arêtier ou d'une noue.

Croupe : n. f. Extrémité charpentée d'un comble.

Décharge : n. f. Pièce de bois destinée à s'opposer à la déformation d'une autre et à reprendre les charges de cette dernière.

Débardage : n. m. Transport des grumes depuis le lieu d'abattage.

Débiter : v. t. Couper, fendre ou scier au cœur un bois.

Dégauchir : v. t. Rendre plane la surface d'un bois.

Délarder : v. t. Retirer le surplus d'une surface ou les défauts d'un bois.

Dévers : n. m. Inclinaison d'une pièce de bois.

Doloire : n. f. Hache à large tranchant destiné à l'équarrissage des bois.

Duramen : n. m., du latin *durus* «dur». Partie du bois totalement lignifiée dans laquelle la sève ne circule plus. Appelé également «bois parfait» ou «bois de cœur», il se distingue de l'aubier par une teinte plus sombre chez le chêne ou le châtaignier, en raison des tanins qu'il contient.

Échantignole : n. f. Cale de bois fixée sur l'arbalétrier et destinée à bloquer les pannes.

Écharpe : n. f. Longue pièce de bois inclinée, généralement couplée à une seconde symétriquement opposée, destinée à raidir les chevrons.

Embrèvement : n. m. Assemblage constitué d'une entaille prismatique destinée à recevoir l'extrémité d'une pièce taillée selon un profil inverse.

Enfourchement : n. m. Assemblage, généralement placé en tête des chevrons, constitué d'une mortaise ouverte dans laquelle se loge un tenon.

Enrayure : n. f. Ensemble de pièces horizontales rayonnantes à partir d'une base (poinçon ou entrait).

Entablement : n. m. Partie sommitale d'un mur sur laquelle s'appuie la charpente du comble.

Entrait : n. m. Pièce de bois horizontale joignant les deux chevrons d'une ferme.

Entrait retroussé : entrait rehaussé dans la ferme et travaillant en traction.

Faux-entrait : entrait placé au-dessus d'un entrait retroussé et ne travaillant pas en traction.

Entretoise : n. f. Pièce de bois qui en relie deux autres et les maintient dans un écartement fixe

Entrevous : n. m. Espace compris entre deux pièces de bois consécutives.

Enture : n. f. Assemblage de deux pièces placées dans le prolongement l'une de l'autre.

Épure : n. f. Dessin grandeur nature d'une structure destinée à l'établissage des bois.

Équarrir : v. t. Donner une forme de section carrée ou rectangulaire à une grume.

Ergot : n. m. Retour de 2 à 3 cm ménagé en gorge des assemblages à mi-bois.

Essente : n. f. Petite planchette en bois utilisée comme matériau de couverture ou bardeau.

Établissage : n. m. Action qui consiste à choisir les bois, les orienter, les ligner, les mettre sur ligne et piquer les assemblages.

Face d'établissage : face d'un bois qui sert de référence pour son orientation, parfois pour son lignage et le marquage.

Étrésillon : n. m. Sorte d'entretoise.

Étrésillonement : n. m. Dispositif destiné à liaisonner entre eux plusieurs éléments de structure d'une charpente.

Étrésillonner : v. t. Liaisonner.

Faitage : n. m. Pièce de bois horizontale placée longitudinalement au sommet des fermes.

Ferme : n. f. Ensemble de pièces assemblées dans un même plan vertical, transversal au comble et constituant l'élément porteur principal de la charpente.

Ferme et panne : n. m. Type de charpente dans laquelle les chevrons sont portés par des pannes et ne constituent pas une série de fermes successives.

Flache : n. f. Dépression à la surface d'un bois provenant d'une déformation naturelle.

Gable : n. m. Ferme saillante d'un pignon.

Gorge : n. f. Partie oblique d'une mortaise qui suit l'inclinaison de la pièce tenonnée.

Gouge : n. f. Sorte de ciseau à lame concave pour exécuter les entailles arrondies.

Grume : n. f. Tronc d'arbre abattu, ébranché et encore recouvert de son écorce.

Herminette : n. f. Hache au tranchant perpendiculaire au manche et recourbé, destinée aux travaux de finition.

Jambe de force : n. f. Pièce de charpente verticale ou inclinée placée en partie inférieure d'un chevron ou d'un arbalétrier pour le soutenir. Syn. jambette.

Joue : n. f. Épaisseur de bois laissée de chaque côté d'un assemblage femelle.

Lambris : n. m. Recouvrement en planchettes de bois d'une surface, d'un pan-de-bois ou d'une voûte.

Languette : n. f. Partie saillante en forme de petit tenon continu destinée à pénétrer dans une rainure.

Lattis : n. m. Ensemble de lattes fixées sur les chevrons et sur lesquelles sont posés les matériaux de couverture.

Levageur : n. m. Ouvrier spécialisé dans le levage des charpentes.

Lierne : n. f. Pièce de bois horizontale placée longitudinalement au comble.

Lignage : n. m. Opération qui consiste à tracer les lignes d'assemblages sur une ou plusieurs faces d'un bois.

Longrine : n. f. Pièce de charpente placée dans le sens de la longueur et qui relie d'autres pièces.

Mi-bois : n. m. Assemblage de deux pièces de bois qui s'appliquent l'une dans l'autre dans des entailles ouvertes, creusées à la moitié ou au tiers de l'épaisseur des bois.

Mi-bois à queue d'aronde : Assemblage à mi-bois dont l'entaille est en forme de trapèze ou d'une queue d'hirondelle.

Mi-bois à demi-queue d'aronde : En demi-queue d'hirondelle.

Mise dedans : n. f. Opération qui consiste à pré-assembler les bois sur l'épure pour contrôler l'exactitude du taillage et pour effectuer certains percements.

Mise sur ligne : n. f. Opération qui consiste à poser les bois sur les lignes de l'épure.

Moise : n. f. Chacune des deux pièces de bois parallèles qui assurent la fixation d'une autre passant entre elles.

Mortaise : n. f. Entaille généralement rectangulaire pratiquée dans une pièce de bois pour recevoir le tenon d'une autre pièce.

Mouton : n. m. Pièce de bois à laquelle une cloche est suspendue par ses anses.

Nœud : n. m. Dans un tronc d'arbre, endroit où se forme une branche et où les fibres prennent une autre direction.

Noue : n. f. Pièce de bois située à la rencontre rentrante de deux versants.

Panne : n. f. Pièce de bois horizontale placée longitudinalement au comble, portée par des arbalétriers et destinée à soutenir les chevrons.

Pigeâtre : n. m. Sorte de console placée en tête d'un poteau pour porter le débord d'une sablière en encorbellement.

Pignon : n. m. Partie triangulaire et verticale qui clôt l'extrémité d'un comble.

Piquage : n. m. Opération qui consiste à tracer précisément sur les bois l'emplacement et le profil des assemblages à tailler.

Plate-forme : n. f. Ensemble de pièces formé par deux cours de sablières parallèles, placé sous les pieds de fermes et posé sur l'entablement des murs gouttereaux.

Poinçon : n. m. Pièce de bois verticale, placée dans l'axe d'une ferme et travaillant en traction.

Poinçon de fond : poinçon assemblé en tête dans les chevrons ou les arbalétriers et en pied dans l'entrait à la base de la ferme.

Faux-poinçon : poinçon assemblé en tête dans un faux-entrait et en pied dans un entrait.

Poinçon haut : poinçon établi dans la partie haute de la ferme et assemblé en pied dans un entrait retroussé ou un faux-entrait.

Portée : n. f. Distance comprise entre deux points d'appui.

Pureau : Partie d'une tuile ou d'une ardoise non recouverte par la tuile ou l'ardoise du rang supérieur.

Raboutage : n. m. Assemblage de prolongement de deux pièces bout à bout, suivant le même axe longitudinal.

Rainette : n. f. Outil de traçage qui présente une pointe métallique recourbée à l'extrémité pour enlever un léger copeau.

Rainure : n. f. Entaille rectangulaire continue destinée à recevoir une languette.

Rampant : n. m. Surface inclinée d'un comble.

Ressaut : n. m. Décrochement travaillé de la surface d'un bois pour donner une surépaisseur à la pièce.

Retrait : n. m. Rétraction d'un bois qui se produit lors de sa dessiccation.

Rive : n. f. Bord latéral.

Rossignol : n. m. Petite cale de bois placée dans la mortaise pour combler le vide nécessaire à l'engagement du tenon.

Rouanne : n. f. Outil de gravage composé d'une pointe métallique et d'une rainette et destinée à tracer des cercles.

Roulure : n. f. Défaut du bois dû à un hiver rigoureux.

Sablière : n. f. Dans un comble, pièce de bois horizontale, placée longitudinalement au comble et qui reçoit le pied des chevrons. Dans un pan-de-bois, elle s'assemble en tête ou au pied d'un panneau de façade.

Semelle : n. f. Pièce de bois servant de point d'appui.

Solive : n. f. Pièce de bois horizontale posée sur les poutres maîtresses ou sommier d'un plancher ou d'un plafond.

Sommier : n. m. Grosse poutre transversale à l'édifice qui relie les façades ou les murs gouttereaux et qui supporte parfois les solives d'un plancher et/ou d'un plafond.

Sous-chevron : n. m. Pièce de bois placée parallèlement au chevron, sous celui-ci.

Sous-face : n. f. Face inférieure.

Sous-fâitage : n. m. Pièce de bois horizontale, placée dans l'axe longitudinal d'un comble et sous une faîtière.

Suspente : n. f. Clé d'assemblage assurant la suspension de l'entrait.

Tarière : n. f. Outil métallique muni d'une vrille servant à percer des trous dans le bois.

Tenon : n. m. Partie saillante d'un assemblage, de forme généralement rectangulaire, pratiquée à l'extrémité d'une pièce de bois pour s'emboîter dans la cavité correspondante appelée mortaise.

Tenon bâtard : tenon qui ne possède qu'un seul arasement.

Faux-tenon : petite pièce de bois pénétrant dans deux mortaises mises en face l'une contre l'autre.

Tirant : n. m. Pièce de bois travaillant en traction.

Traceret : n. m. Outil de traçage en métal terminé par une pointe très fine.

Trait : n. m. Ensemble des procédés graphiques qui permettent la réalisation des épures.

Trave : n. f. Assemblage à mi-bois de deux pièces de bois perpendiculaires.

Triangulation : n. f. Rapport équilibré de forces circulant dans une ferme au travers d'un couple de chevrons ou d'arbalétriers, d'un entrait et d'un poinçon de fond assemblés entre eux.

Fausse triangulation : rapport de force établi dans la partie inférieure de la ferme par un faux-poinçon.

Trusquin : n. m. Outil en bois servant à tracer des lignes parallèles.

Volige : n. f. Planche fixée sur les chevrons et destinée à supporter les matériaux de couverture.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|-----|
| Remerciements..... | vii |
| Introduction..... | 1 |
| Les bois de la forêt au chantier (V. Bernard, F. Épaud et Y. Le Digol)..... | 9 |
| Morphologie des bois utilisés, évaluation des besoins et des surfaces forestières..... | 10 |
| Une juridiction au service des forêts médiévales? | 19 |
| Traitements sylvicoles des chênaies | 20 |
| Cycles d'exploitation forestière et gestion sylvicole | 26 |
| Les essences de bois utilisées en charpenterie | 30 |
| Chênes bocagers, chênes tors : des bois de construction adaptés? | 32 |
| Bayeux : une ville médiévale au milieu du bocage? | 33 |
| Des bois denses, madrés, noueux, fourchus | 36 |
| Bois « vert », bois sec | 38 |
| Le stockage des bois..... | 40 |
| Le réemploi : mythe ou réalité..... | 41 |
| Le choix de la période d'abattage..... | 43 |
| Le bois de commerce..... | 44 |
| Le travail du bois | 47 |
| L'équarrissage, le sciage et le fendage..... | 47 |
| L'orientation des bois..... | 56 |
| Le lignage | 57 |
| L'établissage et l'épure..... | 64 |
| Les tracés régulateurs des épures | 70 |

| | |
|--|------------|
| La localisation des aires d'épures et des ateliers | 81 |
| De la mise sur ligne à la mise dedans | 82 |
| Le marquage | 85 |
| Le levage de la charpente | 107 |
| Les matériaux de couverture | 121 |
| L'évolution architecturale des charpentes | 133 |
| La charpente romane : XI ^e -XII ^e siècle | 133 |
| Définition de la charpente dite « romane » | 135 |
| Le système compressif : définition et implications sur la pente de la toiture et la section des bois | 140 |
| Les sections des bois | 143 |
| Les assemblages | 144 |
| La croupe | 149 |
| Les bas-côtés | 149 |
| L'espacement des fermes | 150 |
| Les plafonds en bois face aux voûtements en pierre | 151 |
| La sculpture ornementale | 155 |
| Le débord des toitures | 157 |
| Les éléments de raidissement architectonique | 159 |
| L'avènement de la charpente gothique et ses premiers développements : seconde moitié du XII ^e siècle | 160 |
| De la disparition du système compressif à l'apparition de la charpente tramée : une révolution architecturale | 161 |
| L'adaptation de la pente des toits | 170 |
| Le rapport entre les charpentes et les premières voûtes gothiques | 171 |
| Les premières charpentes voûtées | 173 |
| Les assemblages | 176 |
| L'espacement des fermes | 177 |
| Les perfectionnements gothiques : fin du XII ^e siècle-XIII ^e siècle | 179 |
| Diffusion de la triangulation | 179 |
| La génération des grandes charpentes gothiques : le report des charges des fermes secondaires sur les fermes principales | 184 |
| L'introduction des pannes dans les chevrons-formant-fermes : le cas des granges | 193 |
| Les pieds de ferme | 198 |
| L'évolution des liernes longitudinales | 199 |
| Le développement de la faîtière | 205 |
| Les charpentes à fermes et pannes | 205 |
| <i>Les origines du système</i> | 206 |
| <i>Le développement des fermes et pannes : première moitié du XIII^e siècle</i> | 209 |
| La notion de contreventement | 217 |
| Le cas de Boscherville et les charpentes à portique | 218 |
| Les toitures en appentis | 219 |
| Les croupes | 220 |
| Le pan-de-bois | 223 |
| Les beffrois | 224 |
| Les assemblages | 225 |
| La permanence des formes au sein d'un grand édifice | 233 |

| | |
|---|------------|
| La notion d'économie dans le choix des formes | 237 |
| Les rapports avec l'Angleterre..... | 238 |
| Études monographiques..... | 245 |
| <i>Églises et chapelles</i> | |
| Neuf-Marché (Seine-Maritime), église Saint-Pierre | 251 |
| Norrey-en-Auge (Calvados), église paroissiale Sainte-Anne | 265 |
| Mesnil-Mauger (Calvados), église Notre-Dame de Sainte-Marie-aux-Anglais | 269 |
| Fontaine-le-Pin (Calvados), chapelle de l'ancienne commanderie templière de Voismes | 279 |
| Saint-Sulpice-sur-Risle (Orne), église paroissiale Saint-Sulpice..... | 283 |
| Médavy (Orne), église prieurale Notre-Dame du Repos..... | 291 |
| Villiers-en-Désœuvre (Eure), chapelle Notre-Dame-du-Temple de Chanu | 295 |
| Gisors (Eure), chapelle Saint-Laurent de la ferme de Vaux | 303 |
| Quatremare (Eure), église Saint-Hilaire..... | 311 |
| Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime), chapelle des Chambellans | 317 |
| <i>Abbatiales et cathédrales</i> | |
| Saint-Martin-de-Boscherville (Seine-Maritime), église abbatiale Saint-Georges | 321 |
| Fécamp (Seine-Maritime), église abbatiale de La Trinité | 337 |
| Lisieux (Calvados), cathédrale Saint-Pierre..... | 351 |
| Bayeux (Calvados), cathédrale Notre-Dame..... | 389 |
| Rouen (Seine-Maritime), cathédrale Notre-Dame..... | 463 |
| <i>Édifices résidentiels et à vocation économique</i> | |
| Pont-de-l'Arche (Eure), abbaye de Bonport..... | 497 |
| Radepont (Eure), dortoir de l'abbaye de Fontaine-Guérard..... | 517 |
| Gravigny (Eure), ancienne léproserie Saint-Nicolas | 521 |
| Rouen (Seine-Maritime), maison rue Malpalu | 527 |
| Rouen (Seine-Maritime), maison du n° 18 rue Saint-Romain | 531 |
| Bayeux (Calvados), maison impasse Prud'homme..... | 533 |
| Rouen (Seine-Maritime), logis abbatial Saint-Amand | 539 |
| Boos (Seine-Maritime), manoir de l'abbaye de Saint-Amand | 547 |
| Val-de-la-Haye (Seine-Maritime), grange de la commanderie Sainte-Vaubourg | 553 |
| Heurteauville (Seine-Maritime), grange | 565 |
| Crouttes (Orne), grange du prieuré Saint-Michel..... | 569 |
| Saint-Pierre-sur-Dives (Calvados), halles | 575 |
| Conclusion | 581 |
| Bibliographie..... | 585 |
| Glossaire | 605 |

Conception-réalisation :



Publications du CRAHM – Caen

Tél. 02 31 56 56 09

Fax 02 31 56 54 95

crahm.publications@unicaen.fr

<http://www.unicaen.fr/crahm/publications>