



HAL
open science

**La grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais.
Etude archéologique de la charpente. Service
archéologique municipal de Beauvais, 2006.**

Frédéric Epaud

► **To cite this version:**

Frédéric Epaud. La grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais. Etude archéologique de la charpente. Service archéologique municipal de Beauvais, 2006.. [Rapport de recherche] CNRS. 2006, 90 p. halshs-01249301

HAL Id: halshs-01249301

<https://shs.hal.science/halshs-01249301>

Submitted on 10 May 2023

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.

Avril 2006

La grange de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais
Etude archéologique de la charpente

Par
Frédéric EPAUD

Service Archéologique Municipal
Ville de Beauvais

Table des matières

I. Rappel historique	4
II. Présentation de la léproserie	5
III. La grange	7
1. Vocation et fonctionnement	7
2. Le bâti maçonné	8
2.1. Le plan	9
2.2. Les élévations	9
2.3. Les portes	11
2.4. Les auvents	12
2.5. Les échafaudages	12
3. La charpente	13
3.1. Les bois	13
3.2. La nef	14
Le plan et l'espacement des fermes	14
Les sablières et le système des cales	15
Les fermes principales	16
Les fermes intermédiaires	19
Les fermes secondaires	20
Le dispositif de raidissement longitudinal	21
3.3. Les bas-côtés	22
Les demi-fermes principales	22
Les demi-fermes intermédiaires	23
Les chevrons	24
3.4. Estimation de la consommation en bois d'œuvre	25
3.5. Les marques d'assemblages	27
3.6. Le lignage	29
3.7. Le piquage	29
3.8. La mise en place de la charpente et le chevillage des bois	30
3.9. La couverture	33
IV. La place de la grange Saint-Lazare dans l'évolution des granges et de l'architecture au XIIIe siècle	33
ILLUSTRATIONS	44

I. Rappel historique

La fondation de la léproserie Saint-Lazare se rattache au vaste mouvement de création d'établissements charitables qui apparut en France vers la fin du XI^e siècle et qui s'amplifia dans le courant du XII^e siècle devant l'expansion de la lèpre. Ramenée d'Orient par les Croisades, la lèpre devint très vite au cours du XII^e siècle un véritable "fléau social" amplifié par la poussée démographique, l'essor des villes et la multiplication des échanges. Assimilant le lépreux à l'image du Christ souffrant, cette endémie suscita au sein de la société médiévale un large élan compassionnel et de commisération contribuant à la fondation de nombreux établissements hospitaliers et à leur octroi de dons, de droits et de privilèges. Ce mouvement fut à l'origine de la création au XII^e siècle de la plupart des léproseries à l'orée des villes mais aussi auprès des bourgs ruraux au sein des campagnes.

La première mention de la léproserie Saint-Lazare de Beauvais date de 1131 et concerne la donation d'une maison¹, ce qui permet d'affirmer que sa fondation est antérieure à cette date. Une foire située à proximité, mentionnée dans une charte de 1176, lui était rattachée², comme cela était généralement accordé pour une fondation d'un établissement religieux de façon à apporter rapidement des revenus en espèces et en nature.

Il est fort probable que le fondateur de cette léproserie était le chapitre cathédral de Beauvais ou bien la personne même de l'évêque puisque le maître régisseur de Saint-Lazare, d'après une charte de 1234, était également chanoine et nommé par le chapitre de la cathédrale Saint-Pierre³. Cela s'explique aussi du fait de l'importance du manse épiscopal, érigé en comté au XI^e siècle et du droit dévolu à l'évêque de fonder les établissements hospitaliers dans l'évêché.

Les actes contenus dans le cartulaire de la léproserie mentionnent pour le XII^e et le XIII^e siècle l'attribution de droits et de privilèges mais surtout de nombreuses donations de terres et de revenus qui ont permis à la léproserie d'acquérir un important domaine foncier, équivalent à celui d'une abbaye. Le cartulaire comprend en effet 90 actes de donation et 94 actes d'achat, presque tous du XIII^e siècle. Composé primitivement de terres, de vignes et de maisons, ce domaine s'est développé par la suite par regroupement des possessions grâce à des rachats et des échanges afin de limiter les enclaves et l'éclatement des terres⁴. Outre les terres directement exploitées par la léproserie, ce domaine s'est concentré essentiellement autour de trois « granges » ou centres d'exploitation agricole sur Noyers, Villers-Saint-Barthélémy et Bus-Robert. Exploitées essentiellement en faire-valoir direct par des convers, ces granges tiraient leurs bénéficiaires de cultures céréalières (avoine et blé), de bois, de prés, de vignes et aussi de l'élevage de chevaux, de porcs, de brebis et de vaches.

En dehors de ces importants domaines agricoles, la richesse de la léproserie Saint-Lazare provenait dès le XIII^e siècle de nombreuses possessions immobilières dans Beauvais : 13 maisons et 6 demi-maisons au moins, ainsi que la perception de cens sur plus de 60 maisons et d'une dizaine de chambres. A ces ressources en espèces, Saint-Lazare bénéficiait de revenus d'étals sur les marchés, et

¹ V. Leblond, *Cartulaire de la Maladrerie Saint-Lazare de Beauvais*, Paris, 1922, p. 1.

² Extrait du 2nd cartulaire de l'Eglise de Beauvais, Coll. Troussures, pièce justificative n°2, cité dans J. Edelman, *Une grande léproserie médiévale : Saint-Lazare de Beauvais, du XII^e au XV^e siècles*, mémoire de maîtrise d'histoire, Univ. Paris X Nanterre, (Heers dir.), Paris, 1979, p. 9.

³ Arch. Hospit. St.-Lazare, FI et B35, Arch. Départ. Oise.

⁴ Edelman 1979, p. 29-49.

surtout de l'exercice de sa haute, moyenne et basse justice sur certains hommes et certaines terres, par le recouvrement de diverses amendes et coutumes⁵.

La quantité des revenus liés à l'étendue du domaine foncier, des droits et possessions immobilières, tout comme le droit de justice confèrent à cet établissement pour le XIIIe siècle un statut à part, plus proche de celui d'une grande seigneurie foncière que de celui d'une léproserie, généralement moins richement dotée. La prospérité de Saint-Lazare permet d'expliquer, comme on le verra plus loin, la présence de monuments exceptionnels de part leur dimension que leurs qualités architecturales, érigés au cours du XIIIe siècle dans l'enclos.

La léproserie cessa de recevoir des dons dès la fin du XIIIe siècle. Vers la fin du XIVe siècle, du fait de la crise économique et des difficultés liées à la guerre de Cent ans, le domaine de la léproserie n'est plus exploité par faire-valoir direct et les terres sont mises à bail, comme pour de nombreux établissements religieux à cette époque.

Face au recul de la lèpre à la fin du Moyen Âge, Saint-Lazare accepta d'accueillir désormais des pauvres et des malades victimes d'autres affections de la peau⁶.

Au début du XVIe siècle, la léproserie tombe en commende, comme la plupart des communautés religieuses. Les frères et sœurs qui assuraient la gestion des biens et les soins aux malades quittent définitivement Saint-Lazare, entraînant un relâchement de la discipline et la décadence de l'établissement. Les terres sont louées à des fermiers tandis que l'administration des biens est disputée pendant près d'un siècle de procédure entre le Grand Aumônier de France, les maire et pairs et l'évêque de Beauvais⁷.

Cependant, devant la recrudescence des maladies contagieuses et de la peste notamment, dans la seconde moitié du XVIe siècle et au début du XVIIe siècle, de nouveaux bâtiments furent construits au sein de l'enclos pour recevoir l'afflux des malades. Enfin, en 1658, Saint-Lazare est rattachée au Bureau des pauvres de Beauvais⁸.

Devenue Bien National à la Révolution, Saint-Lazare perdit définitivement sa vocation hospitalière. Elle fut vendue en plusieurs lots et convertie en exploitation agricole jusqu'en 1920 où elle fut rachetée par une entreprise d'engrais, de vidanges et de produits chimiques. Classés sur la Liste des Monuments Historiques en 1862, déclassés en 1887 puis inscrits de nouveau en 1939, les bâtiments de l'ancienne léproserie Saint-Lazare furent rachetés par la ville de Beauvais en 1988 pour servir de centre d'activité à vocation culturelle.

II. Présentation de la léproserie

La léproserie est située hors de la ville, à un kilomètre au sud-est de Beauvais, le long de l'ancienne voie menant à Paris, sur la commune de Voisinlieu. Cette position excentrique répondait peut-être lors de sa fondation à des précautions prophylactiques de part l'orientation des vents

⁵ *Ibidem*.

⁶ V. Leblond, *Les lépreux de Beauvais. La Maladrerie de Saint-Lazare au XVIe siècle d'après les comptes d'administrations*, Beauvais, 1926, p. 30.

⁷ *Ibidem*.

⁸ Arch. Nat., S 4827.

dominants par rapport à la ville, comme on peut l'observer ailleurs pour d'autres léproseries (Gravigny ou Ferrières-sur-Risle dans l'Eure).

La léproserie présente une superficie de 2,5 hectares environ de forme polygonale, circonscrite par un mur de clôture de deux mètres de haut, appareillé en pierre de taille calcaire, vraisemblablement du XIII^e siècle. L'entrée principale primitive, connue par les plans des XVII^e et XVIII^e siècles (fig. 1 à 4) et attestée par les observations archéologiques, était située le long de la voie Beauvais-Paris à proximité de l'église et du logis, et se présentait sous la forme d'une porterie avec une entrée charretière et une piétonne, bordée d'une niche. Une autre entrée plus modeste mais peut-être tardive s'ouvrait au sud sur l'espace des lépreux tandis qu'au nord, une autre entrée se devine sur le plan de 1672, à proximité de l'entrée nord-est de la grange, mais aucun vestige conservé en élévation ne permet de l'affirmer.

L'espace intérieur de la léproserie est compartimenté en trois zones distinctes aux fonctions spécifiques : l'un consacré aux lépreux, le second destiné à la gestion administrative et religieuse de l'établissement et le troisième à vocation strictement agricole.

L'espace réservé aux lépreux, situé dans l'angle sud de l'enclos, est pourvu des « loges » ou habitations des malades qui comprenaient trois édifices, dont deux accolés aux murs d'enceinte, formant une cour fermée circonscrite au sein même de la léproserie par un mur d'enclos secondaire. Ces bâtiments aujourd'hui disparus apparaissent sur les plans d'époque moderne pourvus de nombreuses cheminées, destinées à chacune des loges des bâtiments (fig. 1). A l'angle Est de la léproserie, subsistent encore les ruines des bâtiments destinés aux pestiférés, édifiés au XVI^e siècle ou au début du XVII^e siècle, circonscrits également au sein d'une cour fermée, derrière un mur de clôture secondaire.

L'espace destiné aux activités administratives, communautaires et religieuses de l'établissement occupe la place centrale, à proximité de la porterie. Il comprend un espace religieux défini par une église, peut-être pourvu à l'origine d'un cimetière au sud, situé entre le clos des lépreux et l'espace destiné aux « gens sains ». L'église présente un chœur à chevet plat du XII^e siècle, couvert d'une voûte d'arêtes sur la première travée et d'une voûte en berceau sur la seconde, une nef de la même époque couverte d'une charpente voûtée d'origine et pourvue de deux bas-côtés couverts également de leurs charpentes primitives. La croisée du transept, du XII^e siècle, supporte une tour de clocher rajoutée au XIII^e siècle et qui conserve quelques fermes de sa toiture gothique, tandis que les deux bras du transept appartiennent à une campagne de reconstruction du XVI^e siècle. Les deux chapelles latérales du chœur sont aussi des rajouts du XIII^e siècle.

Perpendiculaire à l'église et face à la porterie se situe un grand bâtiment pourvu d'un étage, appelé communément le logis, datant vraisemblablement de la première moitié du XIII^e siècle. Le plancher d'origine a disparu mais la charpente de comble est toujours en place sur toute la longueur de l'édifice. Par ses analogies structurelles avec celle de la grange de Saint-Lazare, cette charpente pourrait logiquement avoir été réalisée par les charpentiers qui ont travaillé sur la grange. L'étage de ce bâtiment était couvert à l'origine d'un plafond fixé aux entrants des fermes principales et dont les planches ont aujourd'hui disparues. Des traces d'un décor peint (damier noir et blanc, frise de chevrons) subsistent sur les flancs et en sous-face des entrants et répondent aux peintures qui couvraient également les murs. Des mortaises d'origine destinées à des cloisons en pans de bois, visibles en sous-face de tous les entrants, attestent d'une compartimentation de l'étage en chambres individuelles. De part la position de l'édifice au sein de la léproserie, de sa qualité architecturale, de

ses cheminées et des décors peints présents dans les « appartements » de l'étage, sa fonction semble être liée aux activités et/ou l'hébergement des frères-clercs liés au fonctionnement administratif de la léproserie. Les actes du XIIIe siècle attestent en effet de la présence sur la léproserie de baillis, chargés d'exécuter les clauses accompagnant les legs et les aumônes, mais aussi de proviseurs, curateurs et procureurs, commis aux règlements des affaires juridiques et financières de l'établissement.

A proximité immédiate de ce bâtiment se dressait encore au début du siècle un grand édifice sans étage, pourvu d'un pignon percé de quatre lancettes et qui pourrait architecturalement correspondre à un réfectoire. Son mur oriental, le seul conservé en élévation, présente par ailleurs une succession de niches pouvant être interprétées comme des sièges.

Enfin un troisième édifice, en partie conservé en rez-de-chaussée et au niveau des caves grâce à un réaménagement de l'étage au XIXe siècle, complétait cet ensemble architectural. Ce dernier bâtiment présentait à l'origine un plan en L dont seul le retour est conservé. De la partie la plus longue ne subsiste que le mur oriental, aujourd'hui sous la végétation. Les charpentes d'origine ont disparues.

Situé au nord-ouest de l'enclos, le troisième espace fonctionnel de la léproserie concerne les activités agricoles. On peut lui adjoindre évidemment l'aire réservée à la culture de la vigne, attestée dès le XIIIe siècle et destinée à l'approvisionnement en vin des lépreux.

Seuls subsistent de cet espace la grange et la « bergerie », qualifiée comme telle encore sur le plan de 1672. Située au sud-ouest de la grange, cette bergerie conserve deux murs gouttereaux du XIIIe siècle, ses pignons ayant été refaits à l'époque moderne. Une visite de la léproserie datée de 1548 mentionne l'existence de la grange, de la bergerie mais aussi d'une étable et d'un colombier, aujourd'hui disparus. Cette étable devait vraisemblablement être située contre le mur de clôture ouest en raison de nombreuses traces d'arrachement et de logement de poutres visibles sur ces maçonneries. Quant au pigeonnier, le plan de 1672 le situe à l'est de la grange, au centre de cette espace agricole, entouré de la grange, de la bergerie et des étables. Une mare, peut-être tardive, destinée à l'abreuvement des troupeaux, se situe à proximité de la bergerie, côté ouest. La pratique de l'élevage est justifiée dans ces granges en raison de l'important commerce de la laine et des peaux qui se développe au cours du XIIIe siècle face notamment à l'essor de l'industrie drapière à Beauvais.

III. La grange

1. Vocation et fonctionnement

L'important domaine foncier de Saint-Lazare constitué aux XIIe-XIIIe siècles grâce aux dons, fut réuni puis concentré par des rachats et des échanges autour de trois centres d'exploitation agricole ou « granges » à Noyers, Villers-Saint-Barthélémy et Bus-Robert. Caractérisées par la présence d'une grande grange, d'où leur appellation, ces fermes étaient exploitées en faire-valoir direct par des convers pour des cultures céréalières, la viticulture et l'élevage.

Ce mode de fonctionnement est typique des XIIe-XIIIe siècles et caractérise le plus souvent le système de gestion des domaines fonciers, largement étendus, des abbayes bénédictines et surtout cisterciennes, notamment dans l'Oise où de nombreuses granges du XIIIe siècle ont survécu.

A Saint-Lazare, l'espace consacré à l'exploitation agricole, au nord de l'enclos de la léproserie, est assimilable à l'une de ces « granges ». L'ensemble des bâtiments agricoles qui le composait (grange, bergerie, étable) constituait le centre de gestion du domaine attenant directement à la léproserie. L'étude du cartulaire de Saint-Lazare témoigne pour le XIIIe siècle de l'importance des donations de la bourgeoisie beauvaisienne, des legs et des rachats de terres situées à proximité immédiate de la léproserie et dans les localités avoisinantes à Bongenoult et à Allonne. Outre les terres, ce domaine se composait aussi de prés situés à La Folie et à Voisinlieu le long du Thérain, de bois au Fecq et à Allonne ainsi que de vignes dans la basse vallée du Thérain. Là aussi, comme pour les autres granges, les rachats et les échanges relatés dans le cartulaire au cours du XIIIe siècle avaient pour objectif de constituer un domaine vaste et homogène, sans enclave, concentré autour de la léproserie. Cette concentration des terres autour de la grange de Saint-Lazare se justifiait par des raisons pratiques de mises en culture, pour faciliter l'assolement triennal, limiter la circulation des charrois et le coût du transport afin d'optimiser ainsi la productivité du domaine. Comme les autres « granges », ce domaine était exploité en faire-valoir direct par des convers jusqu'à la mise en bail des terres à la fin du XIVe siècle.

La grange, ainsi que les autres bâtiments qui composaient ce centre d'exploitation agricole, étaient donc destinés à la gestion du domaine localisé autour de la léproserie. Pour cette raison, ces constructions (grange, étables, bergerie...) étaient situés à l'intérieur même de l'enclos, entourés par le mur de clôture de la léproserie, à l'image des autres granges circonscrites par un haut mur de clôture. Bien que ce cas de figure soit exceptionnel pour les léproseries, celles-ci bénéficiant rarement d'un domaine foncier aussi étendu, la présence d'une « grange » au sein même de l'enclos d'un établissement est par contre très fréquent pour les abbayes. Dotées de domaines éloignés mais aussi de terres situées à proximité de l'abbaye, elles comportent le plus souvent une « grange » au sein même de l'enclos comme l'abbaye de Bonport dans l'Eure ou celle de Saint-Wandrille en Seine-Maritime.

La « grange » de la léproserie exploitait donc les terres en dehors de l'enclos de la léproserie. La circulation des chariots destinés à la grange et le déplacement journalier des troupeaux qui étaient abrités dans la bergerie et les étables devait emprunter nécessairement une porte d'accès à proximité des bâtiments, et non vraisemblablement la porterie située en face l'église et le « logis » des administrateurs de l'établissement, par commodité et surtout pour respecter la séparation des zones d'activités au sein de la léproserie. Du fait du mauvais état de conservation du mur d'enceinte de la léproserie, par endroits, il est difficile aujourd'hui de savoir si un accès vers l'extérieur existait dans cette zone. Pourtant, d'après les observations des élévations et la lecture du plan de 1672, il semblerait qu'une porte existait dans l'angle nord-est de l'enclos, à proximité immédiate de la grange. Si cela pouvait s'avérer exact, la proximité d'une porte du pignon oriental de la grange permettrait une circulation convenable des chariots pour l'engrangement des céréales et un cheminement tout aussi satisfaisant des troupeaux, pouvant contourner la grange sur son flanc nord, évitant ainsi la zone administrative et le clos des vignes.

Comme la plupart des granges de ce type, connues pour le XIIIe siècle dans le Nord-Ouest de la France, la grange de Saint-Lazare était exclusivement destinée au stockage des céréales. Récoltés à

la faucille lors des moissons d'été, fin juin pour le seigle et jusqu'en août parfois pour le froment ou l'avoine, les blés sont engrangés sous forme de gerbes, bottelés par des brins de paille et chargés dans la grange par simple empilement ou "en vrac" (fig. 5a-b).

Comme on le verra plus loin lors de la description architecturale, les chariots circulaient dans la grange uniquement dans le bas-côté sud, dans un seul sens, entrant vraisemblablement par le pignon oriental et ressortant par l'autre pignon. L'espacement maximal de 3,85 m. des piliers rend en effet impossible les manœuvres permettant de faire passer un chariot tracté du bas-côté dans la nef centrale. L'engrangement de la nef centrale et du bas-côté nord se faisait donc uniquement par ce couloir, comme l'illustre une photo du début du XXe siècle de la grange du XIIIe siècle de l'abbaye Notre-Dame d'Ardenne dans le Calvados (fig. 5a), même si les opérations de remplissage pouvaient être relayées par plusieurs hommes de façon à remplir tout le volume de la grange, exception faite du couloir de circulation, bien sûr. Ce remplissage pouvait atteindre une hauteur surprenante dans la grange puisque lors des relevés de la charpente, des brins de blé ont été retrouvés coincés dans des assemblages au niveau des entrants retrouvés à 12 m. environ du sol et de nombreux graffiti d'époque moderne ont été gravés sur les pierres sous le niveau des sablières hautes et sur les entrants de la nef à 10 m du sol.

Le battage au fléau de ces gerbes de blé se faisait dans un second temps, quelques semaines probablement après la moisson, lorsque la main d'œuvre était libérée par la fin des récoltes. Cette opération était généralement faite sur une aire de battage, au sol battu, situé à l'abri des intempéries et dans un lieu ventilé pour séparer les grains de la paille broyée. Pour ces raisons, l'aire de battage était généralement située dans la grange, à l'une des deux entrées, la plus ventilée selon l'orientation des vents dominants. Comme on le verra là aussi plus loin, on a pu constater que chacune des deux entrées de la grange, sur chaque pignon, était protégée à l'extérieur par un auvent, ce qui permettait logiquement de travailler près de l'entrée, à l'intérieur, en restant à l'abri de la pluie. Deux aires de battage pouvaient donc vraisemblablement exister à proximité de chaque entrée.

L'intérieur de la grange était éclairée par deux lancettes en partie haute de chaque pignon. Malgré des traces grossières de cloisonnement observées dans leurs embrasures, probablement tardives, il ne semble pas que ces baies aient été fermées à l'origine par du vitrail, du tissu ou un treillis de lattes en bois, ce qui aurait forcément obscurci l'intérieur et empêché, d'autre part, la ventilation nécessaire de la grange.

2. Le bâti maçonné

État de conservation

La grange se présente actuellement dans un état de conservation remarquable. Ayant depuis son origine toujours servi de grange, elle n'a pas subi d'altération structurelle majeure. Les larmiers de tête de certains contreforts sont cependant très dégradés. De même, les solins de toiture appareillés qui couraient en tête des murs pignons ont disparu, et la toiture recouvre actuellement ces pignons. Il semble que les contreforts latéraux du pignon oriental ont été refait à l'époque médiévale, en travertin

ou calcaire coquiller. Enfin, des réparations ont été faites à l'époque moderne au pied des deux murs gouttereaux, face intérieure, du fait des remontées d'humidité à la base des murs en partie excavés. Outre ces quelques modifications, l'essentiel des structures d'origine est toujours en place. Une restauration de la toiture et de la charpente en plusieurs endroits a été réalisée à partir de 1971 sous la direction de l'Architecte en chef des Monuments Historiques Jean-Pierre Paquet. Le sol de la grange a également été décaissé des nombreux remblais qui s'étaient accumulés au cours des siècles jusqu'au sol d'origine, correspondant aujourd'hui au sol en place.

2.1. Le plan

Orientée nord-est/sud-ouest, la grange présente un plan rectangulaire, de 47,20 m. de long sur 21,95 m. de large hors œuvre maximale des murs, et de 42,43 m. de long sur 17,96 m. de large dans œuvre des murs, soit une superficie intérieure de 762 m² (fig. 6)

Son orientation coïncide avec celle de la bergerie, qui lui est perpendiculaire, et légèrement avec les murs de clôture dans cette partie septentrionale de la léproserie (fig. 4). Le projet de construction incluait donc vraisemblablement la grange et la bergerie dans un programme commun, tracé au sol. Cependant, cette orientation diffère des autres bâtiments de la léproserie, peut-être trop éloignés ou appartenant à des programmes constructifs antérieurs ou plus tardifs.

Il est probable que l'orientation de la grange fut déterminée en partie par les vents dominants venant du nord-ouest. En effet, pour des toitures d'une telle superficie, il importe que les vents dominants frappent la toiture perpendiculairement aux versants, et non de biais, de façon à mieux répondre aux poussées, celles-ci « glissant » sur le toit. La faible hauteur du mur gouttereau au nord-ouest, face aux vents, contrairement au sud-est, permet aussi de limiter cette prise aux vents. Comme on le verra plus loin, d'autres éléments permettent de penser qu'une réflexion globale sur cette éventuelle exposition aux vents a déterminé aussi la l'excavation des murs de la grange.

Par commodité, on désignera le mur gouttereau nord-ouest par le gouttereau nord, le gouttereau sud-est par le gouttereau sud, le pignon sud-ouest par le pignon ouest et le pignon nord-est par le pignon est.

La grange est subdivisée longitudinalement en une nef centrale de 8,28 m de large et deux bas-côtés larges de 3,85 m chacun. Les bas-côtés sont séparés du vaisseau central par deux rangées de grandes arcades retombant sur huit piles maçonnées de section carrée, définissant ainsi neuf travées d'égales longueurs, de 3,84 m.

Les murs pignons ouest et est sont épaulés par d'épais contreforts saillants disposés, en façade, dans le prolongement des arcades et en retour d'équerre aux angles du bâtiment. Ils définissent ainsi en façade la tripartition de l'espace intérieur. Les murs gouttereaux sont dépourvus de contreforts en raison de leur faible hauteur et d'une reprise des charges limitées. Ces derniers sont épais de 1,03 m. tandis que l'épaisseur des murs pignons atteint 1,15 m à leur base.

Chaque mur pignon est percé d'une porte charretière ouvert sur le bas-côté sud, destiné donc à être l'unique couloir de circulation à l'intérieur de la grange. Le sol d'origine de ce couloir est

d'ailleurs constitué d'une terre compacte battue à la chaux, contrairement à la nef centrale et au bas-côté nord, pour faciliter vraisemblablement le charroi.

2.2. Les élévations (fig. 7 à 9)

La grange a été construite sur une forte déclivité du terrain, incliné de 4 % du nord-ouest vers le sud-est. La grange a donc été en partie excavée de façon à pouvoir compenser cette inclinaison naturelle et obtenir ainsi un sol intérieur presque horizontal, même si on constate qu'il subsiste au sol une pente de 1,4 % d'un pignon à l'autre. L'excavation de la grange, sur un terrain en pente, explique donc les nombreuses différences de hauteur mesurées extérieurement sur les murs, notamment sur le mur gouttereau nord et le mur pignon ouest qui marque une différence de 1 m de hauteur d'une extrémité à l'autre.

L'encaissement de la grange explique aussi l'humidité des murs dont la base descend en dessous le niveau du sol extérieur, parfois jusqu'à 1,25 m dans l'angle nord-ouest. Les nombreuses reprises de maçonneries survenues au cours des siècles sont liées d'ailleurs principalement à des infiltrations situées sous le niveau du sol extérieur.

Édifiés toujours en assises horizontales, les maçonneries sont toutes en moyen appareillage de pierres calcaires taillées selon quatre hauteurs d'assise distinctes et marquées de I à IIII au ciseau dans l'ordre croissant : 18,3 cm, 21,3 cm, 24 cm et 27 cm. Les faces apparentes des pierres calcaires ont été dressées soit par layage soit par un marteau brettelé. Extérieurement, il existe sur tout le pourtour de l'édifice, deux à trois assises de grès situées au niveau du sol et qui suivent le dénivelé du terrain (fig. 10-11). Ces grès permettaient de renforcer la base des murs afin de mieux résister au ruissellement des eaux de pluie au niveau du sol.

En pignon et aux angles de l'édifice, les contreforts présentent un empattement, c'est-à-dire une petite surépaisseur de 6 cm sur chacune des faces. Les contreforts d'angle jumelés en équerre ne possèdent qu'une seule retraite talutée avec larmier, tandis que les deux contreforts de façade, situés dans l'axe des arcades, en présentent deux. Ces derniers montent jusqu'à la retombée des charges de l'arcade qui vient intérieurement s'appuyer sur le pignon.

Les deux murs pignons, dont le faîte s'élève à 15,80 m. au point le plus bas pour le pignon ouest, et à 16,45 m pour le pignon est, présentent tous deux une retraite talutée au tiers inférieur du mur (fig. 12-13). Les deux murs gouttereaux ont également une retraite, droite, de 4 cm seulement, à 1,67 m sous la corniche.

La partie haute de chaque pignon est percée de deux lancettes, c'est-à-dire deux baies jumelées très élancées couvertes chacune d'un arc en tiers point. La voussure ainsi que l'appui de ces baies sont légèrement ébrasées par un ressaut vers l'intérieur pour donner plus de lumière, alors que les embrasements verticaux latéraux ne le sont aucunement et restent perpendiculaires aux murs. Un chanfrein court sur l'arête extérieure des piédroits de ces baies ainsi que sur leurs arcatures.

Au sommet de ces murs gouttereaux, la corniche est soutenue par une suite de modillons moulurés mais non sculptés (fig. 10).

A l'intérieur, les neuf grandes arcades disposées en deux rangées parallèles retombent sur des piliers de section carrée (fig. 14-16). Ces piles possèdent un empattement à leur base, de hauteur variable selon les piles, et des arêtes chanfreinées sur toute leur hauteur jusqu'à un ressaut chanfreiné situé à la retombée des arcades. Celles-ci ont un profil d'arc brisé surbaissé, non en tiers-point, et présentent un unique rouleau chanfreiné aux arêtes.

Outre son caractère esthétique, le ressaut présent à la retombée des arcades servait à supporter en partie l'extrémité du cintre en bois qui portait les pierres pour la construction de l'arcade. Sur le ressaut de la 5^{ème} pile nord, le mortier en cours de séchage a conservé le négatif des planches du cintre qui était posé dessus (fig. 17).

Sur l'intrados des grandes arcades et en parties hautes des murs pignons, côté intérieur, des restes d'enduits ont été observés en quantité recouvrant la surface de l'appareillage maçonné (fig 18). D'autres vestiges de cet enduit ont été repérés sur les piles, à l'état de fragments, et sur le flanc des arcades. De part son état de conservation et le fait que cet enduit se retrouve en toutes parties des élévations, à l'intérieur de l'édifice, on peut avancer que la grange était entièrement enduite à l'origine et que toutes les maçonneries étaient donc recouvertes par cet enduit de couleur beige-ocre uni. Dans l'état actuel des connaissances, nous ignorons si cet enduit avait une fonction protectrice des maçonneries ou une fonction purement esthétique. En tout état de cause, ce cas de figure est unique pour une grange médiévale.

Sur le mur gouttereau nord, sur sa face interne, à 3 m de son extrémité est et à 1,35 m de hauteur, on peut observer des tracés gravés dans la pierre avec une fine pointe métallique représentant quatre axes rectilignes entrecroisés et trois arcs d'ouvertures distinctes (fig. 19). Leur usure ainsi que leur positionnement à hauteur d'homme entre des trous de boulins destinés à l'échafaudage d'origine du mur gouttereau, nous incitent à penser que ces tracés peuvent être contemporains du chantier du XIII^e siècle et correspondre à des tracés d'épure. En effet, le tracé de l'arc le plus ouvert concorde très précisément, au centimètre près, au profil de l'arc des grandes arcades, et l'axe horizontal, entre les points de rencontre des autres traits verticaux, correspond au rayon du cercle qui sert à tracer cet arc. Ce tracé est basé sur une mesure étalon de deux pieds à 64 cm (2 x 0,32 m) qui se retrouve dans l'ouverture de l'arcade à sa base (3,84 m = 6 x 0,64 m), soit 6 unités ou 12 pieds, comme dans le tracé de l'arc (2,56 m = 4 x 0,64 m), soit 4 unités ou 8 pieds dont le centre du cercle est placé aux deux tiers de l'ouverture de l'arcade. Si ce dessin d'épure a permis de retrouver la technique de tracé des grandes arcades, les autres arcs gravés ainsi que le positionnement des axes rectilignes demeurent encore énigmatiques et ne sont pas encore élucidés mais ils doivent vraisemblablement servir au tracé d'autres éléments architecturaux de la grange. Il faut enfin souligner le fait que de tels tracés d'épure du XIII^e siècle restent à l'heure actuelle exceptionnels dans la mesure où ils sont extrêmement rares et qu'en l'occurrence, ici, ils peuvent être mis en rapport avec les éléments architecturaux qu'ils ont permis de réaliser.

Dans le mur gouttereau sud, le long du couloir de circulation, on peut observer une niche située à 13,80 m de l'entrée ouest, en face la 6^{ème} pile et à 1,66 m du sol actuel (fig. 20-21). Profonde de 48 cm et large de 54 cm, cette niche d'origine devait servir à entreposer quelques objets utiles aux ouvriers et non pas à l'éclairage pour poser une lampe comme cela a été souvent avancé. En effet, les lancettes des pignons suffisent largement à l'éclairage de la grange et l'emplacement de la niche derrière une pile comme la présence d'une lampe au sein d'une grange pleine de paille sont des arguments qui plaident en faveur d'une autre fonction.

Plus loin, dans ce même mur, une fenêtre a été percée vraisemblablement à l'époque moderne pour apporter davantage de lumière dans le couloir de circulation (fig. 22-23). Les montants d' huisserie en bois de cette baie sont encore en place et montrent que la fenêtre était pourvue d'une imposte à claire-voie. Des barreaux métalliques ont été rapportés au début du XXe siècle pour clore cette baie.

Sur les murs en partie haute, généralement sous le niveau des sablières, on peut lire de nombreux graffiti. La plupart d'entre eux, d'époque moderne, évoquent un nom associé à une date avec parfois le témoignage d'une bonne récolte de blé (fig. 24). Les plus originaux concernent les signatures et matricules de militaires de la Grande Guerre.

D'autres graffiti, plus rares et d'un autre ordre, peuvent logiquement être attribués au XIIIe siècle (fig. 25). Deux en l'occurrence, étaient encore recouverts en partie par l'enduit qui tapissait à l'origine les maçonneries. Il s'agit probablement d'une marque de tacherons, signature du tailleur de pierre. Les autres inscriptions concernent des rosaces, gravées dans la pierre au compas, qui se rencontrent en grand nombre sur toutes les maçonneries. Elles sont généralement situées à hauteur d'échafaudage comme sur le mur pignon est, à un niveau correspondant à un étage de l'échafaudage d'origine, d'après la disposition des trous de boulins. D'autres rosaces sont situées précisément au-dessus de l'extrados des grandes arcades ou entre deux arcades, au-dessus du ressaut d'une pile. Toutes ces rosaces situées en hauteur ont été vraisemblablement gravées lors du chantier de construction, en correspondance avec les niveaux des trous de boulins de l'échafaudage.

2.3. Les portes

Les deux portes charretières qui s'ouvrent à chaque extrémité du couloir de circulation dans le bas-côté sud sont presque identiques (fig. 26-27). Larges de 3,03 m, et hautes de 3,71 m à l'est et de 4,04 m à l'ouest, elles sont couvertes chacune d'un arc en plein cintre, légèrement segmentaire, à unique rouleau chanfreiné. Face interne, chacune des deux portes conserve encore le linteau en chêne d'origine, de 25 x 26 cm de section, profondément ancré aux extrémités dans les montants maçonnés, derrière un second arc segmentaire rehaussé à l'ouest et en dessous de cet arc à l'est. Au droit du montant droit et gauche de la porte, au pignon est comme au pignon ouest, le linteau est percé en sous-face d'une mortaise circulaire de 11,1 cm de diamètre, profonde de 12 cm, avec comme répondant à la verticale, dans le seuil en grès, un logement circulaire correspondant pour recevoir l'axe tournant de chaque ventail. Chacune des deux portes se constituait donc de deux vantaux ou battants pivotant sur un axe circulaire vertical logé en tête dans le linteau et en pied dans le seuil. Ces vantaux s'ouvraient vers l'intérieur.

2.4. Les auvents

Extérieurement, au-dessus de chaque porte de la façade ouest et est, plusieurs logements destinés à des poutres ont été observés (fig. 28). Disposés différemment des trous de boulins, liés à la

mise en place de l'échafaudage du chantier, et de section plus forte, ces logements contenaient encore pour certains d'entre eux des poutres en place, ancrées dans les maçonneries entre 70 et 85 cm de profondeur. Lors de leur extraction pour analyse dendrochronologique, il a pu être constaté que ces bois correspondaient exactement en section au logement qu'ils occupaient et ils étaient pris dans le mortier des maçonneries. Comme l'ont confirmé par ailleurs ces analyses, ces bois appartiennent à une structure charpentée mise en place lors de l'édification des murs de la grange et que ces éléments sont bien en place.

Pignon oriental

Malgré les restaurations du mur qui ont fait disparaître au moins deux de ces logements, les relevés ont fait apparaître quatre logements dont deux seulement contenaient encore leur bois : deux sur le flanc sud du contrefort latéral (16 x 18 cm et 15 x 16 cm de section) et deux autres en pignon (18x18 cm et 15 x 17 cm de section). En complément de ces bois, un larmier maçonné est conservé entre le contrefort et la rive du toit, à 2,55 m au-dessus de l'arc de la porte.

Suite à plusieurs essais de restitution, il est apparu que ces éléments appartenaient à une charpente en appentis pour servir d'auvent de protection à l'entrée (fig. 29). En partie basse, cette charpente était constituée d'une plate-forme (deux sablières) soutenue par deux consoles dont le chapeau (pièce horizontale) était ancré dans le mur. L'une des sablières était logée dans le flanc du contrefort. En partie haute, une sablière était portée par deux corbeaux également profondément ancrés dans le mur et dans le contrefort. Sur ces sablières venaient s'appuyer une série de chevrons, fixés vraisemblablement par chevillage, avec un versant fortement incliné en pignon, et un retour de versant dans le prolongement de celui de la grande toiture.

Pignon ouest

Les mêmes observations ont été constatées, à quelques détails près. Ici, le larmier maçonné est inexistant au faîte de l'auvent et les corbeaux de la partie haute sont disposés plus bas que sur l'autre versant. Les logements inférieurs (18,7 x 16 cm et 18 x 18 cm de section) correspondent également aux chapeaux de deux consoles qui supportaient une plate-forme d'appui pour une série de chevrons. Les logements supérieurs (12 x 13 cm) de plus faible section servaient à l'ancrage de corbeaux pour soutenir la sablière haute de la toiture. L'un des corbeaux ressorti de son logement est un réemploi d'un ancien linteau de porte qui conservait encore l'extrémité de l'axe du vantail dans sa mortaise circulaire (fig. 28).

Ces deux auvents en appentis qui couvraient dès l'origine chaque entrée de la grange avaient pour fonction de protéger la porte des intempéries et aussi, très probablement, pour abriter le travail de battage des blés qui se pratiquait généralement à l'entrée des granges pour profiter de la ventilation et de la lumière.

2.5. Les échafaudages

Intérieurement comme extérieurement, les murs sont percés de façon régulière par des séries verticales de trous de boulins, ménagés entre de deux pierres de taille, et destinés aux perches des échafaudages voués à la construction des murs. Celui relevé sur la face interne du mur gouttereau nord montre une série de perches verticales espacées tous les 2,80 - 3,40 m environ, étayées horizontalement à 2,20 m en moyenne et ensuite à 1,30 m du premier niveau.

Cette hauteur d'homme respectée par le premier niveau d'étalement de l'échafaudage s'explique par la hauteur maximale de levage des pierres sans échafaudage et aussi par les nécessités de circulation en pied de mur. Cet espace de libre circulation a été mise à profit par le maître d'œuvre pour réaliser sur ce mur ses tracés d'épure notamment pour les grandes arcades de la nef.

3. La charpente

A l'issu des relevés exhaustifs de la charpente, il est permis de dire que l'ensemble de la structure se trouve dans un très bon état de conservation. Très peu d'altérations l'ont modifiée, tant dans l'état sanitaire des bois (humidité, attaques fongiques et xylophages) que dans l'état structurel où l'équilibre statique s'est maintenu au niveau des assemblages et des dispositifs. Seules les deux dernières travées ouest du bas-côté sud ont connu des remaniements à la fin du Moyen Âge du fait probable de l'adjonction d'un édifice contre la toiture, dans le prolongement de la bergerie. Les restaurations menées à partir des années 1970 par l'architecte en chef des Monuments Historiques Jean-Pierre Paquet n'ont touché que les sablières, essentiellement les sablières extérieures des bas-côtés et quelques éléments de pied de ferme près du pignon ouest. En dehors de ces interventions, l'ensemble de la charpente d'origine est en place.

3.1. Les bois

Tous les bois qui ont servi à l'édification de cette charpente ont été taillés dans du chêne, en bois de brin, c'est-à-dire en préservant le cœur de l'arbre dans chaque pièce, équarris à la hache (doloire). Aucune trace de scie n'a été observée, ni en face longitudinale, ni en about de pièce. Les extrémités des pièces comme les blochets par exemple, bien visibles à l'œil nu, ont en effet été taillées à la hache (fig. 30).

Sur de nombreuses pièces, on distingue parfois quelques coups de hache régulièrement espacés de 30 à 40 cm, très large et peu profondes, transversales ou fortement inclinées par rapport à l'axe du bois (fig. 31). Ces traces correspondent aux coups de hache préliminaires à l'équarrissage, donnés perpendiculairement au fil du bois à espaces réduits et réguliers, pour faciliter ensuite le retrait des copeaux pratiqués dans le sens du fil et de façon à éviter un départ accidentel trop profond de fibres.

L'une des grandes particularités de cette charpente est d'avoir été réalisée essentiellement avec des bois tors avec de nombreux flaches (arrondis de la surface du bois liés aux dépressions du tronc non corrigées à l'équarrissage) le long des bois, et parfois de l'écorce encore conservée (fig. 32). De même, on constate que pour un type de pièce donné au sein de la charpente, la section varie amplement et qu'il était difficile pour les charpentiers d'obtenir une grande quantité de bois de même section. Cette proportion de bois tors et ces variations de section supposent une difficulté manifeste d'approvisionner le chantier en bois de bonne qualité et que, malgré les moyens conséquents mis à leurs dispositions, les charpentiers ont dû se contenter des seuls bois qui leurs étaient disponibles, probablement dans les forêts appartenant à la léproserie, à proximité du chantier.

Si la torsion des bois peut être considérée comme un handicap structurel, ici, les charpentiers ont su en faire bon usage et l'exploiter avec une grande intelligence. Ce défaut s'observe sur tous les bois à l'exception des sablières qui elles, nécessitent une rectitude longitudinale aussi bien dans le plan vertical qu'horizontal. Les poinçons sont également des pièces droites du fait de l'assemblage d'éléments sur ses quatre faces. Le plus souvent, pour les autres pièces, cette torsion a été corrigée uniquement sur un seul plan comme les chevrons qui demeurent rectilignes dans le plan longitudinal de la toiture (pour les besoins du voligeage et de la couverture) alors qu'ils sont tors sur leurs flancs. Idem pour les pannes (fig. 33). Les liernes de la nef sont également planes horizontalement pour porter de niveau les entrails retroussés alors qu'elles sont torses sur leurs flancs.

Dans la plupart des cas, la courbure d'un bois a été mise à profit pour améliorer sa résistance à certaines contraintes comme les entrails, de forme convexe, pour lutter comme sa flexion ou les arbalétriers pour résister à la compression des pannes. Comme on le verra par la suite dans le détail, la plupart des bois tors sont orientés dans la charpente de telle sorte que leurs courbures soient « valorisées » pour répondre plus efficacement aux contraintes qu'ils subissent ou pour éviter des obstacles comme les poteaux des bas-côtés dont la torsion permet d'éviter le ressaut des piles (fig. 33).

Les bois ont été mis en place peu de temps après leur coupe, vraisemblablement dans l'année qui a suivi leur abattage. Plusieurs indices permettent de l'affirmer comme la déformation des marques d'assemblage ou des trous de cheville par des fentes de séchage qui se produisent peu de temps après la mort de l'arbre à cause du retrait.

3.2. La nef (fig. 34)

La charpente de la nef est du type à chevrons-formant-fermes c'est-à-dire que chaque chevron est assemblé au chevron du versant opposé par des pièces secondaires pour former une ferme. Les 80 fermes qui la composent sont de trois types distincts : les fermes principales assises au droit des piles, les fermes intermédiaires situées en milieu de travée et les fermes secondaires disposées entre les précédentes. Leur répartition définit 9 travées, chacune constituée d'une ferme principale, d'une ferme intermédiaire et de 6 ou 7 fermes secondaires. Leur distribution s'articule en fonction de la trame des grandes arcades pour une meilleure répartition des charges de la charpente sur les piles.

Par commodité, la numérotation des fermes débute au pignon oriental à la ferme 1, celle qui est flanquée contre ce pignon, et progresse vers l'ouest jusqu'à la ferme 10 située contre le pignon ouest, subdivisant ainsi les neuf travées de la charpente.

Le plan et l'espacement des fermes (fig. 35)

Les deux murs soutenus par les grandes arcades et sur lesquels s'appuie la charpente de la nef sont larges de 0,93 m. au sommet et sont espacés de 8,39 m.. Cette dernière mesure correspond à la portée des entrails et à l'espacement des sablières internes, du mur nord au mur sud.

Les 9 neuf travées de la charpente n'ont pas toutes la même longueur. La première et dernière travée, situées contre les deux murs pignons, sont plus courtes de 50 cm environ que les autres travées qui, elles, sont presque toutes de même longueur, entre 4,44 m et 4,56 m à l'entrevous des entrails. Cette réduction est due au fait que les grandes arcades, au droit des pignons, ne retombent pas sur des piles, mais sur des culots intégrés aux maçonneries. Elles viennent donc se noyer dans le mur ce qui entraîne une réduction de l'épaisseur d'une pile pour la longueur de travée correspondant.

Par ailleurs, les longueurs de travée varient de 2 à 4 centimètres d'un mur à l'autre du fait des déformations naturelles des bois et de l'équarrissage des pièces. Ces petites variations s'observent notamment au niveau de l'espacement des fermes qui oscille sans cesse entre 29 et 39 cm et semble ne pas répondre à des mesures fixes. Ces variations découlent là aussi de la nature des bois, de sections hétérogènes, avec par exemple des largeurs des chevrons qui varient entre 16 et 21 cm avec une moyenne de 18 cm. Cependant, en dépit de toutes ces différences de sections et d'espacements, on constate que l'espacement des fermes est défini par un entraxe des chevrons fixé précisément à 53,7 cm (+/- 2 cm) pour l'ensemble de la charpente. Du fait de la largeur plus forte des entrails (32 cm) ou des blochets des fermes intermédiaires (19 cm) par rapport aux blochets des fermes secondaires (16 cm), les écartements entre les fermes, de face latérale à face latérale, varient selon la position de ces différentes fermes. Ainsi, l'espacement moyen entre deux fermes secondaires est de 38 cm en moyenne, mais il est légèrement plus faible entre une ferme secondaire et une ferme intermédiaire, et encore beaucoup plus entre une ferme secondaire et une ferme principale, à 31 cm en moyenne. Ainsi, en dépit de la disparité apparente des espacements des fermes, celles-ci sont pourtant réparties selon un entraxe fixe de 54 cm environ (exactement 53,7 cm) c'est-à-dire l'écartement des chevrons d'axe en axe, quel que soit le type de ferme et la travée.

Cette valeur a été obtenue simplement en divisant la longueur totale de la charpente (42,42 m d'axe en axe de la première et dernière ferme) par le nombre de fermes (80 - 1 pour leur écartement). La retraite de 20 cm observée dans les deux murs pignons, juste sous le niveau des sablières, permet aux deux fermes principales situées à chaque extrémité de la charpente d'avoir l'axe de leur chevron placé précisément dans l'axe vertical de la face de ces murs. Ainsi, la longueur totale de la nef, mesurée du mur pignon oriental à l'autre correspond précisément à la longueur totale de la charpente en partant de l'axe de la première ferme à l'axe de la dernière. Cette disposition n'est certainement pas due au hasard et résulte vraisemblablement d'une concertation intelligente des maîtres maçons et charpentiers pour simplifier le travail de cotation et de mise en oeuvre des structures maçonnées et charpentées. De fait, on constate que l'emplacement des piles des grandes arcades, liées forcément à l'implantation des fermes principales et *vice-versa*, obéit à cette cotation

puisque l'espacement de 4,82 m des piles d'axe en axe, est un multiple de 53,7 cm et qu'il détermine une répartition homogène de 9 fermes selon cet écartement.

Le respect de cette mesure dans l'implantation des fermes, notamment des fermes principales qui, comme les piles, répondent à des subdivisions régulières, permet d'expliquer le décalage observé de façon systématique entre les fermes intermédiaires, en milieu de travée, et l'extrados des grandes arcades. Si, visuellement, ce décalage de 30-40 cm semble maladroit tant sur le plan esthétique que pour la répartition des charges sur les arcades, il s'avère que cette disposition témoigne avant tout de la volonté d'appliquer prioritairement la mesure-étalon voulue pour l'entraxe des fermes, tous les 53,7 cm. Subdivisant la travée en 8 fermes, et 7 aux extrémités, cette cote ne permet pas en effet de placer une ferme médiane en milieu de travée exactement dans l'axe vertical de l'extrados de l'arcade, mais à plusieurs dizaines de centimètres. Bien que cette ferme intermédiaire transmette des charges importantes au dévers du point le plus résistant de l'arcade, le respect de cette valeur d'entraxe des fermes est apparu prioritaire par le maître charpentier dans le choix de ses options.

Ce choix s'explique peut-être par les matériaux de couverture. En effet, l'espacement moyen des fermes de 36 cm, de face à face, ainsi que la largeur moyenne de 18 cm des chevrons permettent une fixation efficace d'un lattis, réalisé vraisemblablement pour cette époque de lattes de chêne fendues. Si la portée entre les chevrons eut été trop importante, les lattes auraient inéluctablement fléchi sous le poids des tuiles, entraînant irrémédiablement des infiltrations.

Les sablières et le système des cales

Les deux murs soutenus par les grandes arcades présentent chacun au sommet une largeur de 93 cm. Sur chacun de ces murs, la charpente s'appuie sur une plate-forme constituée de deux cours continus de sablières de 12 x 18 cm de section, posées à plat, espacées l'une de l'autre de 55 cm, et reliées entre elles par des entretoises (fig. 36). Les sablières internes, placées vers l'intérieur de la charpente par rapport à la sablière externe, sont disposées au raz du mur, son flanc à la verticale de la face du mur.

Les sablières sont assemblées bout à bout par des entures biaises crantées, bloquées par une cheville verticale (fig. 37). On dénombre 8 pièces en tout pour un seul cours de sablières filant d'un pignon à l'autre avec des longueurs très variables. Elles mesurent entre 2,60 m pour la plus courte et 10,13 m pour la plus longue, même si on compte en fait trois pièces seulement de longueur exceptionnelle de 9 à 10 m. La plupart d'entre elles sont comprises entre 4 et 6 m, réparties le long du mur de façon à n'être jamais assemblées sous un blochet ou un entrait. Pour chaque plate-forme, au nord comme au sud, les sablières internes et externes sont disposées en quinconce en fonction de leur longueur, pour renforcer la stabilité des sablières sous la poussée des fermes, et en évitant de mettre deux assemblages côte à côte qui auraient inévitablement entraîné leur rupture.

L'inclinaison de ces entures permet de retrouver le sens d'assemblage des sablières et donc le sens de levage de ces bois. Cependant, comme ce sens diffère à chaque cours de sablières, l'étude du levage sera abordée dans sa globalité dans un chapitre suivant.

Les sablières internes et externes de chaque plate-forme sont reliées entre elles par des entretoises de 11 x 11 cm de section, assemblées perpendiculairement aux sablières par des mi-bois à

deuxième queue d'aronde. Ces entretoises sont réparties le long des sablières de façon régulière tous les 3 à 4 m, entre les fermes et selon l'emplacement des entures. Elles permettent de maintenir l'écartement des sablières tout en renforçant la stabilité de la plate-forme de réception des fermes. En effet, outre quelques rares endroits comme l'extrémité est de la plate forme nord, les sablières n'ont pas "glissé" sous la poussée des fermes et le dispositif a parfaitement lutté contre ces fortes pressions.

Comme on le verra plus loin également pour la plate-forme du bas-côté nord sur les trois travées orientales, la plate-forme sud de la nef, sur les quatre premières travées orientales, présente un dispositif tout à fait original. Uniquement sur ces quatre travées, les sablières ne reposent pas directement sur le mur mais sur des cales en bois réparties de façon homogène aussi bien sous le cours de sablières internes que sous celui des sablières externes (fig. 38). Elles sont présentes nécessairement au-dessous de chaque enture de façon à éviter la rupture de l'assemblage qui nécessite pour fonctionner correctement un support plan.

Ces cales sont de deux types. Les premières sont larges de 8 à 15 cm, hautes de 3 cm et relativement courtes puisqu'elles ne servent à caler qu'une seule sablière (fig. 38c). Les secondes sont larges de 13 cm, hautes de 3 cm, et suffisamment longues pour passer à la fois sous la sablière interne et la sablière externe (fig. 38a et b). Elles débordent en général de 12 cm au-delà de la sablière interne et du mur, et présente une surépaisseur de 9 cm, taillée en quart de rond et chanfreiné aux arêtes, qui sert à travailler en butée contre le mur. Ces cales ne sont ni assemblées ni chevillées aux sablières.

Sur la nef, les cales sont présentes uniquement au sud, sur les quatre travées orientales. Elles disparaissent subitement dans la quatrième travée et les sablières passent d'un niveau surélevé de 3 cm au plat du mur en fléchissant sur deux mètres.

La fonction de ces cales est difficilement explicable. En surélevant les sablières à 3 cm au-dessus du mur, celles-ci ont perdu leur appui sur les murs et leur capacité de résister aux poussées latérales des fermes par leurs frottements sur les maçonneries. Pour compenser cette faiblesse, le débord de certaines cales est taillé avec un retour qui vient en butée contre le mur mais ces cales ne sont pas fixées aux sablières, ce qui rend ce dispositif inutile. On est tenté de croire que ces cales servaient uniquement à rehausser la charpente sur son flanc sud. Cependant, relever le pied sud des fermes de 3 cm seulement, en raison des dimensions grandioses de la structure, de la portée de 8,40 m des fermes, il semble bien que ce rehaussement soit également inutile, la flexion des bois pouvant largement compenser ce défaut du niveau des sablières. Ainsi, si ce rehaussement est d'ordre structurel, il ne peut s'expliquer non pas en fonction du versant opposé mais avec le raccord des demi-fermes du bas-côté sud, puisque les chevrons des bas-côtés sont assemblés à ceux de la nef dans leur prolongement. Ils se doivent donc d'être alignés, avec nécessairement les pieds de fermes de la nef positionnés à bonne hauteur. Ceux-ci doivent être alignés longitudinalement et disposés à une hauteur précise, au centimètre près, pour assurer l'assemblage des chevrons et il est probable que le niveau de l'entablement du mur sud, sur cette portion, n'était pas « de niveau » pour assembler correctement les chevrons du bas-côté à ceux de la nef sur ce versant.

Les fermes principales (fig. 39 et 40)

Au nombre de 10, chacune disposée au droit des piles et contre les murs pignons (voir ci-dessus), ces fermes principales sont toutes identiques entre elles. Par convention, rappelons-le, elles

sont numérotées dans notre plan de l'est vers l'ouest. Ces fermes principales se caractérisent par la présence d'un entrain à leur base. Les autres éléments présents dans ces fermes découlent en partie de la présence de cet entrain. Elles sont en effet constituées d'un poinçon, de deux poteaux, d'un couple d'arbalétriers, mais aussi comme les autres fermes d'un couple de chevrons, inclinés à 49,3°, raidis par deux faux-entrains et deux jambes de force, et en complément deux étrésoillons qui servent à porter le cours des pannes.

Les fermes principales sont les éléments raidisseurs essentiels d'une charpente de ce type. Par leur constitution, elles maintiennent l'écartement de la charpente à sa base, et récupèrent l'essentiel des charges des travées grâce aux pièces longitudinales (pannes, liernes et écharpes) qui convergent sur elles. Pour ces raisons, elles sont disposées aux points les plus résistants des murs, c'est-à-dire au droit des piles des grandes arcades et contre les murs pignons.

D'une portée de 8,36 m dans l'œuvre des murs, assemblés sur les sablières à une hauteur variant entre 10,20 m du sol à l'est et 9,73 m à l'ouest, l'entrain constitue non seulement l'élément majeur pour la ferme principale dans sa fonction et sa composition structurelle mais également la poutre la plus grande de toute la charpente. Longue de 10,30 m, cette pièce présente une section moyenne de 32 x 32 cm aux extrémités et une section de 40 x 40 cm en milieu de portée. La taille de ce bois a donc été réalisée de façon à préserver le plus de matériau au milieu de la pièce qu'à ses extrémités. Ce choix répond en effet à trois exigences conjointes. La première suppose que l'entrain doit résister à l'écartement des chevrons, lutter en traction et donc conserver une section suffisante pour répondre à cette contrainte. La seconde est liée à la portée de cette pièce. Pour franchir plus de 8 m de portée, la pièce doit résister à sa flexion et éviter qu'elle se déforme ou se fissure sous l'effet de son propre poids. Ainsi, paradoxalement, plus la poutre est de forte section plus elle est résistante. Enfin, la raison primordiale tient dans le principe de circulation des charges de cette charpente. Comme on le verra plus loin, l'entrain récupère par l'intermédiaire des poteaux des charges importantes, véhiculées par les pannes. Les charges verticales que l'entrain récupère ne peuvent être compensées que par sa section en offrant au pied des poteaux suffisamment de matériau pour résister à cette compression.

Ces entrains sont assemblés aux extrémités, en sous-face, aux doubles sablières par des entailles à queue d'aronde (fig. 41). L'orientation de ces entailles assure une résistance à la traction de l'entrain, nécessaire dans sa lutte contre l'écartement des fermes à leur base et la flexion de l'entrain.

La plupart des entrains de fermes principales présentent une déformation naturelle assez remarquable et que l'on retrouve dans de nombreuses autres pièces de cette charpente (fig. 42). Cependant ici, on constate que cette déformation n'est pas due au hasard et qu'elle a été déterminante dans la sélection de l'arbre lors de son abattage. En effet, ces entrains présentent tous une courbure générale convexe avec un bombement très prononcé tourné vers le haut. Ainsi, la courbure de l'entrain participe aux efforts de résistance contre sa propre flexion.

En raison des 8,70 m de longueur des chevrons, leur section varie d'une extrémité à l'autre. Leur base est de 15 x 18 cm en moyenne, en étant posés à plat (la face la plus large servant à la fixation du lattis, les flancs du chevron de plus faible largeur), alors que leur tête est de 13 x 16 cm en moyenne. Ils sont assemblés en tête dans le poinçon et en pied dans le prolongement du chevron des bas-côtés.

L'assemblage de tête est très original (fig. 43 et 44). Il s'agit d'un assemblage à mi-bois qui conserve une prolongation avec une joue perpendiculaire à l'axe du poinçon. Ce prolongement permet au chevron de travailler en butée contre le poinçon tout en lui assurant une retenue pour lui éviter de

« glisser ». De même, ce prolongement participe à la suspension du poinçon. Cet assemblage offre l'avantage d'un tenon-mortaise sans son inconvénient majeur qui suppose une mise en place simultanée des deux bois. Cet assemblage concilie donc les avantages du tenon-mortaise et du mi-bois.

A son extrémité inférieure, située en dessous du niveau de la ferme (fig. 45), dans le bas-côté, le chevron présente une enture biaise chevillée, orientée de telle sorte que le chevron du bas-côté vient en appui sur celui de la nef. Le chevron franchit donc l'entrait (fig. 46a) et ne repose donc pas complètement dessus comme c'est généralement le cas. Le chevron est donc entaillé à mi-bois, comme l'entrait sur sa face ouest (fig. 46b), avec comme précédemment au départ du mi-bois, une prolongation du chevron avec une joue en retour d'équerre, perpendiculaire à l'axe du chevron. Là aussi, ce prolongement assure au chevron une retenue, lui évitant tout « glissement ».

Les deux chevrons de la ferme sont raidis en deux points équidistants par deux faux-entrails assemblés aux extrémités par tenon-mortaise (fig. 47). La gorge des tenons n'est pas dans l'axe de l'entrait mais s'incline pour être perpendiculaire à l'axe du chevron (fig. 48) de façon, d'une part, à faciliter l'engagement des bois au levage et, d'autre part, à permettre l'appui du chevron sur le faux-entrait sans risque de rupture du tenon, en respectant le sens de compression dans la forme de l'assemblage.

Ces deux faux-entrails, de 17 x 15 cm de section pour le faux-entrait inférieur et 15 x 13 cm pour le faux-entrait supérieur, en moyenne, assurent le raidissement des chevrons en compensant mutuellement leur flexion. Ils permettent aux chevrons de lutter contre leur fléchissement sous le poids de la couverture et sous aussi leur propre poids. Les charges de compression que les faux-entrails récupèrent s'annulent réciproquement par simple opposition des forces. Ces pièces sont donc sous tension.

En pied, les chevrons sont étayés par une jambe de force de 14 x 15 cm de section, assemblée en pied dans l'entrait par tenon-mortaise et en tête, dans le chevron, par un embrèvement biais, chevillé par l'extérieur (fig. 49), c'est-à-dire avec une cheville enfoncée par la face externe du chevron. Cet embrèvement biais offre le double avantage de pouvoir être mis en place dans un second temps et de se mettre en tension lors de son enfoncement en force.

Parallèlement aux chevrons, deux arbalétriers sont assemblés en pied dans l'entrait et en tête dans le poinçon par tenon-mortaise. Il s'agit en général de bois extrêmement tors (fig. 50) et très flacheux (arrondis de la surface du bois liés aux dépressions du tronc non corrigées à l'équarrissage). La fonction de ces arbalétriers est double. La première est de porter en milieu de portée le cours d'une panne et de transmettre à la ferme principale les charges véhiculées par ces pannes. Pour cette raison, ces arbalétriers ont une forte section, en moyenne de 18 x 17 cm en pied à 16 x 15 cm en tête, avec une orientation du cintrage naturel du bois vers l'extérieur, de façon à répondre mieux aux efforts de compression imposés par la panne. La seconde fonction de ces arbalétriers est de renforcer les assemblages des chevrons aux faux-entrails, aux jambes de force, aux poteaux et aux étrépillons. Assemblés par mi-bois à toutes ces pièces, les arbalétriers contribuent à les maintenir en position, stabilisant leur assemblage aux chevrons, tout en garantissant également son propre raidissement. Du fait de son cintrage naturel et des charges de compression imposées par la panne, l'arbalétrier transmet au poinçon, sur ses faces latérales, des forces de compression, comme les chevrons. Comme on le verra plus loin, ces compressions latérales vont contribuer à tendre le poinçon, lui permettant de travailler en traction et non en compression sur l'entrait principal.

Les chevrons sont également assemblés à un couple de poteaux verticaux (fig. 51a-b), en moyenne de 17 x 17 cm à la base et de 14 x 15 cm de section en tête, fixés par un mi-bois à demi-

queue d'aronde parfois dissimulé par un recouvrement. En pied, ces poteaux sont fixés à l'entrait par un tenon-mortaise en forme de demi-queue d'aronde. La mortaise déborde en longueur de l'assemblage pour pouvoir engager le tenon et le bloquer par une cale dite « rossignol ». Cet assemblage permet de travailler en traction, de même que le mi-bois en tête, destiné à suspendre le poteau. Assemblé aussi par simple mi-bois à l'arbalétrier et au premier faux-entrait, ce poteau est en équilibre statique c'est-à-dire qu'il récupère autant de charges en compression, par le chevron qui plie sous son poids et celui de la couverture et par les charges véhiculées par la panne, qu'en traction par le fait qu'il est suspendu à d'autres pièces en tension (arbalétrier et faux-entrait) et qu'il résiste à la flexion de l'entrait principal. Il s'agit d'une pièce de sécurité mise en place pour renforcer la structure et surtout pour servir d'appui à l'étrésillon qui soutient la panne. Cette courte pièce, assemblée par mi-bois à demi-queue d'aronde au chevron et par tenon-mortaise dans le poteau, a pour fonction de retenir la panne, posée à plat sur l'arbalétrier. La fonction principale des mi-bois du poteau et de l'étrésillon répond très probablement du fait que ces deux pièces ont dû être placées dans un second temps lors de la mise en place des éléments au sein de la ferme et qu'il était trop difficile d'assembler l'ensemble des bois simultanément par tenon-mortaise. La panne est ainsi bloquée par l'arbalétrier et l'étrésillon, le tout maintenu par le poteau qui « retient » l'arbalétrier au chevron.

Enfin, la pièce maîtresse de la ferme principale, après l'entrait, réside dans le poinçon, véritable colonne vertébrale de la structure. Outre les liernes et les écharpes du dispositif longitudinal, le poinçon reçoit la plupart des pièces essentielles de la ferme. De forte section, en moyenne de 25 x 24 cm à la base et de 22 x 21 cm en tête, le poinçon est assemblé en tête aux chevrons et aux arbalétriers qui lui imposent de fortes charges de compression, à mi-hauteur par mi-bois aux faux-entrants en tension, et en pied à l'entrait par un tenon-mortaise en forme de demi-queue d'aronde bloqué par un rossignol, comme les poteaux.

L'ensemble des contraintes qui jouent sur ce poinçon définit le principe de la triangulation. Il s'agit d'un système de circulation des charges qui permet au poinçon de travailler en traction pour y faire suspendre l'entrait. En effet, l'handicap majeur d'une ferme de grande portée comme ici est d'avoir un entrait capable de résister à son propre poids. Celui-ci, du fait d'une longueur excessive, risque de fléchir et de se rompre d'où sa forte section et sa courbure convexe qui contribuent à lutter contre ce risque. Grâce à la triangulation, l'entrait peut être suspendu au poinçon, lui assurant ainsi la garantie d'une stabilité statique à long terme. Pour travailler en traction, le poinçon reçoit sur ses flancs les charges de compression des chevrons et des arbalétriers, lui imprimant ainsi une compression « en tenaille » lui assurant une suspension efficace. Maintenu par l'assemblage des deux faux-entrants en tension, le poinçon peut dès lors retenir en pied l'entrait grâce au tenon en forme de demi-queue d'aronde.

Cette suspension est renforcée par une suspente qui entoure l'entrait comme le bras d'une pince en l'épousant sur la moitié de son profil ouest (fig. 43 et 52a-d). Elle est assemblée astucieusement au poinçon et à l'entrait par deux forts ressauts en forme de trapèze en queue d'aronde, à la manière d'un tenon, profonds de 3 cm et engagés dans des entailles de forme identique. Ces queues d'aronde sont inversées de telle sorte qu'elles travaillent en traction mutuellement pour la suspension de l'entrait au poinçon. Quatre grosses chevilles circulaires de 4 cm de diamètre traversent de part et d'autre ce dispositif pour maintenir la suspente engagée dans l'entrait et le poinçon. Du fait de sa position centrale sur l'entrait, particulièrement visible, la suspente a été très travaillée avec des arêtes chanfreinées et en partie inférieure une « pomme » sculptée aux angles rabattus.

Les fermes intermédiaires (fig. 53)

Situées au centre de chaque travée, à l'emplacement de la quatrième des huit fermes qui l'occupent, en partant de l'est, les fermes intermédiaires ont pour fonction de soulager le cours des pannes au milieu de leur portée (fig. 54). Elles sont constituées d'un couple de chevrons, assemblés en tête par enfourchement, raidis par un entrait retroussé et un faux entrait, de deux arbalétriers, deux jambes de force et deux blochets.

Du fait de l'absence d'entrait à la base de la ferme, les chevrons ont tendance à s'écarter sous le poids de la couverture. Pour cette raison, c'est le premier entrait retroussé, de 15 x 15 cm de section, qui assume la fonction de tirant, travaillant plus en traction qu'en compression. Le faux entrait, travaillant en compression ne présente qu'une section de 13 x 13 cm en moyenne. Les pieds de la ferme sont conçus pour répondre justement à cet éventuel écartement des chevrons avec une jambe de force de forte section, en moyenne 17 x 17 cm, qui se prolonge au-delà du blochet pour venir en butée contre le mur (fig. 55). En prenant appui contre le mur, ce prolongement de la jambe de force offre donc une résistance supplémentaire au pied de ferme face à ces poussées latérales. Le blochet, de 18 x 18 cm de section, est d'ailleurs assemblé à la jambe de force par un mi-bois en queue d'aronde pour mieux résister aux efforts de traction qu'il subit. En tête, la jambe de force est assemblée au chevron par un mi-bois à demi-queue d'aronde qui se justifie ici non par les contraintes mais par sa facilité de mise en place.

Les assemblages du blochet aux sablières témoignent également de ces poussées latérales. Le blochet présente en effet en sous-face un mi-bois à queue d'aronde pour la sablière interne et un mi-bois à demi queue d'aronde pour la sablière externe, orientés de telle sorte qu'ils puissent résister à un éventuel « glissement » du blochet vers l'extérieur.

Les chevrons, de 15 x 18 cm à la base et de 12 x 15 cm en tête en section moyenne, s'assemblent aux chevrons des bas-côtés dans leur prolongement par une enture biaise identique à celle des chevrons des fermes principales, chevillée de l'extérieur (fig. 56). Leur jonction se fait au-delà du blochet et ce dernier est donc franchi par le chevron par un mi-bois particulièrement complexe puisqu'il recouvre à la fois le blochet et aussi la tête de la culée d'arbalétrier du bas-côté. Le chevron participe à la suspension de cette culée par un retour d'équerre qui y pénètre et dont la joue est perpendiculaire à son axe, favorisant ainsi sa retenue. Au départ du mi-bois du chevron, un second retour d'équerre prend appui dans le blochet, dans une entaille symétrique, avec une joue perpendiculaire à l'axe du chevron de façon à améliorer sa butée contre le blochet et lutter contre les poussées latérales. Cet assemblage ingénieux par sa taille et sa conception remplit donc plusieurs fonctions cumulées en traction et en compression.

Sur le même principe que les fermes principales, deux arbalétriers sont intégrés à la ferme, de 16 x 15 cm de section de moyenne, parallèlement aux chevrons pour porter les cours de pannes par l'entremise d'étrésillons assemblés à mi-bois à demi queue d'aronde au chevron et à l'arbalétrier (fig. 57-58). Là aussi, ces bois sont particulièrement tors et flacheux mais en aucun cas cette physiologie peu gratifiante ne représente un inconvénient pour ces pièces puisque ces arbalétriers se doivent d'être assemblés qu'en deux points primordiaux : le pied par tenon-mortaise dans le blochet et à mi-portée pour l'étrésillon, les autres assemblages à simple mi-bois pouvant être placés à n'importe quel endroit. La tête de l'arbalétrier s'assemble par mi-bois de façon aléatoire soit dans le faux entrait, soit

dans le chevron du versant opposé, soit dans l'autre arbalétrier, celui-ci s'assemblant dans un chevron (fig. 55b).

La fonction de ces arbalétriers est double. La première est de soulager le cours des pannes en milieu de travée en récupérant ses charges grâce à l'étrépillon. La seconde est de renforcer la structure de la ferme en doublant tous les assemblages des éléments de raidissement des chevrons : jambe de force, entrain retroussé et faux entrain. C'est une mise en tension conjointe de l'ensemble des pièces qui permet de compenser la reprise des charges des pannes. Cette « attelle » des chevrons sert donc à renforcer l'ensemble de la structure de la ferme pour assumer cette fonction de récupération des charges.

Les fermes secondaires(fig. 59)

A nombre de 7 dans chaque travée (fig. 60), et de 6 à la première et dernière travée, les fermes secondaires sont constituées d'un couple de chevrons assemblés en tête par enfourchement, d'un entrain retroussé, d'un faux entrain, de deux jambes de force et deux blochets. Leurs chevrons sont en moyenne de plus faible section que ceux des fermes principales et intermédiaires, avec 13 x 18 cm à la base et 12 x 15 cm en tête, posés à plat. Comme précédemment, un entrain retroussé de 15 x 15 cm de section moyenne travaille en traction contre l'écartement de la ferme tandis qu'un faux entrain en partie supérieure de 13 x 13 cm de section travaille en compression en raidissant les chevrons. Entrain retroussé et faux entrain sont assemblés aux chevrons par tenon-mortaise.

En pied, une jambe de force assemblée par embrèvement biais et chevillé de l'intérieur (fig. 61) soulage le pied du chevron. Le pied de la jambe de force s'assemble dans le blochet à son extrémité par un tenon-mortaise qui comporte un épaulement c'est-à-dire que l'assemblage ne déborde pas sur l'about du blochet, évitant ainsi la sortie du tenon.

Le blochet s'assemble par un mi-bois à queue d'aronde à la sablière interne et par un mi-bois à demi-queue d'aronde à la sablière externe (fig. 62) de façon à mieux résister aux poussées latérales qui contraignent le blochet à "tirer" les sablières vers l'extérieur.

Comme pour les fermes intermédiaires, le chevron s'assemble au blochet par un mi-bois et un retour d'équerre perpendiculaire à l'axe du chevron qui vient s'encastrent dans le blochet dans une entaille symétrique pour travailler contre le glissement du chevron (fig. 63). En pied, le chevron présente aussi une enture biaise pour l'assemblage au chevron du bas-côté (fig. 64).

Outre leurs entrains, ces fermes secondaires sont raidies par deux cours de pannes qui supportent les chevrons presque en milieu de portée. Tous les chevrons sont chevillés par l'extérieur à ces pannes. Sur les trois dernières travées ouest, ces chevilles sont enfoncées perpendiculairement à l'axe du chevron (fig. 65), et sur les autres travées, elles sont enfoncées verticalement.

Le dispositif de raidissement longitudinal permet aux entrains retroussés et aux faux entrains d'être soulagés en milieu de portée par un cours de liernes inférieures et supérieures, placées en sous-face des entrains. Ils ne sont jamais chevillés ensemble.

Le dispositif de raidissement longitudinal

Toute la charpente est traversée longitudinalement par un dispositif fixé aux poinçons des fermes principales (fig. 35b ou c). Il est composé, par travée, de deux liernes horizontales, une inférieure et une supérieure, et de deux grandes écharpes croisées (fig. 66-68). Les liernes, de section similaire autour de 16 x 19 cm de moyenne, posées à plat, sont assemblées aux extrémités par tenon-mortaise dans les poinçons, juste sous le niveau des entrails retroussés et des faux entrails. Le couple de grandes écharpes, de 13 x 13 cm de section moyenne, est assemblé en tête par mi-bois à demi queue d'aronde ou avec ergot (fig. 69), selon l'inclinaison des bois, sur la face sud des poinçons tandis que leur pied est assemblé par tenon-mortaise aux faces est-ouest des poinçons. Les écharpes assurent le raidissement des liernes par leurs assemblages à mi-bois en permettant de limiter leur flexion et en doublant leurs points de consolidation. Elles permettent également un contreventement général des fermes principales en empêchant tout déversement éventuel du fait des assemblages aux liernes.

Si les liernes sont planes par leurs faces inférieures et supérieures, en revanche leurs faces latérales ne le sont pas du tout et présentent de sérieuses déformations naturelles. De même, les écharpes sont particulièrement tordues. On constate que le franchissement des écharpes à travers le réseau des faux entrails et des entrails retroussés n'a pas été préalablement étudié (fig. 70a et b). En dépit de la torsion des écharpes qui dans certains cas leur permet d'éviter ces pièces, de nombreux entrails ont été profondément entaillés comme les écharpes pour permettre leur passage, au risque de fragiliser les bois.

Bien que la fonction essentielle de ce dispositif apparaisse à première vue rattachée au contreventement des seules fermes principales, puisque les autres fermes ne sont ni assemblées ni chevillées aux liernes, il s'avère qu'il n'en est rien. Comme on le verra plus loin, cette charpente appartient à une famille d'autres charpentes similaires construites à la même époque dans les années 1220 où la notion de soulagement des travées était primordiale. Dans sa conception, le principe de ce dispositif est de limiter les poussées des fermes secondaires et intermédiaires sur les grandes arcades et de concentrer les charges au droit des piles. En supportant les entrails, les liernes stabilisent ces fermes et permettent ainsi de réduire leurs poussées sur les murs. Une partie de leur poids est ainsi récupérée par les liernes et les écharpes pour être transmise aux poinçons des fermes principales, qui par triangulation les compensent. Ce dispositif assure donc une réduction notable des poussées latérales le long des grandes arcades qui se doivent d'être soulagées au maximum de ces contraintes en raison de leur structure évidée. En effet, le mur ne fait que 94 cm d'épaisseur et la grande arcade ne leur permet pas de supporter trop de charges.

La présence de grandes écharpes et non de liens obliques ou d'aisseliers au droit des assemblages des liernes aux poinçons, confirme cette vocation des liernes dans cette recherche de soulagement de la travée et non pour le contreventement des fermes même si cette fonction est aussi assurée. Si ces liernes n'avaient pour vocation de soulager les fermes, de simples liens auraient suffi pour contreventer efficacement les fermes et les liernes auraient été chevillées aux entrails.

Ce dispositif ingénieux est renforcé dans son action par le cours de pannes qui parcourt chaque versant et qui supporte les chevrons des fermes, en sous-face (fig. 54). Ces pannes s'assemblent entre elles par une enture biaise chevillée, peu après chaque ferme principale (fig. 71). Portées par les arbalétriers des fermes intermédiaires et principales, ces pannes raidissent les chevrons à l'endroit de plus forte compression, c'est-à-dire au niveau où les contraintes de flexion pour le chevron sont les plus importantes. La récupération de ces charges est efficace si et seulement si les chevrons sont fixés à ces pannes, sinon ils « glissent » et ne sont soulagés que par frottement. C'est pour cette raison que

les chevrons sont systématiquement chevillés aux pannes, soit perpendiculairement à l'axe du chevron, soit verticalement.

Les charges ainsi récupérées par les pannes sont autant de contraintes libérées pour les maçonneries des grandes arcades. Ces charges sont transmises principalement aux fermes principales qui, par le biais des arbalétriers, sont intégrées dans leur structure et le jeu compensatoire des forces opposées via la triangulation. Le surplus des charges est alors absorbé par les fermes principales qui, par leur position au droit des piles, aux points les plus forts des supports maçonnés, permettent d'assurer l'équilibre statique de l'ensemble de la construction.

3.3. Les bas-côtés

Larges de 3,85 m, les bas-côtés nord et sud de la grange sont identiques et symétriques (fig. 73 à 76). Ils ont pour fonction de prolonger la toiture jusqu'aux murs gouttereaux. Le souci majeur des charpentes de bas-côtés est d'être soumis à d'avantage de poussées latérales qu'une charpente normale à deux versants puisqu'une toiture en appentis ne peut avoir de tirant à sa base comme dans une ferme classique pour éviter son « glissement ». Il s'agit donc de mettre en place des dispositifs techniques astucieux permettant de compenser ce défaut.

Les sablières des bas-côtés ont beaucoup souffert des infiltrations d'eaux et la plupart des sablières externes et des entretoises ont été remplacées lors des récentes restaurations. Malgré ces travaux, on constate que les sablières et de leurs assemblages aux entrails et aux blochets sont identiques à ceux observés dans la nef. La plate-forme est composée de deux sablières de 12 x 18 cm de section, espacées de 51 cm, réunies par des entretoises (fig. 77) et assemblées entre elles bout à bout soit par simple enture braise soit par enture crantée et chevillée (fig. 78).

Sur les trois premières travées est, dans le bas-côté nord uniquement, les sablières reposent sur une série de cales en bois variant de 3 à 5 cm de haut (fig. 79a), comme pour les sablières de la nef sur le mur sud des quatre premières travées est. Là également, certaines cales débordent au-delà du mur et présentent un ressaut chanfreiné aux angles, de 12 x 12 cm, qui épouse l'arête du mur pour travailler en butée (fig. 79b et c). Comme précédemment, la seule hypothèse crédible qui nous retenons pour expliquer leur présence est de supposer que ces cales ont servi à corriger un défaut de niveau pour assurer l'assemblage des chevrons du bas-côté à ceux de la nef, ceux-ci devant obligatoirement être alignés. Ces cales sont absentes dans le bas-côté sud.

Les demi-fermes principales (fig. 80a-b et 40)

Les demi-fermes principales, situées dans le prolongement des fermes principales de la nef, sont constituées d'un entrait, d'un poteau, d'une contrefiche, d'un chevron doublé d'un arbalétrier, d'un étréssillon et d'une console, sous l'entrait (fig. 81a-d).

L'entrait de ces demi-fermes assure l'essentiel du travail de traction, luttant contre le glissement de la toiture sous les poussées latérales de la couverture et du chevronnage. De 27 x 27 cm de section en moyenne, ils sont ancrés à l'extrémité dans une cavité taillée dans le pilier, sur 15 à 20 cm de profondeur, soutenu au droit de cet ancrage par deux culots superposés taillés en quart de rond, débordant au plus de 21 cm. Une petite cale en bois est souvent présente dans la cavité sous l'entrait pour éviter que celui-ci ne soit en contact direct avec les culots (fig. 82). En effet, la flexion de l'entrait, si infime soit elle, génère sur le culot une pression suffisante pour casser la pierre, et là où les charpentiers ont omis de mettre une cale, les culots se sont brisés. A l'autre extrémité, l'entrait est assemblé en sous-face par un mi-bois à queue d'aronde sur la sablière interne, avec un retrait de 3 cm, et un mi-bois à demi queue d'aronde sur la sablière interne, orientés tous deux pour travailler en traction.

Pour lutter contre les poussées latérales, une console a été mise en place sous l'entrait, composée d'un potelet et d'un aisselier courbe, et qui travaille en butée contre le mur (fig. 83 et 85). Le potelet est assemblé à l'entrait par un tenon-mortaise en forme de demi queue d'aronde, bloqué par une cale dite « rossignol » pour être mieux suspendu que s'il ne l'avait été par un simple tenon-mortaise où seule la cheville l'aurait soutenu. L'aiselier, quant à lui, est assemblé par tenon-mortaise embrévé dans le potelet et l'entrait pour mieux résister aux efforts de compression qu'il subit.

La plupart des entrails sont taillés dans des bois tors qui présentent une courbure générale de forme convexe (fig. 84), utilisée intelligemment ici pour compenser les pressions de la contrefiche et donc la flexion de l'entrait.

Placé contre la pile, un poteau de 22 x 22 cm de section en pied et de 18 x 20 cm en tête, sert à la réception du chevron (fig. 46b), de l'arbalétrier et à récupérer ainsi une partie des charges transmises par les pannes. Il est assemblé en pied par tenon-mortaise dans l'entrait et en tête dans l'extrémité de l'entrait de la ferme principale de la nef et son chevron. Lui aussi présente une torsion naturelle particulièrement prononcée, mise à profit ici pour éviter la bague maçonnée de la pile. Parfois, lorsque la torsion ne le permettait pas, la bague de la pile a été bûchée pour permettre le passage du poteau.

L'arbalétrier, de 25 x 25 cm à la base et de 22 x 22 cm de section moyenne, est assemblé en pied dans l'entrait et en tête dans le poteau par tenon-mortaise. Sa fonction est de porter les pannes et de doubler la résistance des raidisseurs du chevron auxquels il est assemblé par mi-bois. Il est également tors avec une courbure généralement convexe, utilisée pour résister aux compressions des pannes. Le calage de la panne inférieure sur cette panne est parfois maladroit et l'arbalétrier est parfois entaillé pour le franchissement de la panne. De même, l'espace entre le chevron et l'arbalétrier est parfois trop important et une cale a été insérée sous la panne de façon à la faire porter.

Le chevron de 16 x 18 cm de section à la base est assemblé en pied dans l'entrait par tenon-mortaise et repose en tête sur l'enture biaise du chevron de la nef. Il est raidi par deux pannes et par l'étrésillon et la contrefiche qui servent également à porter ces pannes. La contrefiche oblique de 16 x 15 cm de section moyenne, s'assemble par mi-bois à demi-queue d'aronde au chevron, par simple mi-bois à l'arbalétrier et par tenon-mortaise à l'entrait. Elle supporte la panne inférieure avec l'arbalétrier tout en assurant le blocage mutuel de ces pièces avec le chevron par les assemblages à mi-bois. Une cale vient parfois bloquer la panne sur la contrefiche et l'arbalétrier (fig. 81d).

La panne supérieure, de 18 x 13 cm de section, n'est pas portée directement par l'arbalétrier mais par une entretoise assemblée à mi-bois à demi-queue d'aronde au chevron et au poteau et par simple mi-bois à l'arbalétrier. La panne, posée à dévers comme toutes les autres, c'est-à-dire parallèlement au chevron, repose donc sur son arête inférieure sur l'entretoise, parfois avec une petite

cale pour assurer son maintien. Le point d'appui de la panne est donc limitée à son arête inférieure, ce qui paraît à première vue assez maladroit bien que cette disposition n'ait occasionné, huit siècles passés, aucune déformation structurelle.

Les demi-fermes intermédiaires (fig. 86)

Assises dans les bas-côtés au droit des fermes intermédiaires de la nef, dans le prolongement de leurs chevrons, les demi-fermes intermédiaires ont pour fonction de soulager le cours des pannes en milieu de portée. Elles sont donc positionnées en milieu de travée et aussi contre les murs pignons en raison de l'impossibilité d'y placer des demi-fermes principales faute de pile pour ancrer l'entrait (fig. 88).

Sur le même principe que celui des fermes intermédiaires, elles doivent résister à la compression des pannes et lutter contre de fortes poussées latérales, bien plus importantes que pour les fermes de la nef puisque ici, il ne peut y avoir d'entrait retroussé pour limiter ces poussées. La solution adoptée ici est particulièrement intelligente puisqu'elle utilise le principe de la mise en tension de l'arbalétrier pour annuler les poussées, couplé à deux dispositifs complexes de compensation de charges en pied et en tête de la demi-ferme.

Les demi-fermes sont constituées chacune d'un blochet, d'une jambe de force, d'un chevron, d'un arbalétrier, d'une culée et de deux étrépillons destinés à porter les pannes.

En pied, comme pour les fermes de la nef, une jambe de force est assemblée en tête dans le chevron par un mi-bois avec ergot, dans l'arbalétrier par un simple mi-bois et dans le blochet par un mi-bois à queue d'aronde (fig. 87). Il se prolonge au-delà du blochet pour prendre appui contre le mur et travailler en butée contre lui (fig. 89). En effet, sous la poussée du chevron et surtout de l'arbalétrier, le blochet a tendance à « glisser » vers l'extérieur. Le prolongement de la jambe de force le long du mur, et son mi-bois avec le blochet, offrent ainsi une résistance indéniable pour lutter contre ces poussées latérales.

La panne inférieure est portée à dévers par l'arbalétrier, de 24 x 25 cm de section moyenne en pied. Une courte entretoise de 11 x 11 cm de section, assemblée au chevron et à l'arbalétrier par mi-bois à demi-queue d'aronde, assure le calage de la panne tout en maintenant l'écartement de l'arbalétrier au chevron (fig. 90). Cet assemblage de l'arbalétrier au chevron a pour effet de compenser la flexion du chevron par une mise en tension de l'arbalétrier, celui-ci servant d'« attelle » au chevron. Ils s'immobilisent l'un l'autre par le jeu compensatoire des tensions.

En tête, l'arbalétrier s'assemble dans une pièce de 21 x 21 cm de section, « suspendue » au chevron et au blochet de la ferme intermédiaire de la nef par un assemblage particulièrement complexe (fig. 56 et 91). Cette culée est en effet suspendue au blochet par un tenon-mortaise en forme de demi-queue d'aronde, et au chevron grâce à une entaille, perpendiculaire à l'axe de la culée, dans laquelle le chevron vient en butée pour garantir la suspension. Cette culée se doit en effet d'être accrochée en tête puisqu'elle ne porte sur aucune pièce et qu'elle assure la réception de l'arbalétrier qui tend à « descendre » sous le poids des pannes qu'il supporte et qu'il « tire » sur la culée.

Pour consolider l'assemblage de l'arbalétrier à la culée, et tout en garantissant le soutien de la panne supérieure, une deuxième entretoise est assemblée par mi-bois à demi-queue d'aronde au

chevron et à la culée, et par un simple mi-bois à l'arbalétrier (fig. 91-92). La panne supérieure, placée à dévers, repose par son arête inférieure sur cette entretoise qui travaille en traction en mettant en tension toutes ces pièces. Par le poids de cette panne, l'entretoise agit sur l'arbalétrier en compression et par conséquent sur la culée. Celle-ci travaille donc en butée contre le mur de l'arcade pour répondre à ces poussées. Comme le pied de la demi-ferme, ce dispositif joue sur la compression en butée contre le mur pour assurer l'équilibre statique des forces en jeu.

Pour que le chevron puisse être soulagé de sa flexion en plusieurs points équidistants, par rapport à ses assemblages et des points de soutien des pannes, il fallait que la panne supérieure ne soit pas placée à plus d'un mètre de la panne inférieure, ni trop près de l'enture de son extrémité supérieure. Cependant, la difficulté de placer un bois droit à cet emplacement, assemblé à la culée et au chevron, était techniquement impossible car il aurait été trop incliné pour que son assemblage à mi-bois au chevron puisse garantir une résistance suffisante. Seul un bois tors pouvait permettre un assemblage efficace. Ainsi, toutes les demi-fermes présentent un bois tors en forme de S qui lui permet de s'assembler au chevron à bonne hauteur, sous le niveau de la panne, et en pied de la culée. Celle-ci ne pouvait pas être plus longue, descendre plus bas pour permettre l'assemblage d'une entretoise droite, sous risque de se rompre du fait de son travail en butée contre le mur et des poussées importantes qui lui sont transmises par l'entretoise.

Les chevrons (fig. 94)

Entre les demi-fermes principales et intermédiaires sont placés, dans le prolongement des chevrons des fermes secondaires de la nef, des chevrons assemblés en pied dans un blochet et à une jambe de force, et en tête par une enture biaise chevillée aux chevrons de la nef (fig. 63). De 13 x 17 cm de section moyenne en pied, posés à plat, ces chevrons s'assemblent par tenon-mortaise au blochet et par embrèvement biais, chevillé de l'intérieur, à la jambe de force (fig. 95). On constate le plus souvent que la mortaise taillée dans le blochet pour le tenon de la jambe de force est plus longue que nécessaire et qu'elle a été comblée, après engagement du tenon, par une cale (fig. 96). Cette grande mortaise permettait en effet d'insérer la jambe de force dans l'embrèvement du chevron et de forcer ensuite sa mise en place, en calant son pied correctement, pour la mettre en tension et la cheviller. Là aussi, le tenon de cet assemblage présente un épaulement pour éviter qu'il apparaisse en about du blochet.

Les blochets sont là aussi assemblés par mi-bois aux sablières comme ceux des chevrons de la nef (fig. 62).

Les chevrons sont chevillés par l'extérieur de la toiture aux deux cours de pannes qui les soutiennent. Comme précédemment, ce chevillage est perpendiculaire à l'axe des chevrons sur les trois dernières travées ouest, et vertical sur les autres travées.

Il faut enfin souligner le fait qu'aucune pièce longitudinale (sablières et pannes) des bas-côtés comme de la nef ne pénètre dans les maçonneries des pignons, à leurs extrémités.

3.4. Estimation de la consommation en bois d'œuvre

Avant d'estimer la quantité de grumes qui a été nécessaire à la construction de cette charpente, il faut au préalable définir les mesures qui ont servi à leur abattage, à savoir leur diamètre et leur hauteur.

On distingue en priorité la mesure destinée aux pièces exceptionnelles c'est-à-dire les entrails, de 40 x 40 cm de section en milieu de portée et de 30 x 30 cm aux extrémités, et longs de 10,30 m. Ils étaient nécessairement de plus forte section en pied qu'au milieu de leur longueur, donc approximativement de section supérieure à 50 x 50 cm, soit un diamètre de 70 cm environ en pied, pour une hauteur de 10,30 m minimum (mesure I).

La seconde mesure concerne les autres pièces de fortes sections comprises entre 25 x 25 cm et 30 x 30 cm de section comme les poinçons des fermes principales, les entrails et les arbalétriers des demi-fermes principales et les arbalétriers des demi-fermes intermédiaires. Leurs sections correspondent à des arbres de diamètre compris entre 35 et 42 cm en pied pour une hauteur minimum de 6,30 m (mesure II).

Enfin, la troisième mesure correspond à tous les autres bois, d'une section inférieure à 20 x 18 cm, c'est-à-dire aux bois les plus fins et les plus longs. Parmi ceux-là, les bois de plus faible section comme les entretoises de 11 x 11 cm correspondent aux extrémités des bois de 15 x 16 cm et ceux-là se situent dans le prolongement de ceux de 20 x 18 cm. On note toutefois que la grande majorité de ces bois ont une section moyenne de 18 x 16 cm et concerne tous les chevrons et les faux entrails. La longueur maximale est estimée par rapport aux bois les plus longs mesurés de façon redondante dans la charpente à savoir les chevrons de la nef, de 8,80 m en moyenne. Ainsi, la mesure III se rapporte aux arbres de diamètre compris entre 27 cm et 15 cm, avec une majorité autour de 24 cm, pour une longueur moyenne de 8,80 m.

Il est possible dès lors de quantifier les grumes utilisées pour chaque type de ferme, selon les trois mesures recensées, en additionnant les longueurs de pièces de section voisine jusqu'à obtenir la longueur maximale.

- Pour une ferme principale (nef : n) et ses deux demi-fermes des bas-côtés (bc) situées dans son prolongement :

Pour des grumes de la mesure III :

1 chevron (n) = 8,80 m

1 chevron (n) = 8,80 m

1 poteau (n) + 1 poteau (bc) = 9,00 m

1 poteau (n) + 1 poteau (bc) = 9,00 m

1^{er} faux entrail + 1 entretoise (n) + 1 jambe de force (n) = 9,00 m

1 chevron (bc) + 2 entretoises (bc) = 9,00 m

1 arbalétrier (n) + 1 entretoise (n) + 1 jambe de force = 8,80 m

1 arbalétrier (n) + 1 console = 9,10 m

1 chevron (bc) + 1 console = 8,70 m

2^{ème} faux entrait + 2 contrefiches (bc) = 8,40 m

Pour des grumes de la mesure II :

1 poinçon + 1 suspente = 7,20 m

2 entrails (bc) = 9,80 m

1 arbalétrier (bc) = 5,80

1 arbalétrier (bc) = 5,80

Pour des grumes de la mesure I : 1 entrait = 10,30 m

Total : 15 grumes dont 1 de la mesure I, 4 de la mesure II et 10 de la mesure III.

- Pour une ferme intermédiaire et ses deux demi-fermes intermédiaires de bas-côtés :

Mesure III :

1 chevron (n) = 8,80 m

1 chevron (n) = 8,80 m

1 arbalétrier (n) + 1 entretoise (n) = 8,30 m

1 entrait retroussé + 1 blochet = 7,80 m

1 faux entrait + 1 entretoise (n) + 2 jambes de force (n) + 1 blochet (n) = 8,40 m

1 chevron (bc) + 1 entretoise (bc) = 8,10 m

1 chevron (bc) + 1 entretoise (bc) = 8,10 m

2 entretoises (bc) + 2 jambes de force + 2 blochets = 6,60 m

Mesure II :

1 arbalétrier (bc) + 1 culée = 7,80 m

1 arbalétrier (bc) + 1 culée = 7,80 m

Total : 10 grumes dont 2 de la mesure II et 8 de la mesure III.

- Pour une ferme secondaire et ses deux chevrons de bas-côtés :

Mesure III :

1 chevron (n) = 8,80 m

1 chevron (n) = 8,80 m

1 entrain retroussé + 1 jambe de force (n) = 7,90 m

1 faux entrain + 1 jambe de force (n) + 2 blochets (n) = 6,10 m

1 chevron (bc) + 1 blochet (bc) + 1 jambe de force (bc) = 8,40 m

1 chevron (bc) + 1 blochet (bc) + 1 jambe de force (bc) = 8,40 m

Total : 6 grumes de la mesure III.

- Pour les éléments longitudinaux d'un versant, en moyenne :

Mesure III :

8 sablières internes (bc) de 5,60 m

8 sablières externes (bc) de 5,60 m

9 pannes inférieures (bc) de 5,00 m

9 pannes supérieures (bc) de 5,00 m

8 sablières internes (n) de 5,70 m

8 sablières externes (n) de 5,70 m

9 pannes (n) de 4,90 m

Total pour un versant : 59 grumes

Total pour les deux versants : 118 grumes de la mesure III.

- Pour le dispositif longitudinal axial d'une travée :

Mesure III :

1 lierne supérieure = 4,80 m

1 lierne inférieure = 4,80 m

1 écharpe = 6,30 m

1 écharpe = 6,30 m

Total pour une travée : 4 grumes.

Total pour la charpente : $4 \times 9 = 36$ grumes de la mesure III.

Total :

10 fermes principales x 15 grumes (dont 1 de la mesure I, 4 de la mesure II et 10 de la mesure III),

+ soustraire les quatre demi-fermes principales contre les pignons et les remplacer par quatre demi-fermes intermédiaires = soustraire 2 grumes de mesure III et 1 grume de mesure I,

+ 9 fermes intermédiaires x 10 grumes (dont 2 de la mesure II et 8 de la mesure III),

+ 61 fermes secondaires x 6 grumes de la mesure III,

+ 118 grumes de la mesure III pour les sablières et les pannes,

+ 36 grumes de la mesure III pour le dispositif longitudinal axial

Total final :

Pour la construction de toute la charpente de la grange, il a fallu abattre approximativement :

760 grumes dont 692 soit 91 % de grumes de 24 cm diamètre moyen, longs de 8,80 m,

58 soit 8 % de grumes de 38 cm de diamètre moyen, longs de 6,30 m,

et 10 soit 1 % de grumes de 70 cm de diamètre, longs de 10,30 m.

3.5. Les marques d'assemblages (fig. 97)

En raison de l'état flacheux des bois et de la fragilité de l'aubier, de nombreuses marques ont disparu, toutefois l'essentiel du marquage reste encore compréhensible à la lecture des marques qui subsistent.

Dans la chaîne opératoire d'un chantier de charpenterie, le marquage des bois d'une ferme intervient une fois que ses éléments ont été taillés et pré-assemblés au sol pour vérifier s'il n'y a pas de correction de taille à réaliser. Les bois sont alors marqués puis démontés pour être levés en haut des murs. Ce marquage a pour fonction de repère lors du levage. Il sert à repérer les bois appartenant à une même structure au sein d'une travée ou au sein de la charpente.

Toutes les marques sont inscrites avec une rainette qui est un outil avec une petite pointe métallique tranchante, à l'extrémité retournée comme une cuillère minuscule. Sur les fermes comme sur les demi-fermes, les marques sont localisées systématiquement en pied de pièce (fig. 39, 40, 53 et 59), sur la face ouest c'est-à-dire sur la face où sont taillées les entailles des assemblages à mi-bois ou face d'établissage (face de référence pour le travail d'un ouvrage). La marque couvre en général toute la largeur de la face (fig. 98).

Par exemple, les chevrons comme les poteaux, les arbalétriers ou les jambes de force sont marqués sur leur extrémité inférieure, face ouest. Pour les pièces horizontales comme les entrails retroussés ou les faux entrails, les marques sont situées généralement en milieu de longueur, sur leur face ouest, ou bien à un emplacement suffisamment large et dépourvu de flache. Les étrépillons, les blochets comme les autres pièces courtes sont marqués aussi en milieu de longueur, face ouest. Les entrails des fermes principales sont marqués à leur extrémité sud, face ouest. Pour les poinçons, en raison de la présence de la suspente en partie inférieure, ils sont marqués en pied sur leur face sud, mais il arrive parfois comme sur F9, F6 et F3 que la marque soit inscrite à cheval sur le poinçon et la suspente, au droit de leur assemblage, pour les marquer ensemble par gain de temps.

Il s'agit en fait de marques de pièce et non d'assemblage puisque chaque pièce ne possède qu'une seule marque, située par convention à son extrémité inférieure pour les éléments verticaux et obliques et en milieu de longueur pour les éléments horizontaux, et que la marque n'est jamais reportée sur l'autre pièce au droit de l'assemblage. La marque identifie par son numéro l'élément de charpente et non un assemblage de la pièce. Il s'agit en quelque sorte du numéro d'immatriculation d'une pièce et non d'un assemblage. Aucun signe distinctif (contremarque) n'a été relevé au sein des fermes et des demi-fermes entre les marques du versant nord de celles du versant, comme cela commence à se pratiquer au début du XIIIe siècle.

Quelques rares demi-fermes principales ont leur marque reportée sur la sablière interne, face supérieure, au droit de leur assemblage comme la demi-ferme principale 2, 4 et 6 au nord, et 2 au sud.

« L'exception qui confirme la règle » pour les fermes se situe sur la 3^{ème} ferme secondaire de la 3^{ème} travée en partant de l'est, où l'entrait retroussé et le faux entrait sont marqués à leur extrémité nord, face ouest avec un report de leur marque au droit de chacun de ces assemblages sur le chevron nord (fig. 99). Il s'agit ici du seul exemple de véritables marques d'assemblages.

A cette exception peut s'ajouter celle de certains éléments longitudinaux. Si aucune marque n'a été relevée sur les écharpes, en revanche les liernes sont marquées sur leur face inférieure soit à leur extrémité ouest soit à l'est, avec un report de la marque sur la face sud du poinçon au droit de l'assemblage. Les liernes inférieures sont toujours marquées I et les liernes supérieures marquées II (fig. 100). Ainsi, les liernes ont leur numérotation propre, distinctes des fermes, mais identique de travée en travée. Une autre différence tient aussi de l'outil d'inscription puisqu'il s'agit d'un traceret, petite pointe métallique qui laisse une fine incision.

Aucune marque n'a été relevée concernant une numérotation propre aux sablières. Seuls quelques signes d'établissage, c'est-à-dire permettant de vérifier la bonne jonction d'un assemblage ont été observés.

Les pannes, quant à elles, présentent encore pour certaines d'entre elles les marques d'une numérotation qui leur est propre. Il s'agit de marques d'assemblage présentes au droit de chaque enture de panne à panne, reportée sur les deux bois à chaque fois. Les marques désignent une suite numérique progressive de bâtonnets qui évolue de l'est vers l'ouest en partant de I sur la première enture jusqu'à IIIIIIIII (disparue) pour le dernier assemblage. Chaque cours de pannes présentait cette

numérotation mais les marques ont pour la plupart disparues. Il faut souligner que pour ces pannes, un système de contremarque existait pour distinguer les pannes du versant nord de celles du versant sud, en barrant systématiquement les marques du versant sud d'un trait.

Dans le plan de la charpente, la répartition des marques des fermes définit un plan de marquage cohérent et structuré (fig. 97). Ce marquage s'applique à l'identique pour les fermes de la nef que pour les demi-fermes des bas-côtés, celles-ci portant la même marque que la ferme située dans leur prolongement.

Ce plan de marquage distingue les fermes principales des autres fermes. Les 10 fermes principales sont en effet inscrites dans une numérotation continue de bâtonnets qui évolue de l'est vers l'ouest. Elle commence à I sur la première ferme, placée contre le pignon est, "saute" la seconde ferme marquée par une croix, puis reprend à II sur la troisième ferme pour terminer à IIIIIII (8) sur la dernière ferme, sise contre le pignon ouest. Cette numérotation présente donc une "erreur" dans son début où il semble bien que la seconde ferme a été marquée I, par méprise, comme la première ferme, et que pour corriger ce défaut, ce I a été barré pour former une croix. Cependant, sur cette seconde ferme, plusieurs I ont été oubliés et se mélangent donc dans la ferme avec des bois marqués d'une croix.

Cette numérotation est donc indépendante des autres fermes. Les fermes intermédiaires et secondaires, liées à celles des bas-côtés, répondent d'une numérotation propre à chaque travée. Sans distinguer les fermes intermédiaires des fermes secondaires, elles définissent par travée des lots identiques de 7 fermes dans les première et dernière travées, et de 8 fermes pour les autres.

Ainsi, les fermes de chaque travée sont numérotées en continue de I à IIIIIII (7) ou IIIIIII (8), de l'est vers l'ouest, au départ de toute ferme principale. Ces séries se distinguent les unes des autres par un signe particulier rajouté au dernier bâtonnet de chaque marque. Seule la première série, c'est-à-dire la première travée est dépourvue de signe distinctif. Les autres présentent soit un trait barrant la marque, un crochet, une ou deux "langues de vipère", placées différemment ou encore plus original, sur la dernière travée, plusieurs crochets.

L'écriture de ces marques est homogène pour toutes ces fermes : même type de rainette, largeur de la marque, emplacement et orientation de la marque sur les bois. Il apparaît que l'ensemble du marquage et donc, que l'exécution des fermes, ont été réalisés par les mêmes charpentiers, certainement répartis en plusieurs équipes, pour chaque travée de la charpente par exemple ou pour la réalisation des seules fermes principales, marquées distinctement.

3.6. Le lignage

Au cours du chantier, le lignage est une opération qui intervient après l'équarrissage des bois et avant la taille des assemblages. Il consiste à tracer des lignes le long des bois, sur les faces qui reçoivent les assemblages, pour déterminer l'alignement des entailles selon un axe commun. Cet alignement des assemblages est en effet nécessaire pour l'agencement des différentes pièces entre elles selon un plan commun à toutes, et surtout lorsque les bois sont tors.

A partir du XVII^e siècle, ces tracés de lignage sont réalisés à l'aide d'une rainette et les traits restent ainsi définitivement inscrits sur les bois. Pour la période médiévale, le lignage est le plus souvent réalisé à l'aide de noir de charbon ou de graphite. Le cordeau, imprégné de noir de charbon, est "pincé" pour le faire frapper contre l'une des faces du bois qui garde ainsi le négatif d'un trait rectiligne noir. Dans la plupart des cas, du fait de la fragilité de ces tracés, les traits de lignage ont disparu et leurs témoins pour le XIII^e siècle sont très rares.

Ici, quelques bois ont cependant conservé des traces du lignage. Ces traits noirs sont conservés en sous-face de quelques chevrons de fermes de la nef pour placer le long d'un axe commun les mortaises destinées à l'entrait retroussé, au faux entrait et à l'enfourchement de tête. Quand le chevron n'est pas trop tors, le lignage présente deux traits parallèles alignés aux flancs des mortaises (fig. 101a), qui se prolongent aux autres mortaises jusqu'en tête du chevron. Ces deux traits sont continus sur toute la face du bois le long de ces trois mortaises. Dans le cas contraire, lorsque le chevron a une torsion trop prononcée et que ces trois mortaises ne peuvent plus être alignées, le lignage ne présente qu'un seul trait, passant par le flanc d'une mortaise puis par le flanc opposé d'une autre mortaise (fig. 101b). Parfois ce trait unique "sort" du bois dans une courbure trop prononcée (fig. 101c).

Ainsi, ce lignage est basé sur le principe de l'alignement du flanc des mortaises, non par leur axe comme cela se pratique parfois. Il ne semble destiné qu'aux mortaises et non aux entailles des assemblages à mi-bois comme on a pu le remarquer sur une ferme intermédiaire, où le trait déterminant le flanc des mortaises (pour le faux entrait) ne passe pas le long de l'entaille du mi-bois (pour l'arbalétrier).

Ce lignage a aussi été repéré au droit des mortaises des liernes longitudinales, en sous-face, mais leurs traces restent très fugaces. Il s'agit là aussi de déterminer l'alignement des tenons des deux extrémités de la lierne par deux traits parallèles passant par le flanc des tenons. Ces traits ne déterminaient pas la profondeur des entailles à mi-bois des écharpes.

Il importe, lors des restaurations à venir, de préserver ces vestiges très rares d'une technique de tracé des assemblages et dont les traces demeurent extrêmement fragiles.

3.7. Le piquage

Après le lignage de bois, c'est-à-dire le tracé des lignes longitudinales destinées à l'alignement des assemblages, les charpentiers superposent les pièces les unes sur les autres grâce à des cales, sur l'aire d'épure et selon l'orientation définie par les fils de l'épure, et procèdent alors au piquage des assemblages. Les bois ainsi entrecroisés, les charpentiers peuvent dès lors tracer le profil des futurs assemblages en dessinant sur le bois le profil de l'autre.

Ce tracé est préservé sur certains bois de la charpente (fig. 102a et b). Il a été réalisé à l'aide d'une fine pointe métallique, appelée traceret, qui laisse sur la surface du bois une petite incision peu profonde. Ce tracé de piquage se rencontre au droit de nombreux assemblages comme sur les sablières, au droit des entailles à mi-bois destinées aux blochets.

Ce piquage concerne aussi les trous de cheville qui sont préalablement matérialisés sur la surface du bois par deux coups de ciseaux parallèles (fig. 103), à ne pas confondre avec les amorces de percement des trous à la tarière (fig. 104).

3.8. La mise en place de la charpente et le chevillage des bois

Le levage de la charpente est une opération qui intervient en général lorsque toutes les fermes ont été exécutées, sauf probablement comme ici où la charpente est tellement grande que le montage intervient au fur et à mesure de la réalisation des fermes.

Les indices permettant de suivre cette opération, à savoir comment les bois étaient montés, si les fermes étaient montées entièrement assemblées, dans quel sens le levage a évolué et pour où ils ont commencé, sont très nombreux et parfois difficiles à interpréter. Il s'agit essentiellement du chevillage des assemblages, mais aussi de l'orientation des assemblages, du marquage des bois comme de tout autres indices liés au levage des pièces (négatifs d'engins, raccords de pièces...).

Les premiers éléments à être levés sont les sablières qui reçoivent d'abord les fermes principales puis les autres fermes reposant en pied sur elles. L'enture biaise de ces sablières suppose un assemblage successif de ces pièces, les unes après les autres, selon un ordre déterminé par le sens du levage (fig. 105 et 106). L'orientation de ces entures montre un levage qui a commencé sur les premières travées orientales comme sur les dernières travées ouest avec, pour le cours de sablières externes de la nef, au nord comme au sud, une sablière "prioritaire" posée au milieu de l'édifice. A l'exception de cette dernière, il apparaît que les sablières ont été posées à partir des murs pignons et que les charpentiers ont profité de ces élévations pour lever les premières pièces.

De même, l'enture biaise des pannes indique qu'elles ont toutes été posées à partir du pignon est et que leur levage a progressé vers l'ouest sans interruption, sauf pour celles du bas-côté nord où des pannes ont aussi été posées à partir du pignon ouest et que le raccord entre leurs cours s'est fait juste après, dans la seconde travée ouest.

Pour ces pièces longitudinales, leur levage s'effectue pièce par pièce et la progression de leur montage est relativement bien lisible. Cependant, pour les fermes, la difficulté est toute autre puisque peu d'indices crédibles témoignent plus en faveur d'une modalité de levage que d'une autre.

Comme toutes les fermes de cette charpente, la ferme principale 10, plaquée contre le mur pignon ouest, présente sa face d'établissage c'est-à-dire sa face d'assemblage des mi-bois et d'enfoncement des chevilles, vers l'ouest (fig. 107). Or, dans cette position contre le pignon, il était impossible d'assembler en hauteur la moindre pièce par cette face, et encore moins d'y enfoncer des chevilles (de l'ouest vers l'est). Cette ferme principale a donc été levée entièrement assemblée, ce qui suppose des engins de levage d'une certaine puissance. Ceci suppose donc que toutes les autres fermes ont également été levées assemblées et non pièce par pièce.

Outre l'éventuelle possibilité de poser des engins sur des échafaudages, il semble logique que les charpentiers ont utilisé les deux murs d'arcades longitudinaux de la nef pour poser leurs engins de levage et que la progression du montage s'est faite en partant des pignons en reculant progressivement vers l'autre pignon. Il est probable également que les fermes ont été levées de l'intérieur de la nef, les unes après les autres, suivant la numérotation de leur marquage. Les fermes

secondaires auraient été levées à la suite de la ferme principale, en continue, et non en priorité les fermes principales et ensuite les fermes secondaires entre celles-ci. En effet, l'encombrement des bois, l'absence de contreventement des fermes et l'exiguïté de la place disponible pour les engins supposent que toutes les fermes ont été levées successivement les unes après les autres, quel que soit leur type.

Lorsqu'une travée a été ainsi levée, les pannes sont insérées dans les fermes principales de chaque bout, entre les arbalétriers et les chevrons, en assemblant peut-être dans un second temps les poteaux et les entretoises, grâce à leurs mi-bois. La ferme principale 8 présente d'ailleurs un chevillage inversé des poteaux au faux entrain, avec des chevilles enfoncées de l'est vers l'ouest, contrairement à toutes les autres, ce qui évoque une pose "après coup" pour l'insertion des pannes. Du fait de l'orientation de leur enture, les premières pannes posées à l'est portent sur leur extrémité ouest la suivante et ainsi de suite. Cette extrémité porteuse repose donc au plus près sur une ferme principale en les dépassant vers l'ouest de quelques dizaines de centimètres.

Il est probable que les fermes intermédiaires sont mises en place de la même façon, avec un montage des arbalétriers et de leurs entretoises dans un second temps, grâce à leurs mi-bois, après l'insertion des pannes. Quant aux fermes secondaires, elles sont très vraisemblablement levées entièrement assemblées en raison de la difficulté d'assembler en hauteur les chevrons aux entrains à plus de 15 m de hauteur.

Une fois levé l'ensemble des fermes secondaires et intermédiaires d'une travée, d'une ferme principale à une autre, les liernes longitudinales sont mises en place, en inclinant légèrement la dernière ferme principale pour l'insertion des tenons dans le poinçon. Cette modalité de montage est attestée sur la ferme principale 8 qui, comme on le verra plus loin, correspond au raccord des deux ensembles levés distinctement à partir de chaque pignon. Pour l'assemblage des liernes de la 7^{ème} travée dans le poinçon de cette ferme, qui était déjà assemblée aux liernes de la 8^{ème} travée et qui ne pouvait donc pas être incliné, les charpentiers ont agrandi, dans ce poinçon, les mortaises (fig. 108) destinées à ces liernes de 90 cm environ en dessous le niveau des faux entrains pour permettre l'insertion des tenons des liernes sans incliner le poinçon. Ces liernes inférieure et supérieure ont été assemblées à F8, en étant fixées à l'autre bout sur F7, par basculement du bas vers le haut de leur extrémité jusqu'à leur position définitive. Ce sens de basculement suppose donc que les entrains retroussés et faux entrains des fermes secondaires étaient en place. Le dispositif longitudinal des liernes est donc placé en dernier lors du levage d'une travée.

De nombreuses entailles ont été pratiquées sur la lierne ou sous les entrains retroussés pour pouvoir assurer le passage de la lierne qui venait parfois buter contre les entrains du fait de leur torsion. Inversement, de nombreux entrains ne reposent pas sur les liernes. Pour le passage des pannes, des cales ont aussi été insérées sous certains chevrons qui ne reposaient pas directement sur elles ou bien des entailles grossières à la hache ont été pratiquées au droit des arbalétriers pour permettre leur franchissement. Le plus étonnant est surtout le passage des grandes écharpes, assemblées en dernier sur les liernes et les poinçons, et qui ont nécessité des recoupes très profondes parfois sur elles-mêmes et sur les entrains qui passaient souvent dans l'axe même des écharpes (fig. 70). Ces retailles étaient pratiquées au moment même du levage, en hauteur dans la charpente en cours de montage, et non au sol sur épure, d'où le caractère maladroit de ces entailles.

Pour assurer le levage de toutes ces pièces et même des fermes entières, des trous étaient percés à travers certains bois pour le passage des cordes. Par exemple, les liernes et les écharpes sont souvent percées aux extrémités d'un trou de 2,2 cm de diamètre, sur leur face sud, non traversant pour les liernes et traversant pour les écharpes (fig. 110). Tous les blochets des fermes intermédiaires

et secondaires, tant ceux du versant nord que ceux du versant sud, présentent sur leur flanc est deux trous de chevilles non traversants (fig. 109), de 2,4 cm de diamètre, profonds de 7 cm et espacés de 52,5 cm en moyenne, avec parfois une cheville encore présente (ne sortant que de 1 cm seulement). Ils devaient aussi servir à l'accroche des cordes ou d'une perche de maintien d'écartement de la base de la ferme afin d'éviter la cassure du chevron sous le poids de son pied puisqu'elles étaient levées entièrement assemblées avec leurs entrants retroussés, faux entrants, blochets et jambes de force. Ces trous pratiqués sur le flanc est des blochets se retrouvent également sur toutes les demi-fermes des bas-côtés.

Ces trous non traversants se rencontrent aussi parfois sur les entrants retroussés, au nombre de deux ou par couples de deux espacés de 1,20 m, et percés sur la face est.

Ces trous ne doivent pas être confondus avec les trous des écheliers qui sont percés sur le flanc des poinçons, des arbalétriers et des poteaux (fig. 111-112). Ceux là sont traversants, régulièrement espacés de 50 cm en moyenne, de 3,1 cm de diamètre et servaient à placer des longues chevilles en guise d'échelons pour former une échelle de perroquet ou échelier. Au cours du levage, ces échelles servaient aux charpentiers pour monter dans les parties hautes de la charpente.

Toujours pour faciliter le levage des bois ou d'une ferme, une profonde entaille était pratiquée sur l'arête d'une pièce afin de permettre l'accroche d'une corde. Les chevrons de certaines demi-fermes sud, dans la 4^{ème} travée, conserve une entaille de ce type, très caractéristique, au premier tiers de leur longueur (fig. 113). Une jambe de force de ferme de la nef présente aussi une entaille de ce type.

Les chevilles servant à la fixation des assemblages sont toutes semblables. Longues parfois jusqu'à 45 cm, de section carrée sur tout leur long, de 2,2 x 2,2 cm à leur extrémité, ces chevilles sont taillées dans du chêne, vert de préférence en raison des facilités de fendage.

En de multiples endroits dans la charpente, aussi bien au niveau des assemblages des blochets qu'à celui des écharpes aux liernes, on peut observer des coins enfoncés à l'encontre des chevilles, à l'opposé de leur enfoncement (fig. 114a-d). Il s'agit de petits coins en chêne, enfoncés dans le trou mais dans le sens inverse de la cheville, pour garantir le blocage définitif de l'assemblage en provoquant la fissure de la cheville et sa mise en tension. Ils assurent également le maintien de la cheville sur le long terme en évitant leur éventuelle sortie du fait du retrait du bois lors du séchage de la cheville, taillée dans du bois vert. Il s'agit d'une technique d'origine inédite, jamais observée jusqu'à présent en charpenterie médiévale.

Outre la fixation des assemblages, le chevillage a servi pour certains bois à bloquer des fentes trop profondes et pour éviter qu'elles ne déforment davantage la pièce (fig. 115a et b).

Concernant les fermes et demi-fermes, tous les assemblages sont chevillés de l'ouest vers l'est, en raison de l'orientation vers l'ouest de la face d'établissage (face des entailles des mi-bois). Cependant, quelques fermes secondaires sont chevillées dans le sens inverse, de l'est vers l'ouest, au niveau des assemblages des entrants retroussés et des faux entrants aux chevrons. Elles sont situées dans les 9^{ème} et 8^{ème} travées, de part et d'autre de la ferme principale 9 qui elle est chevillée comme toutes les autres.

Le percement des trous de cheville des chevrons aux pannes a été réalisé une fois que les fermes secondaires étaient en place, posées sur les pannes. En attestent certaines cales posées entre le chevron et la panne qui ont été perforées lors du percement du trou (fig. 116). Les charpentiers ont donc creusé à la tarière ces trous en étant « à cheval » sur les chevrons, à plus de 13 m de hauteur. Les chevilles ont ensuite été enfoncées par l'extérieur et vers l'intérieur de la charpente. Ce procédé de percement des trous, sur la charpente une fois les éléments posés, et d'enfoncement des chevilles par l'extérieur, s'appliquent également pour les entures reliant les chevrons de la nef à ceux des bas-côtés et pour les chevrons aux pannes des bas-côtés. Toutes les autres chevilles présentes dans les fermes ont été enfoncées au sol pour que celle-ci soit levée entièrement assemblée.

Le percement des trous de cheville des chevrons aux pannes a été pratiqué selon deux techniques distinctes sur les deux versants de la nef comme sur les bas-côtés : perpendiculairement à l'axe du chevron sur les trois dernières travées et verticalement sur les autres (fig. 105-106). Il s'agit de méthodes de percement liées à des habitudes et des pratiques courantes propres à deux équipes de charpentiers ou deux charpentiers distincts. Le chevillage de ces bois entre ces deux ensembles témoigne d'une part que les bas-côtés ont été levés parallèlement et conjointement aux fermes de la nef et, d'autre part, que leur mise en place a suivi deux trajets distincts, se réunissant à la 7^{ème} travée.

Cette constatation recoupe les informations sur le sens de montage des pannes d'après leurs entures. On a vu précédemment que les pannes du bas-côté nord ont été posées à partir des deux pignons et qu'elles se réunissent à la 8^{ème} travée tandis que toutes les autres ont été posées de l'est vers l'ouest en continue. Pour les sablières, on a constaté qu'elles ont toutes été posées à partir des deux pignons et qu'elles se rejoignent en divers endroits. Enfin, rappelons l'assemblage de la ferme principale 8 aux liernes de la 7^{ème} travée qui suppose un raccord de deux chantiers qui auraient évolué chacun en partant d'un pignon pour venir se rejoindre à ce niveau. Et n'oublions pas les perturbations du chevillage observé au droit de la ferme principale 9.

Tout porte à croire que la mise en place de la charpente a suivi deux « chemins » distincts. Les charpentiers auraient commencé à lever les premières fermes en partant des deux murs pignons, profitant vraisemblablement des élévations et des échafaudages pour mettre en place leurs engins. Cette particularité s'explique peut-être par le fait qu'il aurait été certainement difficile d'achever la progression d'un chantier de levage contre un mur pignon, les fermes déjà levées gênant toute possibilité de manœuvre alors que la réunion de deux chantiers au sein de la charpente, grâce au montage des fermes pièce à pièce, permettait de manœuvrer les engins plus facilement. Ces deux chantiers, autant sur la nef que sur les bas-côtés, auraient donc évolué distinctement, celui partant du pignon ouest évoluant seulement sur deux travées, jusqu'à se rencontrer aux environs de la 8^{ème} travée, là où les perturbations structurelles sont les plus nombreuses.

3.9. La couverture

Aucun vestige du lattis de la couverture d'origine n'a été relevé et aucun chevron n'a pu être jusqu'à présent observé sur sa face extérieure pour lire le négatif de ce lattis.

Il est fortement probable que la couverture d'origine était en tuiles, comme cela a été constaté en fouilles archéologiques, dans les sondages situés à l'extérieur en pied des murs gouttereaux qui ont révélé la présence de nombreuses tuiles dans les niveaux de fondations de ces murs.

Dans la toiture actuelle, de l'intérieur, on peut observer en réemploi la présence de nombreuses tuiles de grand format, large de 17 cm, qui ont l'originalité de présenter un crochet décalé, à côté d'un trou destiné à un clou, pour l'éventuel réemploi de la tuile en cas de cassure du crochet (fig. 117).

IV. La place de la grange Saint-Lazare dans l'évolution des granges et de l'architecture au XIIIe siècle

L'implantation des abbayes cisterciennes dans l'Oise fut très important au XIIe siècle avec la fondation de 5 abbayes d'hommes à Ourscamp (1130), Froidmont (1134), Beaupré (1135), filiales de Clairvaux, et Chaâlis (1147) et Briostel-Lannoy, filiales de Pontigny et de 4 abbayes de femmes à Gomerfontaine, La Joie, Mouchy-Humières et Le Parc-aux-Dames. Le fort développement économique de leurs domaines fonciers, exploités en faire-valoir direct, a très vite engendré la création de « grangia », des centres d'exploitation agricole pourvus chacun d'une grange (lire plus haut III-1. Vocation et fonctionnement). Il a été recensé aujourd'hui plus de 27 « grangia » dépendant directement de ces abbayes sur les plateaux de l'Oise, pour la plupart créés aux XIIe-XIIIe siècles⁹. Seules quelques-unes d'entre elles subsistent actuellement¹⁰ dont certaines débordent sur les départements limitrophes : Warnavillers, Choisy, Ereuse, Eraine, Fay, Froidmont, Fourcheret, Mauregard, Grandmesnil, Stains, Troussures, Vaulerent¹¹. La plus ancienne est sans conteste celle de Warnavillers, que l'on peut attribuer au milieu du XIIe siècle en raison de la structure de sa charpente et de ses techniques d'assemblages typiques de cette période. Toutes les autres granges sont du XIIIe siècle avec leur charpente d'origine pour la plupart à l'exception d'Ereuse et d'Eraine, reconstruites en partie à la fin du Moyen Âge.

Outre celle de Warnavillers, la grange de Saint-Lazare ne se distingue pas des autres granges du XIIIe siècle dans son plan et ses dimensions. Toutes ces granges du XIIIe siècle présentent un plan rectangulaire, long de 50 m et large de 18 m en moyenne (47 x 22 m pour St-Lazare), orientées nord-est, avec une nef centrale bordée de deux bas-côtés séparés par deux files de grandes arcades maçonnées retombant sur des piles quadrangulaires, sauf pour Mauregard et Froidmont où les fermes reposent sur des poteaux en bois. La toiture, dont les deux versants descendent très bas sur les gouttereaux, est comprise entre deux murs pignons, épaulés par des contreforts. L'entrée est presque toujours située sur le mur pignon sud-ouest, soit dans l'axe de la nef, soit dans celui d'un bas-côté, sans ouverture sur l'autre pignon. Les entrées latérales dans les murs gouttereaux sont encore rares

⁹ P. Bonnet-Laborde, « La grange cistercienne, une architecture rurale médiévale », *Blé et Patrimoine*, Bulletin du Groupe d'Etude des Monuments et Oeuvres d'art du Beauvaisis, n° 24, 1985, p. 9-20.

¹⁰ Père A. Dimier, « Les belles granges cisterciennes du département de l'Oise », *Archéologia*, n° 85, août 1975, p. 49-61.

¹¹ Liste non exhaustive.

et se généraliseront plus tard, après le XIII^e siècle. Des baies étroites sont toujours présentes en haut des pignons pour la ventilation et la lumière.

La grange qui présente le plus d'analogies avec celle de Saint-Lazare est la grange de Froidmont avec son entrée sur le bas-côté sud, ouverte sur les deux pignons, et ses corniches à modillons le long des gouttereaux, ce qui semble relativement rare pour des granges. Mais les comparaisons s'arrêtent là puisque sa structure interne est complètement différente avec sa charpente reposant sur des poteaux en bois. Cependant, les granges de Troussures, de Fourcheret, de Fay, de Stains et de Vaulerent, toutes dépendantes de l'abbaye cistercienne de Chaâlis, ou encore celle de Grandmesnil, dépendante de Froidmont, présentent les mêmes files d'arcades maçonnées reposant sur des piles quadrangulaires. Ces piles carrées semblent caractéristiques de l'Oise ou bien de l'architecture cistercienne de ces granges monastiques de l'Oise puisqu'elles ne se retrouvent pas dans les autres régions. En Normandie, les arcades reposent sur des piles maçonnées circulaires comme dans les granges de l'abbaye Notre-Dame d'Ardenne et du prieuré de Perrières dans le Calvados, ou dans celle de l'abbaye de Maubuisson dans le Val d'Oise. Plus généralement, les fermes s'appuient sur des poteaux en bois, dès le début du XIII^e siècle comme au Val-de-la-Haye (Seine-Maritime) entre 1211 et 1220^d¹².

Bien que la grange de Saint-Lazare n'appartienne pas à l'ordre cistercien, son inspiration reste intimement liée à l'architecture de ces granges monastiques avec ses arcades en tiers-point filant sur des piles carrées. Cette appartenance n'est pas seulement d'ordre esthétique mais surtout d'ordre technique et économique. Elle s'explique par la présence dans l'Oise de nombreuses équipes de maîtres maçons travaillant essentiellement pour ces abbayes cisterciennes et qui, du fait de leur maîtrise des techniques de cette architecture, a permis la diffusion locale de ces formes.

Concernant la structure de la charpente, Saint-Lazare se distingue de toutes les autres granges. Outre la grange de Warnavillers qui présente une charpente à chevrons-formant-fermes du milieu du XII^e siècle, similaire en tout point à celles que l'on peut observer sur des églises de cette période, toutes les autres granges du XIII^e siècle de l'Oise et des régions limitrophes ont des charpentes à « fermes et pannes », c'est-à-dire avec des fermes principales, au droit des piliers ou des poteaux, portant plusieurs cours de pannes, dont une panne-faîtière, sans fermes secondaires. Les chevrons ne forment pas de fermes mais sont simplement chevillés individuellement aux pannes. Il s'agit d'une structure simplifiée à l'extrême, parfaitement équilibrée et économique en bois d'œuvre. Ce type de charpente à « fermes et pannes », présentes sur toutes ces granges, apparaît vers 1230 dans le Nord-Ouest de la France (abbatiale de Fécamp, grange de l'abbaye de Bonport...)¹³. Seule la grange de la commanderie templière du Val-de-la-Haye en Seine-Maritime, datée de 1211-1220^d¹⁴, présente une charpente mixte entre le système des « chevrons-formant-fermes » et des « fermes et pannes », comme à Saint-Lazare, où les pannes apparaissent dans la structure, avec un système de report des charges des travées au droit des poteaux ou des piliers (fig. 118).

Au Val-de-la-Haye, il s'agit d'une charpente expérimentale qui utilise les pannes dans une structure conçue pour les chevrons-formant-fermes, avec des fermes intermédiaires destinées au soulagement des pannes au milieu des travées, et des pannes portées au sein des fermes principales au moyen d'entretoises. Les chevrons ne forment pas fermes et la charpente, plus petite qu'à Saint-

¹² V. Bernard, *Etude dendrochronologique de la grange du Val-de-la-Haye (76)*, Rennes, 2004.

¹³ F. Epaud, « Evolution des techniques et des structures de charpenterie du XI^e au XIII^e siècle en Normandie », Thèse de doctorat, Rouen, 2002.

¹⁴ Bernard, *ibid.*.

Lazare, est beaucoup plus simple dans sa conception. Les fermes principales, portées par des poteaux, ne possèdent pas de poinçon mais comme à Saint-Lazare des arbalétriers.

Cette comparaison entre ces deux granges, construites à quelques années près, s'applique aussi aux techniques d'assemblage puisque dans ces deux charpentes on observe des assemblages d'une étonnante complexité qu'on ne retrouvera plus par la suite. Il s'agit d'une période d'expérimentation technologique où l'ingéniosité des maîtres charpentiers s'est exprimée aussi bien dans la conception des structures que dans la forme des assemblages. Cependant, force est de constater que la grange de Saint-Lazare dépasse de très loin celle du Val-de-la-Haye en complexité technique comme dans ses dimensions.

Les seules charpentes que l'on peut vraiment assimiler à celle de Saint-Lazare s'observent dans des constructions de dimensions similaires et où les problèmes de report des charges au droit des piliers maçonnés sont identiques, c'est-à-dire dans les grandes églises gothiques rayonnantes des années 1220 (fig. 119a-b). En effet, ce type de charpente se rencontre dans la nef de la cathédrale de Rouen (vers 1220), sur la nef et le chœur de la cathédrale de Paris (1220d), dans le chœur de la cathédrale de Meaux (premier tiers XIIIe siècle), la cathédrale d'Auxerre (1234-36d), la collégiale de Mantes ou le chœur de l'église de Vétheuil (Val d'Oise) des années 1220-1230. Ces charpentes témoignent du même souci de vouloir libérer les travées de leurs charges au moyen de liernes soutenant les fermes secondaires pour pouvoir ouvrir de grandes verrières et amincir au minimum les murs. Les liernes longitudinales reportent leurs charges sur les fermes principales assises au droit des piles, assistées par des arcs-boutants. Cette génération de charpentes, limitée à cette décennie autour de 1220 et dont les témoins sont relativement rares, est à l'origine de la diffusion du gothique rayonnant dans les cathédrales et les grandes églises d'Ile de France et des provinces limitrophes.

La grange de Saint-Lazare appartient à cette génération de charpentes gothiques des grandes cathédrales rayonnantes, bien que sa conception avec des pannes insérées dans la structure suggère un degré de complexité supplémentaire. Elle témoigne de l'aboutissement de l'évolution des chevrons-formant-fermes ainsi que des premières réflexions sur les structures à fermes et pannes qui, après 1220, vont très vite se répandre en Ile-de-France dans la plupart des granges et des églises gothiques (Marly-la-Ville, Champagne-sur-Oise...). Ce témoin est d'autant plus précieux qu'il s'agit ici d'une grange. Il ne faut pas en effet oublier que ces granges du XIIIe siècle, de part leurs dimensions mais surtout par la nécessité de reporter les charges de la charpente au droit des piliers, ont servi de lieu d'expérimentation à l'élaboration de la charpente gothique qui répond des mêmes contraintes (libération des murs, soulagement des travées, convergences des charges au droit des piles). La construction de ces granges a fait appel aux compétences des plus grands maîtres d'oeuvres de charpenterie, comme les grandes cathédrales gothiques. Il est dès lors pas étonnant de retrouver ce modèle de charpente sur les cathédrales de Rouen, de Meaux ou de Paris dans les mêmes années.

L'épure des fermes

Le tracé de l'épure d'une charpente est la première opération dans la réalisation d'un ouvrage en bois. Il consiste à tracer sur une aire plane, de superficie équivalente à l'ouvrage, en l'occurrence une ferme dans le cas présent, des traits définissant l'orientation des pièces constitutives de la structure. Ces traits sont matérialisés au sol par des fils tendus entre des piquets ou bien des tracés au noir de charbon. Chaque trait représente une pièce de la ferme, positionnée dans l'axe du trait ou sur son flanc.

Une fois que les bois sont équarris à la section et à la longueur voulues, ils sont placés sur cette épure pour tracer ensuite les assemblages à l'entrecroisement des pièces. Dans tous les cas, pour la réalisation d'une charpente, l'épure sert aussi bien aux fermes principales qu'aux fermes secondaires.

ILLUSTRATIONS

Fig. 1 Vue de la léproserie Saint-Lazare de 1682 (Arch. Départ. Oise, Arch. Hosp. St-Lazare)

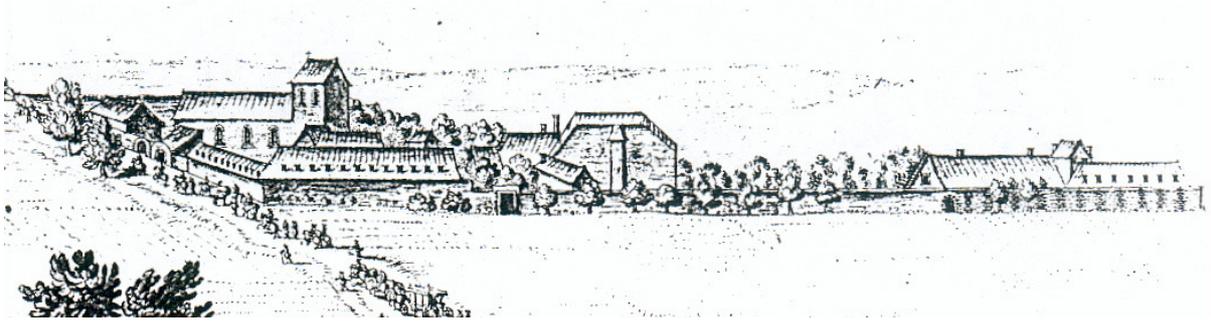


Fig. 2 Plan de la léproserie de 1672 (Arch. Départ. Oise, Arch. Hosp. St-Lazare)

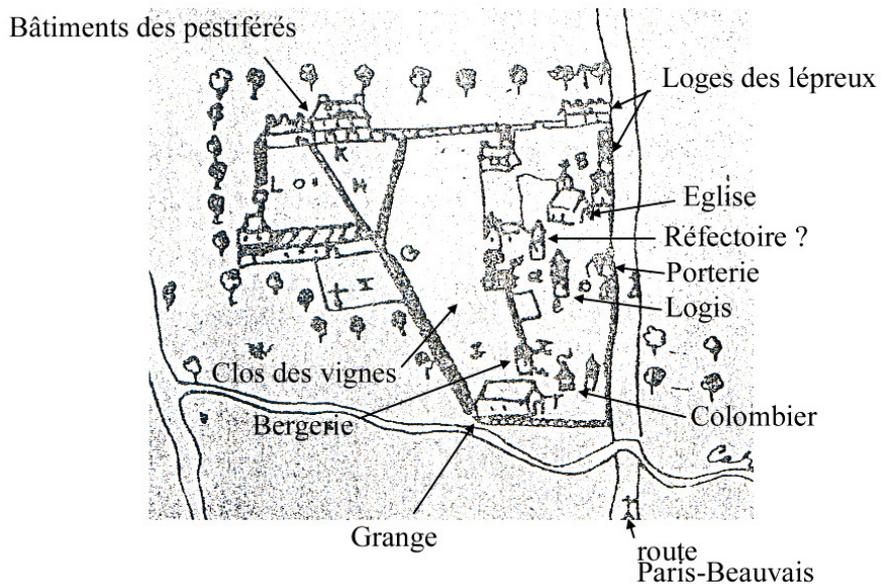


Fig. 3 Plan de la léproserie de 1782 (Arch. Départ. Oise, 1 Cp3)

1. Enclos
2. Eglise
3. Loges des lépreux
4. Logis
5. Pigeonnier
6. Grange
7. Réfectoire ?
8. Bâtiment du XIIIe siècle
9. Mare
- 10-12. Enclos des pestiférés

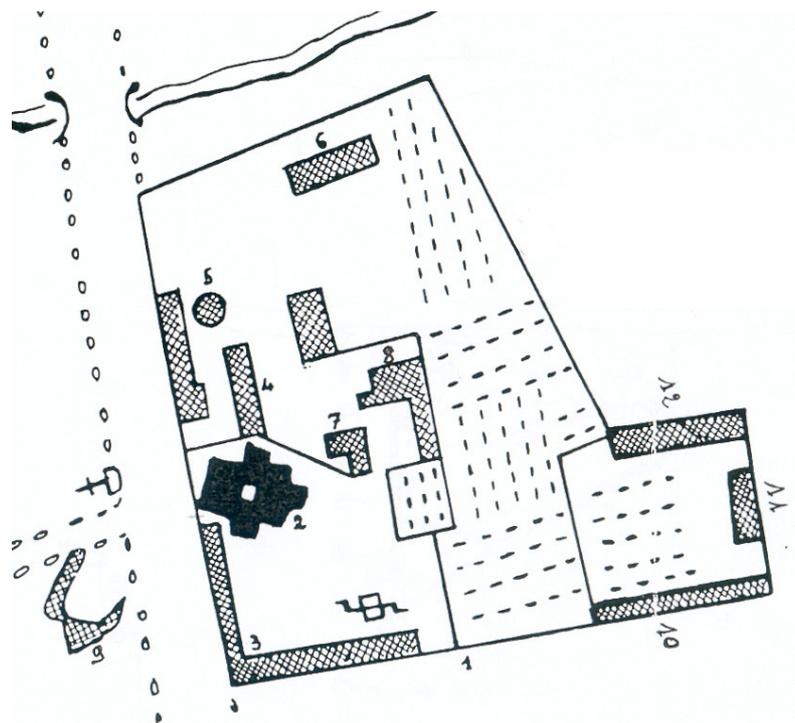


Fig. 4 Cadastre actuel
(AE 129 à 135, 393 à 396)

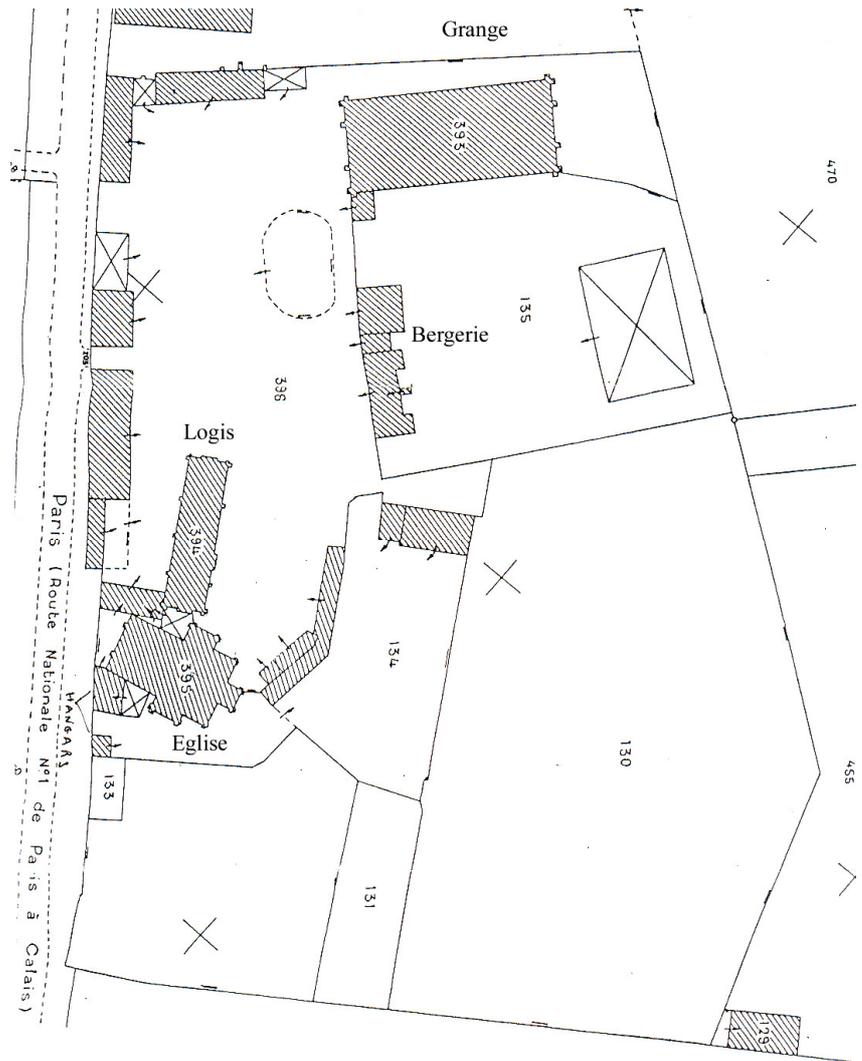


Fig. 5a Charroi dans la grange de l'abbaye
Notre-Dame d'Ardenne (avant 1944)



Fig. 5b Grange Saint-Lazare, stockage des céréales
par simple empilement, début XXe s.



Fig. 7 Pignon ouest



Fig. 8 Mur gouttereau sud et pignon est.



Fig. 9 Mur pignon est

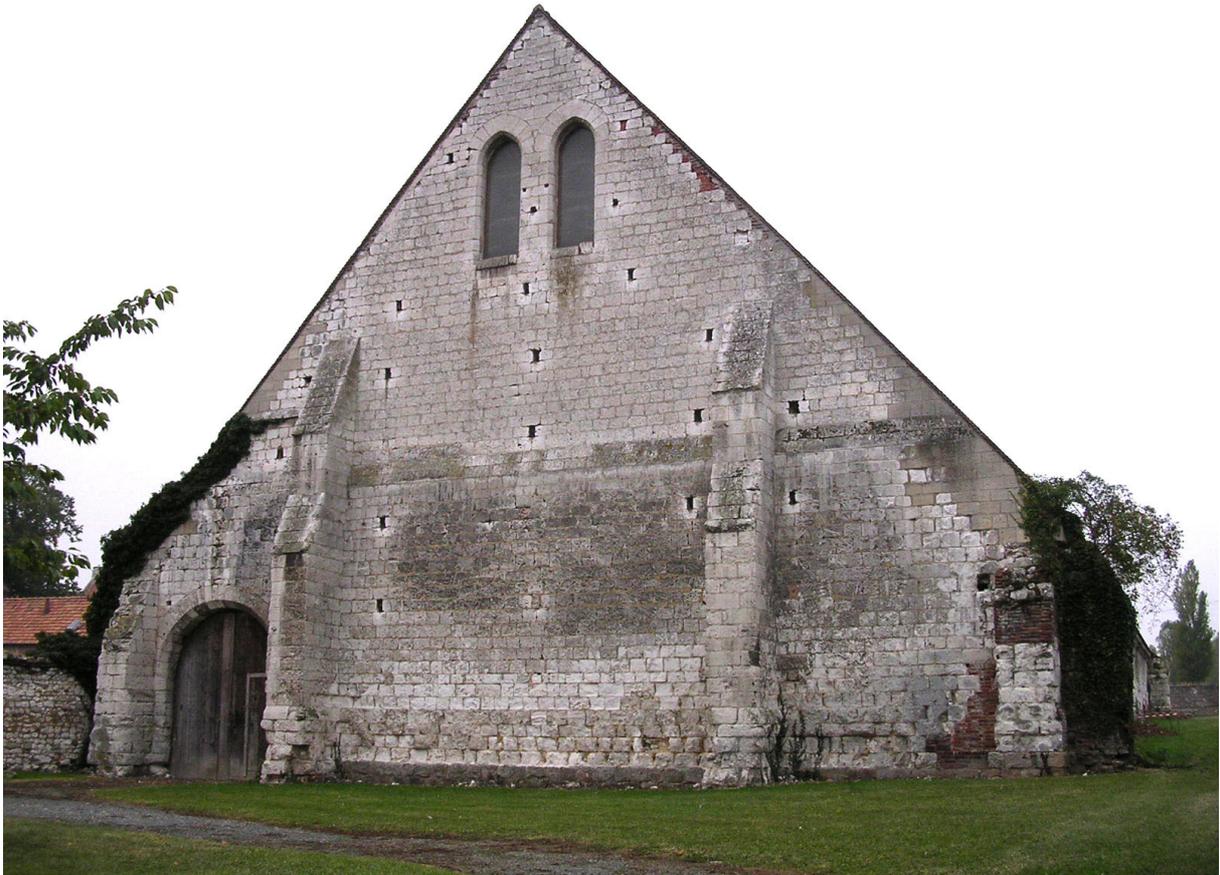


Fig. 10 Mur gouttereau sud.



Fig. 11 Fondations du mur gouttereau nord



Fig. 14 Intérieur de la grange, vue des deux files d'arcades de la nef.



Fig. 15 Grande arcade de la nef.



Fig. 16 Base d'une pile.



Fig. 17 Négatif d'une pièce du cintre dans le mortier.



Fig. 18 Intrados de l'arcade de la 4ème travée sud, enduit peint recouvrant l'appareillage.



Fig. 20 Mur gouttereau sud : niche du XIIIe siècle au premier plan et baie moderne au second plan.



Fig. 21 Niche



Fig. 22 Fenêtre d'époque moderne



Fig. 23 Linteau et montant de la baie

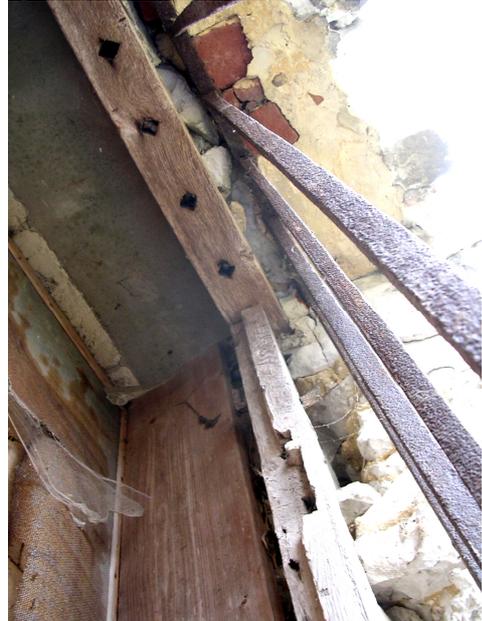
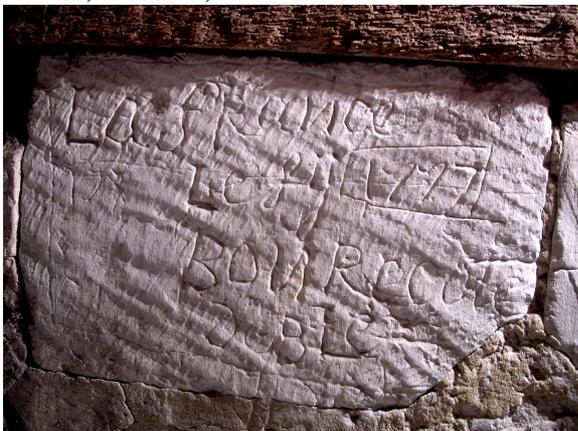
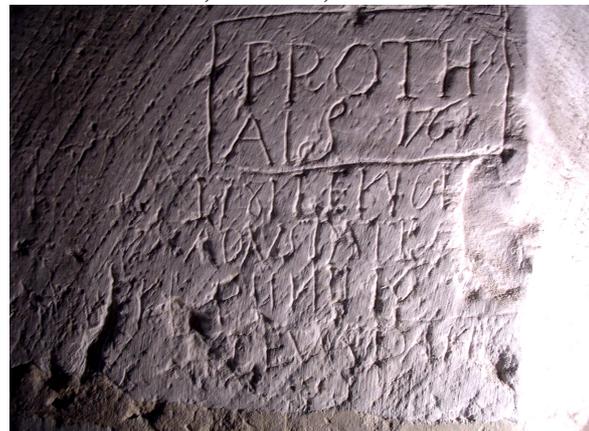


Fig. 24 Graffiti d'époque moderne
a- Nef, travée 3, mur nord



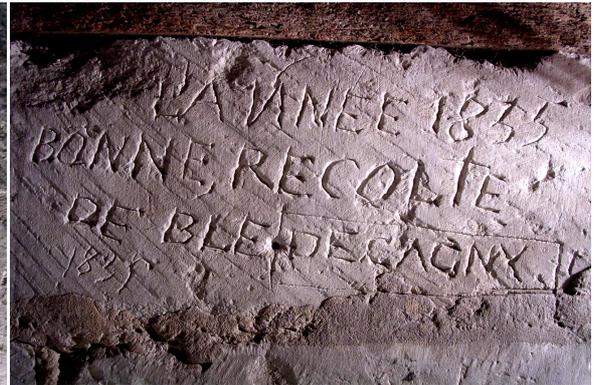
b- Nef, travée 6, mur sud



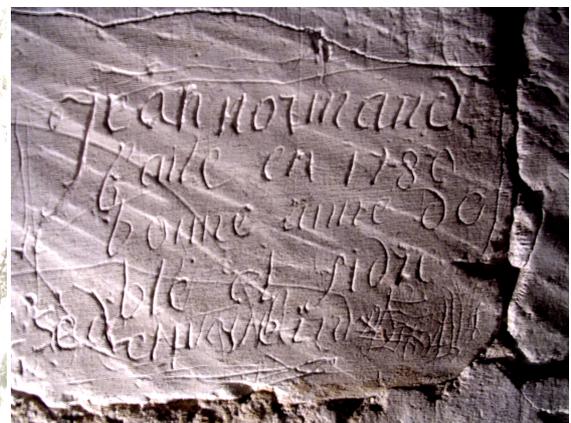
c- Nef, travée 3, arcade nord



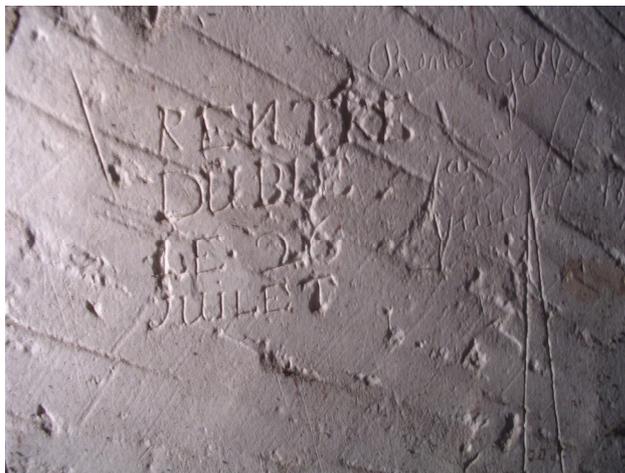
d- Nef, travée 6, mur sud



e- Nef, travée 7, mur nord



f- Nef, travée 7, mur nord



g- Entrait de F6, face est



Fig. 25 Graffiti du XIIIe siècle

a- Marque de tâcheron, 3ème arcade nord



b- 8ème arcade nord



c- 9ème arcade nord, rosace



d- 8ème travée, bas-côté nord

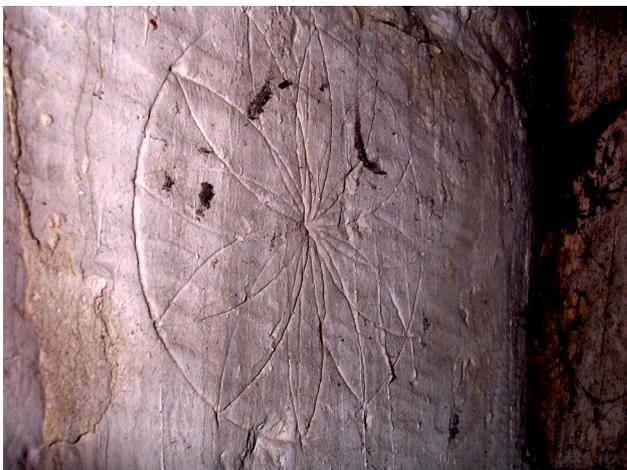
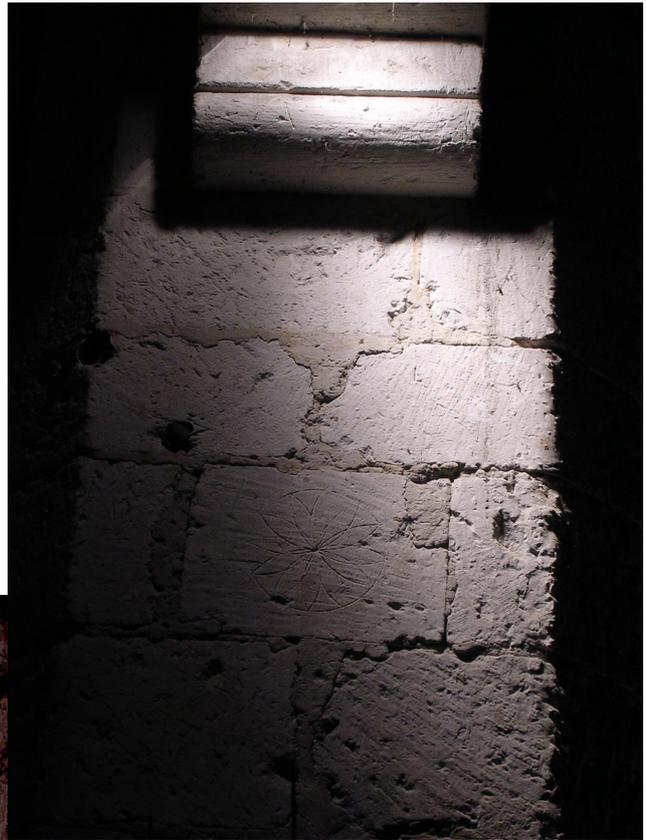
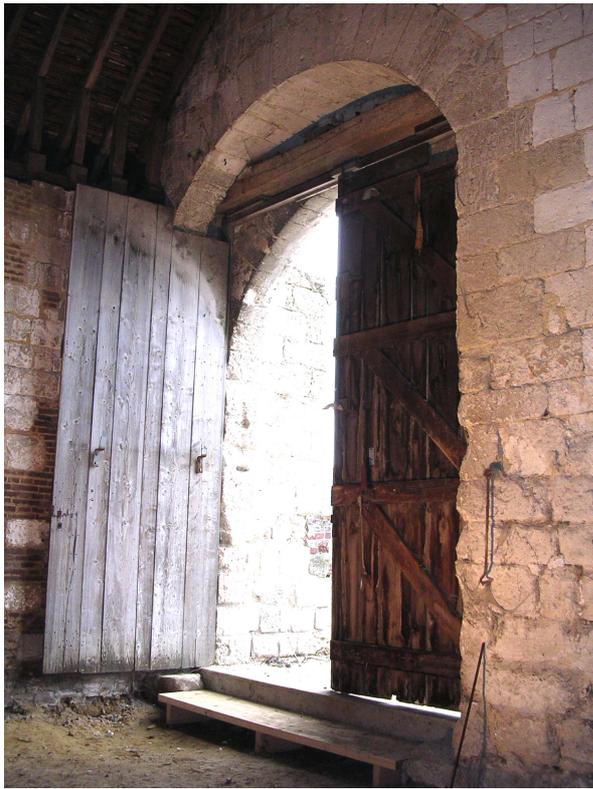


Fig. 26 Porte ouest, linteau en bois du XIIIe siècle



Logement de l'axe de la porte dans le linteau



Logement de l'axe dans le seuil en grès



Fig. 27 Porte est, linteau en place ancré dans le mur aux extrémités



Porte est, logement circulaire de l'axe du vantail



Fig. 28 Porte est



Corbeau en place dans son logement

Extraction d'un corbeau

Lignage du corbeau



Porte ouest



Mortier pris dans une fente de séchage



Réemploi d'un linteau de porte comme corbeau

Fig. 30 Taille de l'about d'un blochet à la hache



Fig. 31 Traces de coups de haches transversaux préliminaires à l'équarrissage



Fig. 32 Arbalétriers tors



Fig. 33 Bas-côté nord : panne torse et poteau évitant le ressaut de la pile

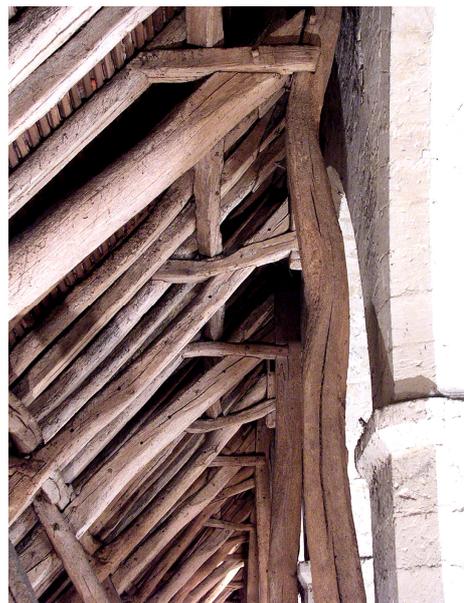


Fig. 34 Charpente de la nef



Vue transversale d'une travée



Fig. 36 Sablières interne et externe reliées par une entretoise



Fig. 37 Enture crantée des sablières de la nef



Fig. 38a Cale supportant les sablières interne et externe



Fig. 38b Ressaut travaillant en butée de la cale

Fig. 38c Cale placée sur l'enture de sablières internes



Fig. 44 Assemblages des chevrons au poinçon de F8



Fig. 45 Enture des chevrons



Fig. 46a Pied nord de F6

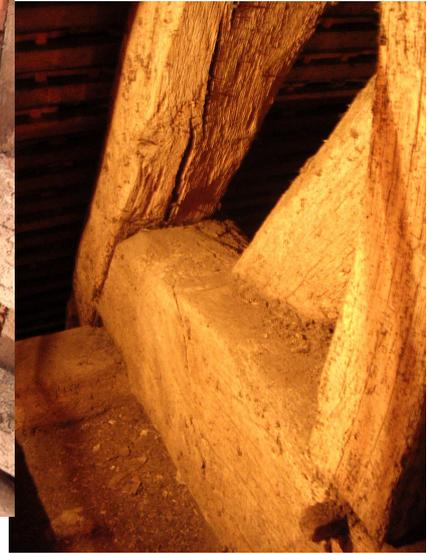


Fig. 47 Faux entrants de F8, face ouest



Fig. 48 Tenon de faux entrant, about biais



Fig. 49 Embrèvement biais chevillé de la jambe de force de F 5, face ouest



Fig. 50 Arbalétrier sud, face est



Fig. 51a Poteau latéral nord de F5

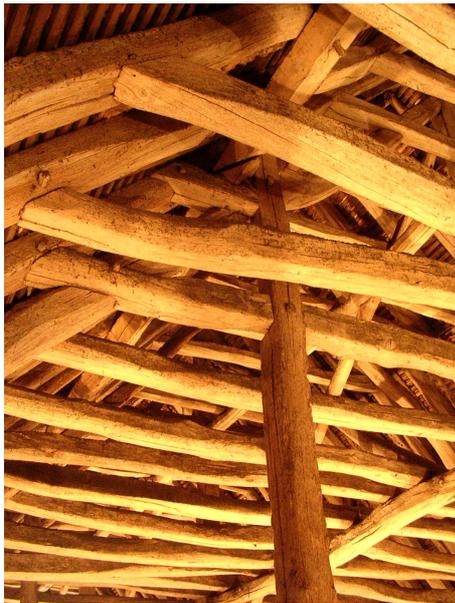


Fig. 51b Assemblages de tête du poteau nord de F9



Fig. 52 Suspente de F 2



Fig. 52b Suspente de F8



Fig. 52c Suspente de F3



Fig. 52c
Suspente de F3



Fig. 54 Ferme intermédiaire située en milieu de travée pour soutenir les pannes



Fig. 55a Jambe de force avec son about mouluré d'une ferme intermédiaire



Fig. 55b Tête des arbalétriers

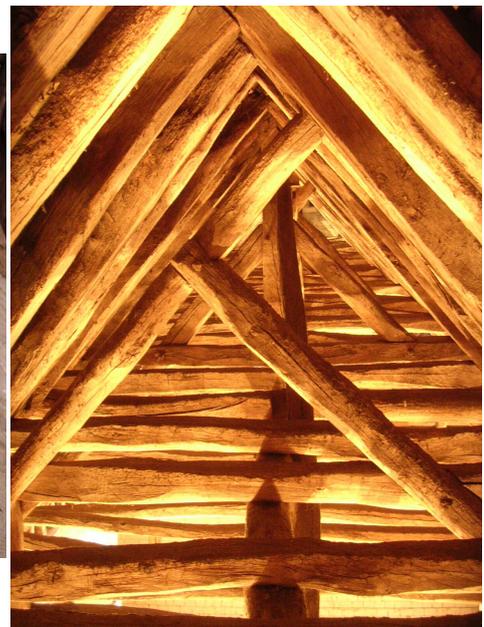


Fig. 57 Arbalétrier tors d'une ferme intermédiaire

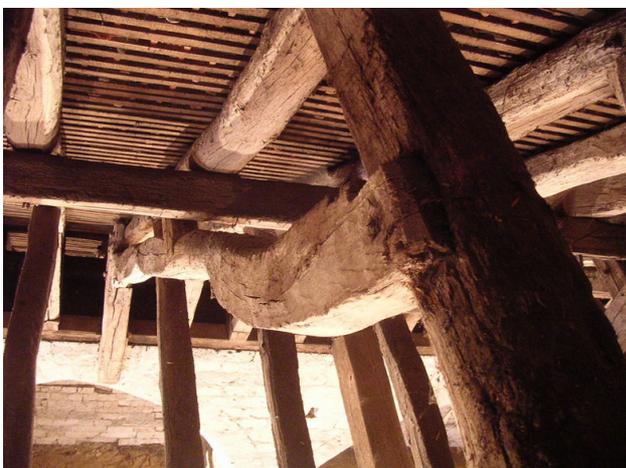


Fig. 58 Etrésillon assemblé à mi-bois





Fig. 60 Vue de la 7ème travée avec ses 7 fermes secondaires et 1 ferme intermédiaire

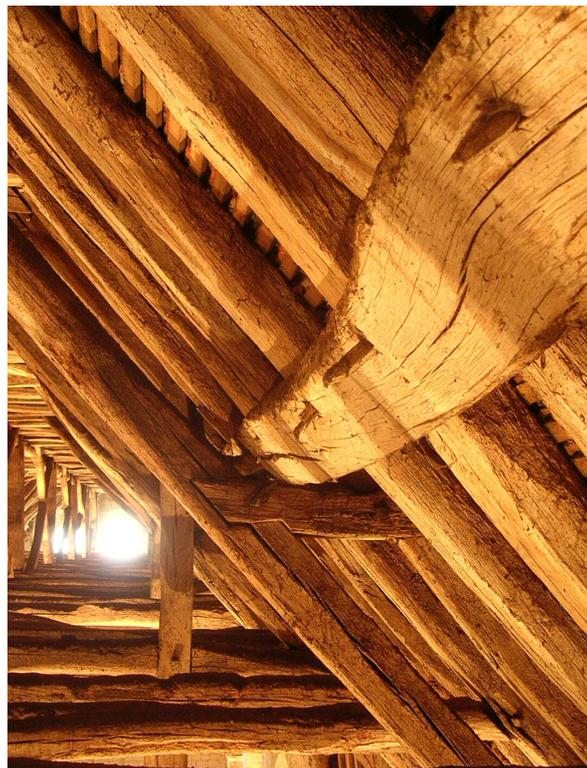
Fig. 61 Embrèvement biais des jambes de force aux chevrons, chevillage de l'intérieur



Fig. 64 Enture biaise en pied des chevrons



Fig. 65 Chevillage perpendiculaire des chevrons à la panne



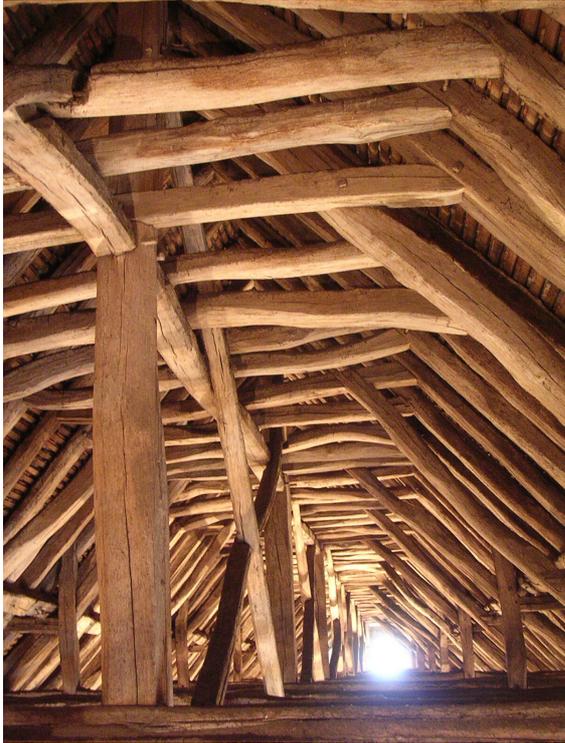


Fig. 66 Cours des liernes supérieures raidies par les croisées d'écharpes assemblées à mi-bois

Fig.67 Liernes inférieure et supérieure assemblées par mi-bois aux écharpes



Fig. 68 Cours des liernes inférieures assemblées aux extrémités aux poinçons des fermes principales et raidies par le pied des écharpes



Fig. 69 Assemblages des écharpes au poinçon



Fig. 70a Retaille de l'écharpe et de l'entrait retroussé pour le franchissement



Fig. 70b Profonde entaille de l'entrait retroussé pour le passage de l'écharpe torse

Fig. 71 Enture biaisée du cours des pannes



Fig. 72 Report des charges des pannes sur l'arbalétrier et le poteau, lui-même en appui sur l'entrait

Fig. 75a Vue du bas-côté nord depuis la nef

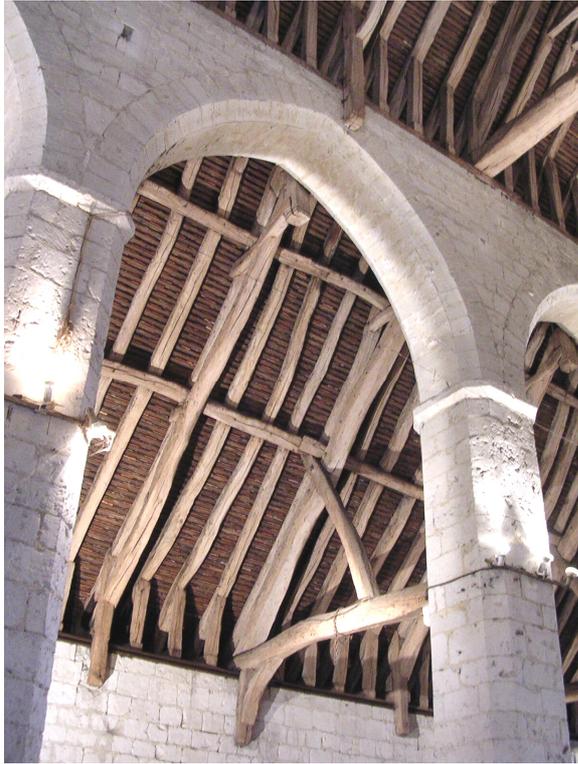


Fig. 75b Bas-côté nord, vue de l'ouest



Fig. 75c Charpente d'une travée du bas-côté nord Fig. 76 Bas-côté sud, vue de l'ouest



Fig. 77 Double cours de sablières avec une entretoise assemblée à mi-bois



Fig. 78 Enture crantée des sablières internes



Fig. 79a Deux cales en coin insérées sous la sablière



Fig. 79b Longue cale débordante placée sous les deux sablières



Fig. 79c Extrémité de la cale débordante, travaillant en butée contre le mur



Fig. 81a Demi-ferme principale de F8, bas-côté nord Fig. 81b Demi-fermes du bas-côté nord



Fig. 81c Partie haute d'une demi-ferme de bas-côté nord



Fig. 81d Tête de contrefiche

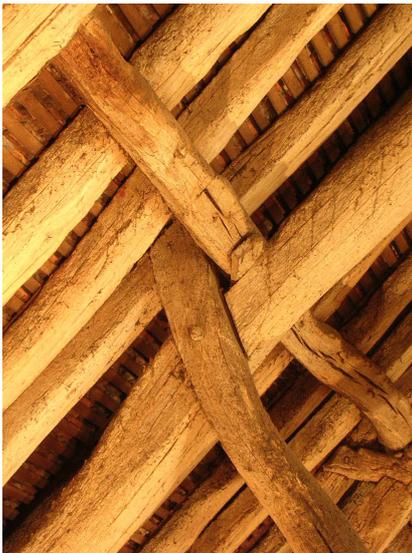


Fig. 82 Cale sous l'entrait

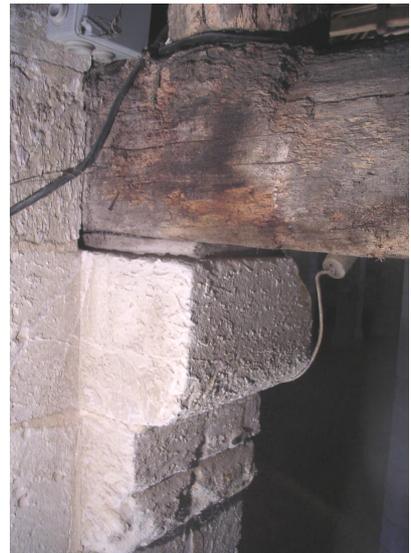


Fig. 83 Console travaillant en butée contre le mur

Fig. 84 Entrraits tors du bas-côté nord, incurvés vers le haut

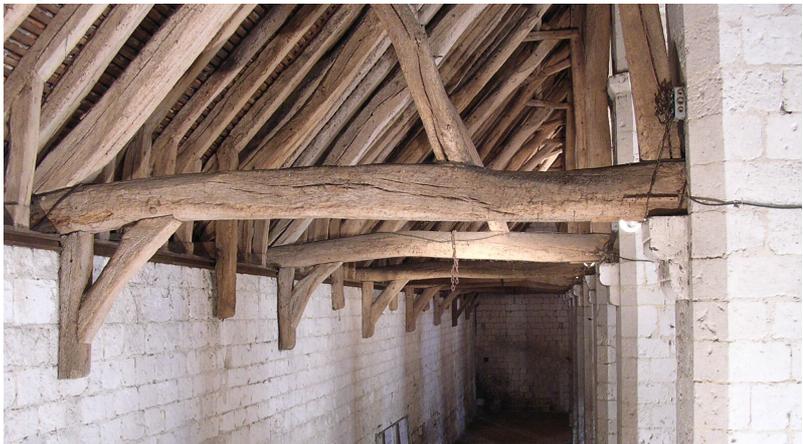


Fig. 88 Demi-ferme intermédiaire nord, travée 7



Fig. 89 Jambe de force en butée



Fig. 90 Calage de la panne sur l'entretoise



Fig. 91 Assemblages de tête de la demi-ferme



Fig. 92 Entretoise torsée assemblée à mi-bois destinée à porter la panne



Fig. 93 Sculpture en about de la culée, 1^{ère} travée Fig. 95 Embrèvement des jambes de force aux chevrons



Fig. 96 Coin enfoncé dans la mortaise du blochet



Fig. 98 Marque de pièce, gravée à la rainette, recoupée par une fente de séchage (9^{ème} travée)



Fig. 99 Marques d'assemblage reportées sur l'autre bois au droit de l'assemblage



Fig. 100 Marque de lierne, gravée au traceret



Fig. 101 Tracés de lignage au noir de charbon : (a) double tracé suivant les flancs de la mortaise, (b) trait unique sur un seul flanc de la mortaise et (c) tracé unique "sortant" du bois tors.



Fig. 102a Tracés de piquage au traceret sur le poteau dans le prolongement de l'entretoise



Fig. 102b Tracés de piquage sur le chevron au droit de l'assemblage du faux entrait

Fig. 103 Piquage au ciseau des emplacements des touts de chevilles



Fig. 104 Amorce d'un percement de trou de cheville à la tarière

Fig. 107 Chevillage de la ferme 10 orienté vers l'intérieur



Fig. 108 Mortaises dans le poinçon sous les liernes inférieure (a) et supérieure (b) pour aider à l'insertion de leur mortaise dans le poinçon par pivotement de la lierne. Une cale a été insérée dans la mortaise supérieure (b), celle du bas a disparu.

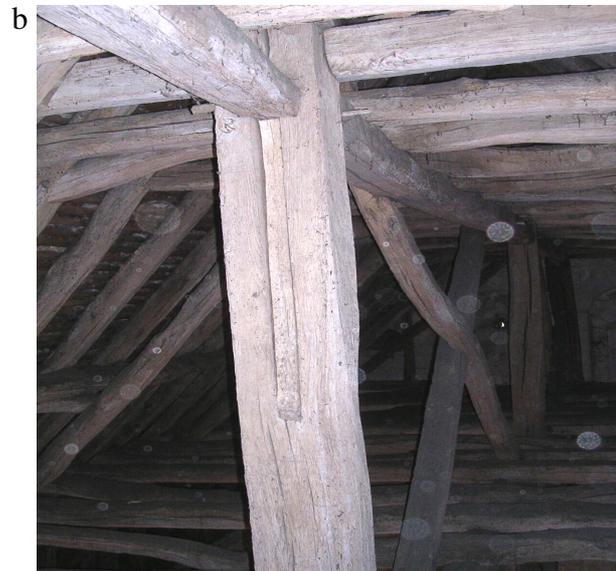
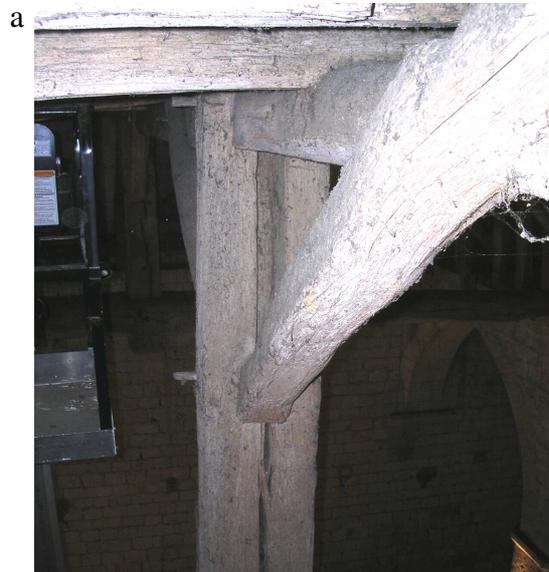


Fig. 109 Double trous de cheville dans le flanc est des blochets



Fig. 110 Trou percé aux extrémités des liernes de part et d'autre du poinçon



Fig. 111 Trous d'échelier percés dans le flanc d'un poinçon



Fig. 112 Trous d'échelier dans les arbalétriers des fermes des bas-côtés



Fig. 113 Vues des entailles aux arêtes des chevrons pour l'accroche des cordes de levage



Fig. 114a Coin enfoncé à l'encontre d'une cheville



Fig. 114b Coins enfoncés à force à l'opposé des chevilles pour bloquer l'assemblage



Fig. 114c Coin extrait du logement



Fig. 114d Petits coins enfoncés dans les chevilles d'un blochet



Fig. 115a Chevillage du poteau fendu de part et d'autre de l'assemblage



Fig. 115b Chevilles destinées à limiter la déformation des fentes du poteau



Fig. 116 Cale placée entre un chevron et la panne, percée par le chevillage du chevron



Fig. 117
Tuile en réemploi présentant un crochet désaxé et un trou destiné à un clou pour la réutilisation de la tuile en cas de rupture du crochet



Fig. 118 Grange du Val-de-la-Haye (76), 1211-1220d
(dessin F. Epaud)

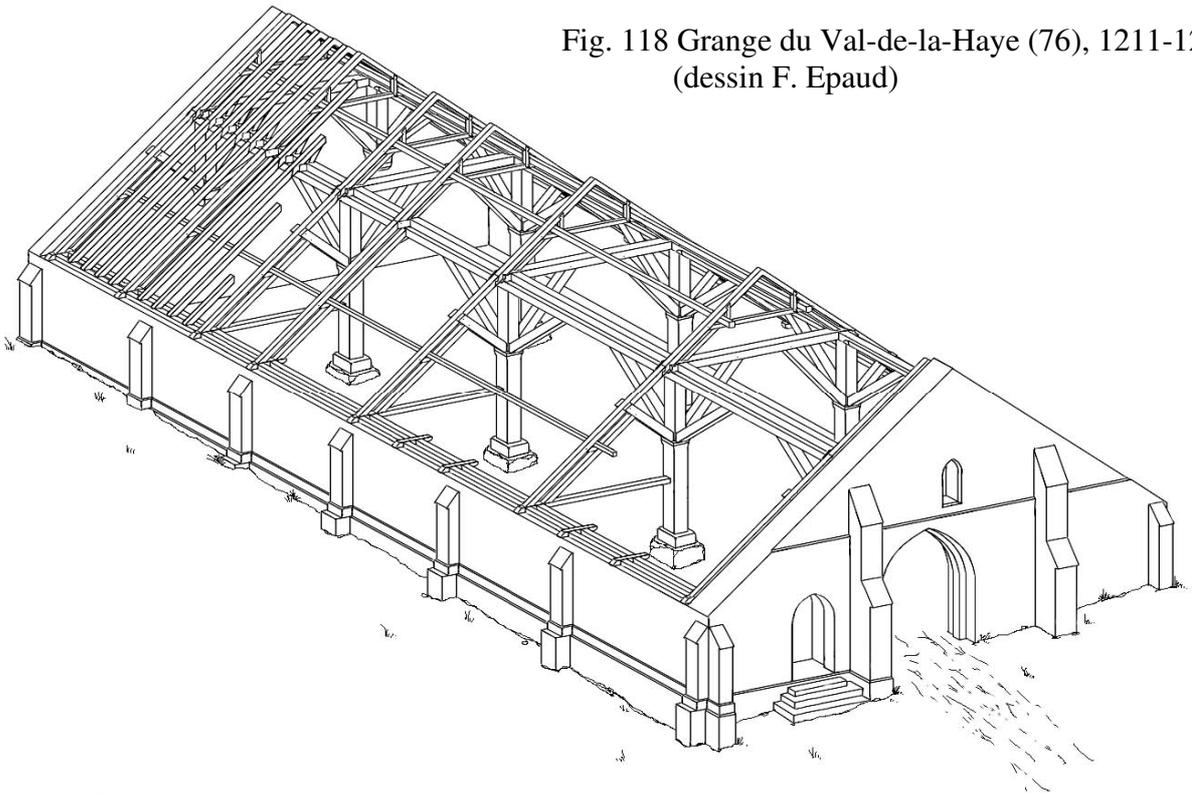


Fig. 119a Charpentes gothiques

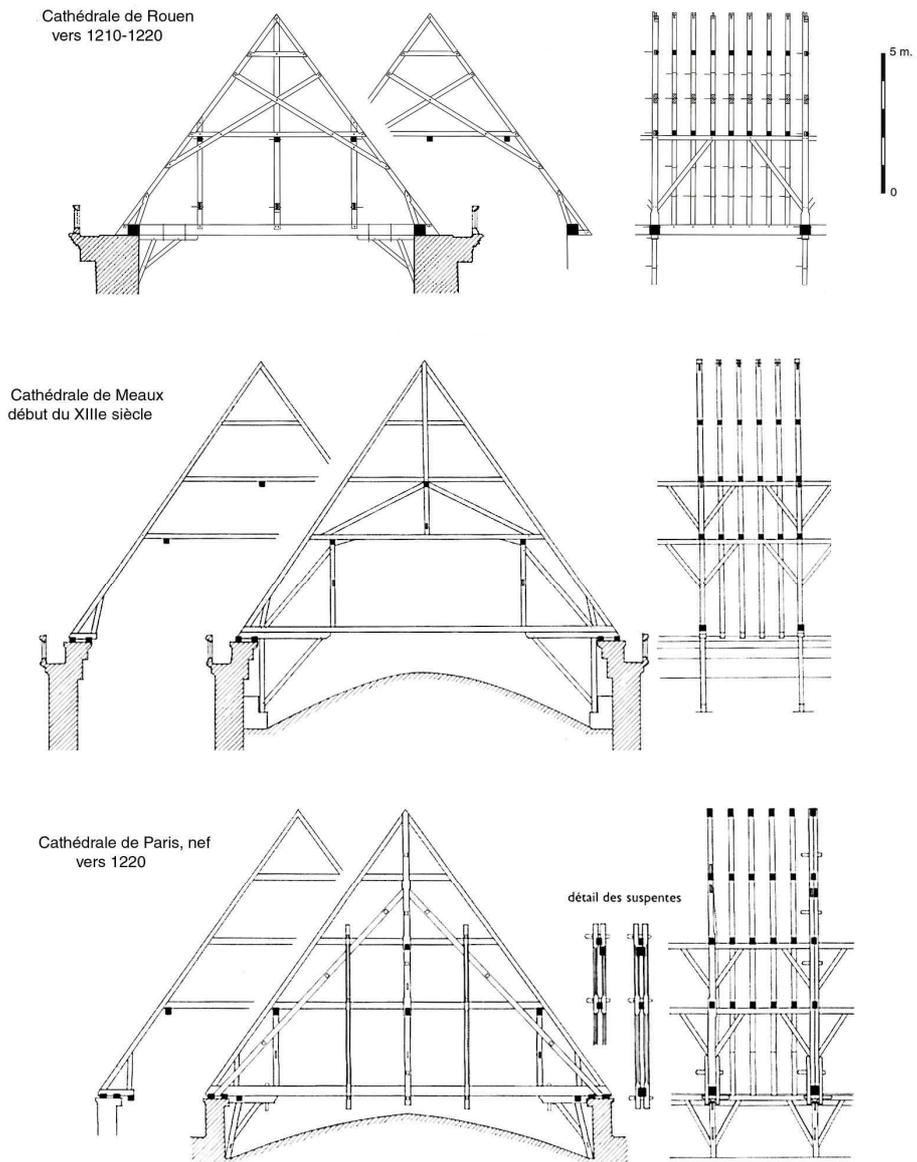


Fig. 119b Charpentes gothiques

