Les charpentes

Frédéric Epaud

▶ **To cite this version:**

Frédéric Epaud. Les charpentes. Andrault-Schmitt C. (dir.) La cathédrale Saint-Pierre de Poitiers. Enquêtes croisées, Geste éditions, pp.188-208, 2013. halshs-01244533

HAL Id: halshs-01244533
https://shs.hal.science/halshs-01244533

Submitted on 17 Dec 2019

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.

21 – Les charpentes

Frédéric Épaud

La partie orientale de Saint-Pierre, édifiée en deux campagnes successives dans les années 1155-1175, appartiendrait à un programme initial qui prévoyait une cathédrale de plan trapézoïdal, dotée d'une très large façade occidentale et de tours de clocher à la croisée du transept et sur chaque bras. Le bras sud conserve de ce premier projet une voûte percée d'un trou à cloche, des murs épais et des arcs de décharges en prévision d'un étage supplémentaire. Concernant les toitures, ce projet primitif prévoyait sans doute déjà sur le chevet une grande charpente couvrant les trois vaisseaux, portée par deux murs longitudinaux à arcades dont l'amorce serait conservée à l'angle sud-est de la tour de croisée[1]. Le projet initial des tours de transept aurait été abandonné au début du XIIIe siècle. Les charpentes des bras ont alors été construites en les adaptant à des murs prévus initialement pour un étage supplémentaire avec des escaliers qui s'arrêtent brusquement au sommet des maçonneries. Comme nous le verrons plus loin, les charpentes des deux bras du transept et celle du chevet présentent la même structure ainsi que des techniques d'assemblage, de marquage et de montage identiques, attestant une conception et une mise en œuvre commune, par les mêmes équipes de charpentiers et, donc, un achèvement simultané [fig. 1 et 2].

Les campagnes suivantes, qui s'échelonnent en plusieurs étapes jusqu'au dernier tiers du XIIIe siècle, voient l'achèvement de la nef et de sa façade occidentale.

Des toitures provisoires ?

Il subsiste dans le chevet, entre les voûtes et au droit des doubleaux, des vestiges de murs transversaux qui appartiennent à une phase de chantier antérieure à la mise en œuvre de la charpente actuelle. Ces murs, larges d'au moins 0,80 m, ont été démontés en grande partie mais leur fouille récente a permis de démontrer qu'ils étaient postérieurs à la construction des voûtes et qu'ils ont été recoupés, après un laps de temps relativement long, pour la mise en œuvre des piles des deux murs longitudinaux à arcades qui soutiennent la charpente haute du début du XIIIe siècle. Leur fonction reste encore indéterminée mais il est probable qu'ils ont servi d'appui à des toitures transversales provisoires et à leurs chéneaux, dans l'attente de l'achèvement du chantier. En effet, on observe sur les deux grands murs longitudinaux du chevet, sur leur face nord et sud, des solins faiblement inclinés [fig. 3 et 24] qui témoignent de l'existence de toitures transversales, couvrant chacune des trois travées sur toute la largeur de l'édifice, en connexion avec des logements prévus pour des chéneaux.

Il est donc possible d'envisager des toitures posées temporairement après l'achèvement de chaque travée de voûte, suivant l'avancement du chantier – nécessairement après 1167 pour les premières. Ces toitures auraient été démontées pour la construction des deux murs à arcades. Il est en effet difficile de concevoir que le chantier de ces deux grands murs ait pu être mené en présence de ces toitures qui, couvrant toute la superficie du chevet, entravaient les échafaudages, la circulation des ouvriers, la manutention des pierres et des engins de levage. Une fois les deux murs à arcades édifiés, les toitures transversales auraient été reposées à leur emplacement d'origine, avec certainement les mêmes bois, toujours dans un but provisoire, dans l'attente de l'achèvement des élévations maçonnées des deux bras – puisque les charpentes des bras et du chevet ont été réalisées simultanément (voir plus loin). Ces toitures transversales ne correspondraient donc pas à un projet qui se voulait définitif et qui aurait avorté, mais bien à une construction légère et provisoire, liée au chantier, ce qui suppose la suspension de toute activité sur le chevet, entièrement condamné par ce couvrement. Les traces de ces toitures relevées sur les piles montrent en effet qu'elles étaient irrégulières, de hauteur différente (la toiture orientale plus basse de 1,30 m que les deux autres) et avec des pentes variables entre elles et même selon les versants pour chacune d'entre elles : 21° pour le versant est et 30° à l'ouest pour la toiture orientale, 33° à l'est et 38° à l'ouest pour la toiture médiane, et 38° à l'est et 33° à l'ouest pour la toiture occidentale. De telles irrégularités nous semblent inconcevables pour un projet définitif. Par ailleurs, le chevronnage était placé au plus près des voûtes, voire posé sur elles pour la toiture orientale ; il ne laissait qu'un raidissement limité en partie haute, presque inefficace et uniquement pour les toitures médiane et ouest, interdisant tout dispositif d'appui au pied de la toiture, de type blochet et jambe de force. La largeur des murets ne permettait d'ailleurs pas de recevoir des doubles cours de sablières avec blochets pour deux charpentes juxtaposées, sans compter l'espace occupé par le chéneau. Ces charpentes devaient donc être légères, constituées de perches, et ne porter qu'une couverture en matériaux tout aussi légers (bardeaux ou chaume). En aucun cas elles ne pouvaient avoir eu une vocation pérenne, avec des tuiles bien trop lourdes pour cette structure. Enfin, rappelons les pierres en attente à l'angle sud-est de la tour de croisée qui prouvent qu'une grande toiture longitudinale avait bien antérieurement projetée. Ces toitures transversales auraient été démontées lors de la construction de la grande charpente longitudinale.

L'évacuation des eaux pluviales de ces toitures utilisait trois chéneaux transversaux [fig. 3], vraisemblablement des gouttières en bois, traversant les piles grâce à des réserves prévues dès la construction de ces murs, montrant que ces toitures provisoires étaient alors déjà planifiées. Ces gouttières transversales déversaient les eaux dans les chéneaux des gouttereaux qui étaient placés un mètre plus bas que ceux présents actuellement (lire ci-après). À cette étape du chantier, il est probable en effet que les chéneaux de pierre des gouttereaux ainsi que leurs gargouilles étaient déjà en place, prévus non pour les toitures transversales mais bien pour une grande toiture longitudinale[2]. Toujours à cette étape du chantier (toitures transversales), le grand mur pignon oriental n'était pas encore édifié. En effet, d'une part, la base du versant de la toiture provisoire orientale vient buter contre ce mur pignon et aucune réserve n'est présente dans les piles attenantes pour le passage d'une gouttière. Si ce pignon était présent, l'évacuation des eaux aurait donc été impossible. D'autre part, les assises du pignon sont mal chaînées avec celles des piles, les trous de boulins sont de type différent[3] et ne se correspondent pas horizontalement, indiquant que ces deux chantiers ne sont pas contemporains. De plus, on observe nettement un changement de joint d'assise au niveau de chacune des deux tourelles, avec un arrêt de chantier supposé au seuil de la porte la plus haute et à la base de la partie octogonale [fig. 4]. Ainsi, une quatrième gouttière en bois transversale devait être placée à la base de cette toiture, sur la base du mur pignon, et se raccorder aux deux gargouilles de la façade orientale, dans l'axe des piles, et celles des deux tourelles. L'absence de pignon devait se justifier pour l'approvisionnement en matériaux depuis la façade et, notamment, par le levage des bois de la charpente. C'est vraisemblablement après le montage de la charpente du chevet que le grand pignon a été édifié, condamnant les quatre gargouilles orientales.

1 Mais ce qui peut apparaître comme une « amorce » fait aujourd'hui l'objet d'un débat : voir chapitres 19 et 22.

2 Cette hypothèse fait aujourd'hui l'objet d'un débat (n.d.d.).

3 Les boulins des murs à arcades sont de petites ouvertures, au négatif circulaire quand le mortier en garde l'empreinte, et aménagés dans une entaille à l'angle inférieur d'une pierre, tandis que ceux du pignon sont bien plus grands et aménagés comme précédemment mais aussi par un espacement entre deux pierres, donc pour des bois de plus fort calibre. Toutefois, d'après Fabrice Mandon, il se peut, en raison du vide extérieur, que l'échafaudage fût plus lourd.

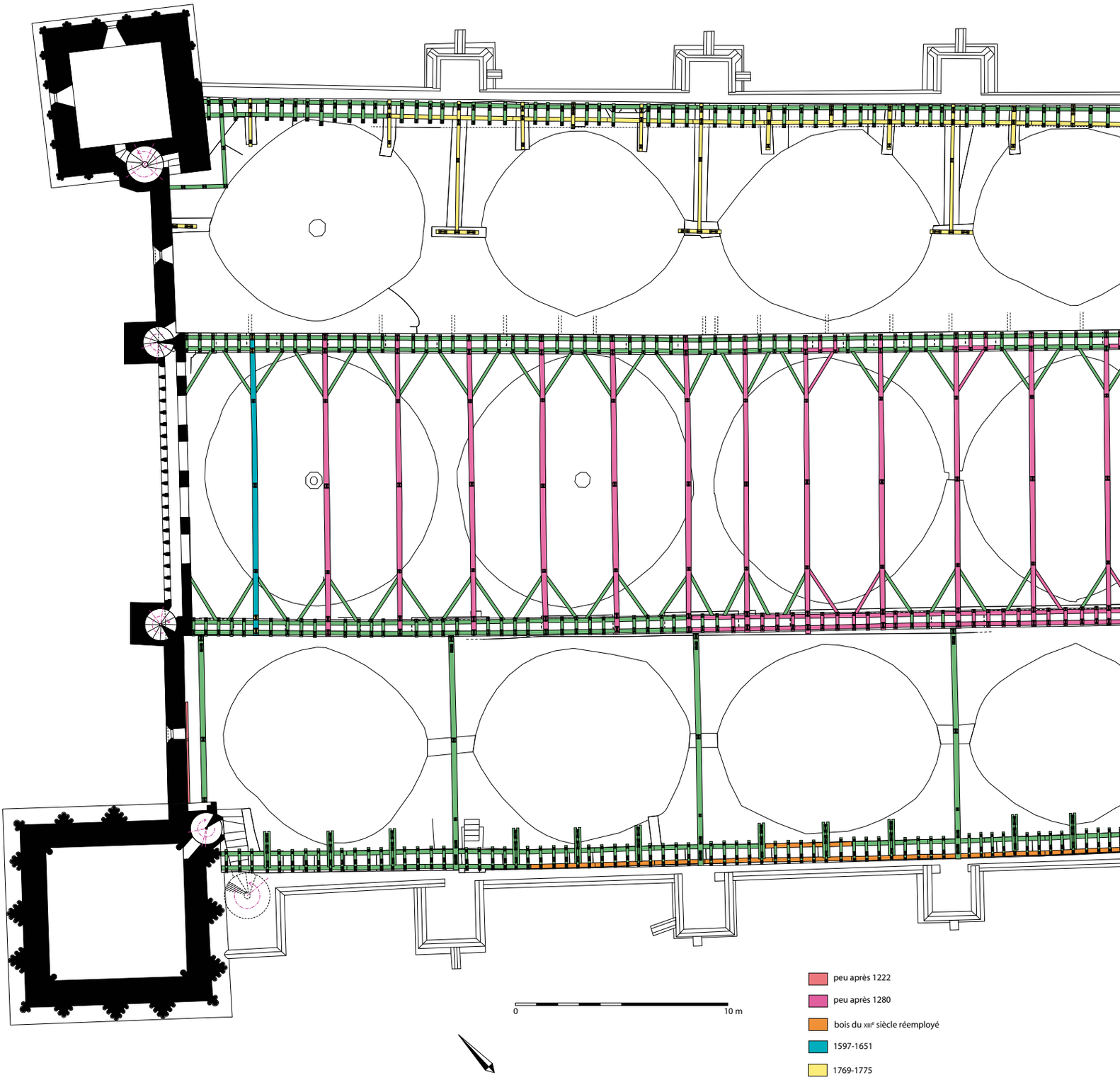
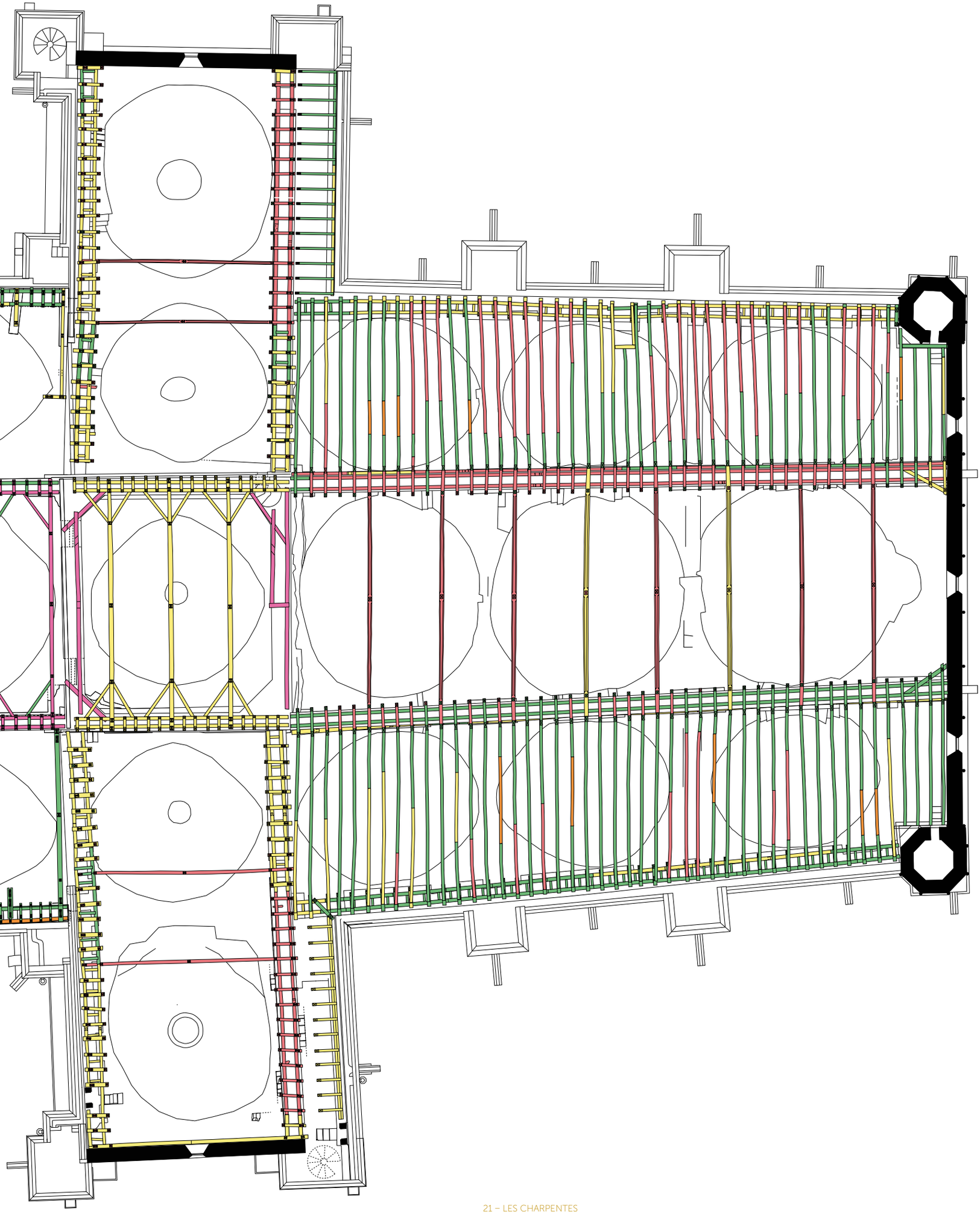
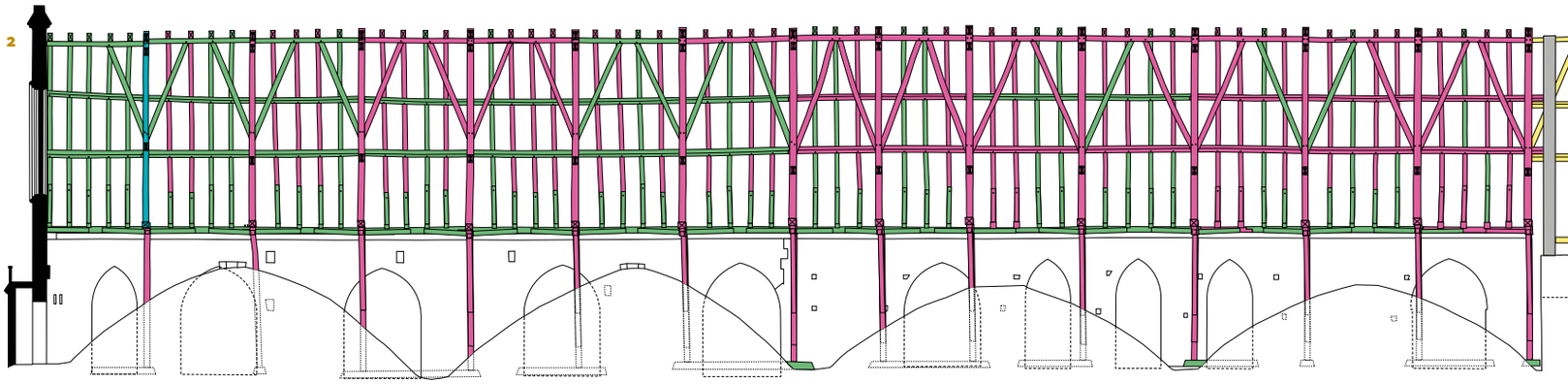


Fig. 1 – Plan des charpentes au niveau des sablières (relevé : F. E., Atemporel (voûtes) et ESGT (chevet) ; DAO : F. E.).



OUEST



peu après 1222
peu après 1280
bois du XIIIe siècle réemployé
1597-1651
1769-1775
1978-1987

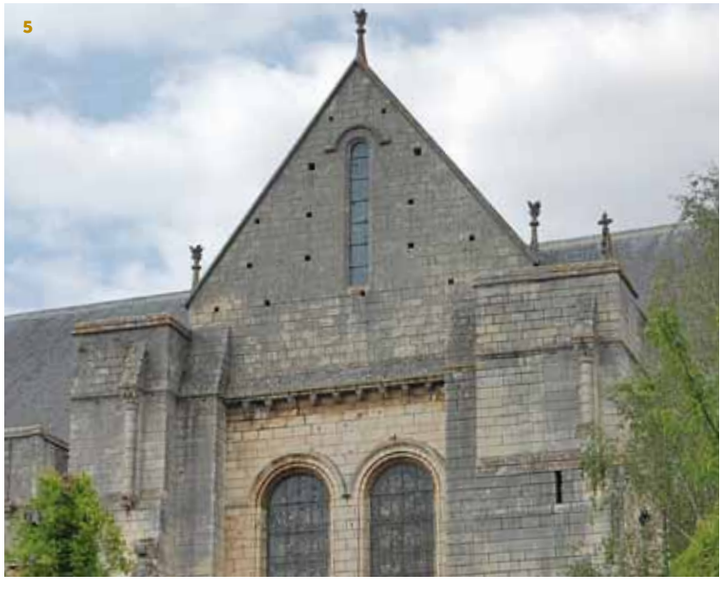


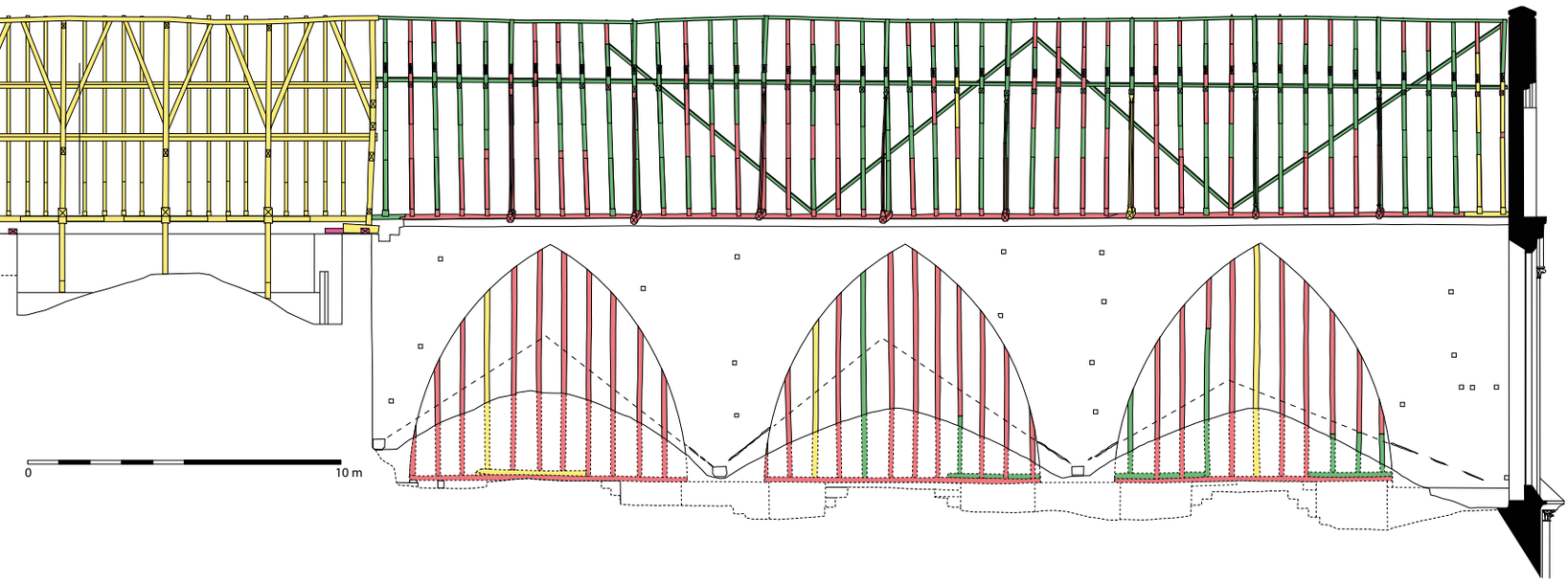
Fig. 2 – Coupe longitudinale axiale ouest-est des charpentes (relevé : F. E. et ESGT ; DAO : F. E.).
Fig. 3 – Solins de toiture et logement d'un chéneau, pile centrale nord, face sud, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 4 – Tourelle nord-est du chevet avec en rouge l'arrêt de chantier, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 5 – Pignon du bras sud, cl. Frédéric Épaud.

Appartenant à la campagne du projet initial, la voûte du bras sud aurait pu être achevée peu après 1167. Couronnée d'un oculus et constituée de quatre voûtains soutenus par une croisée de fortes ogives, cette voûte sud est encadrée de quatre importants départs d'arcs de décharge pour soutenir des murs de 1,72 m d'épaisseur à l'est et de 2,30 m au sud, destinés aux élévations d'une tour inachevée. La voûte nord, composée de huit voûtains délimités par de fines ogives non porteuses, appartient à la campagne suivante marquée par le renoncement au parti des tours de transept. Un couvrement provisoire aurait donc pu protéger la voûte sud entre son achèvement et la construction de la voûte nord. Il devait protéger des élévations plus importantes qui auraient été démontées, comme en témoigne le négatif laissé par l'arc de décharge au nord de la voûte sud.

En présence des toitures transversales provisoires, les deux tourelles d'escalier orientales donnaient accès au comble par la porte inférieure tandis que la porte supérieure assurait la communication entre les chéneaux extérieurs. À l'intérieur de la tourelle nord, on distingue encore l'ouverture du chéneau d'origine qui traversait la tourelle pour déverser ses eaux dans la gargouille nord-est. Ces chéneaux étaient situés 1 m environ plus bas que ceux d'aujourd'hui, comme en témoigne d'ailleurs la surélévation des gargouilles par des culots, sinon leur condamnation [fig. chapitre précédent]. Ces dernières étaient placées à l'origine à la hauteur du larmier, comme celles des deux tourelles orientales qui ont été conservées en l'état. Ce rehaussement serait intervenu lors de la construction du parapet qui nous semble appartenir à un remaniement vers 1500. La modification concerne aussi les deux bras dont les gargouilles ont également été surélevées par des corbeaux, voire supprimées, ne laissant que leur colonnette sur culot sculpté [fig. 5], et également le gouttereau sud de la nef. Le gouttereau nord de la nef a conservé son parapet d'origine même s'il semble avoir été rehaussé d'une assise de pierre, comme son chéneau[4].

La modification du système d'évacuation des eaux et la construction du parapet semblent bien attestées pour la fin

4 Ces hypothèses font aujourd'hui l'objet d'un débat : voir chapitres 14, 19, 20, 22 (n.d.d.).



du XVe siècle au regard des moulures des lucarnes encadrant les accès extérieurs des combles du chevet et des deux bras et dont le niveau de circulation correspond à celui des nouveaux chéneaux. Ces lucarnes portent par ailleurs les armoiries du chapitre qui sont également présentes sur le parapet, au nord-ouest du bras nord, et qui semblent contemporaines. Les gargouilles du chevet situées en milieu de travées appartiennent à cette phase tardive, vers 1500, et non au système d'évacuation primitif qui était placé bien plus bas. Notons enfin que les accès primitifs du comble des bras aux chéneaux ont été condamnés lors de ces travaux et qu'ils étaient placés sous le niveau des sablières.

Ces chéneaux ont été de nouveau modifiés au XIXe siècle pour condamner certaines gargouilles au profit de gouttières en métal.

Les charpentes des bras du transept et du chevet

L'étude archéologique des charpentes des deux bras et du chevet, ainsi que les résultats des analyses dendrochronologiques, démontrent que ces trois ensembles ont été exécutés conjointement, selon un programme commun d'abattage des bois, de taille, de conception et de levage des structures. Nous les présenterons donc ensemble.

Les bois d'œuvre : un vaste chantier d'approvisionnement

Trois campagnes d'analyses dendrochronologiques ont été effectuées. Les deux premières, réalisées en 1999[5] et 2001[6] par le CEDRE, n'ont pas permis d'aboutir à des dates d'abattage concluantes pour les bois d'origine, en raison, d'une part, de la ressemblance avec les bois rapportés au XVIIIe siècle ou du remplacement de nombreux éléments lors des récentes restaurations et, d'autre part, de la rareté des aubiers sur les bois de la phase primitive. La troisième campagne, effectuée en octobre 2012 par le CEDRE, encadrée cette fois-ci archéologiquement et conditionnée au prélèvement systématique des cambiums, a permis de saisir la complexité du chantier de construction. En effet, pour les bois d'origine des bras et du chevet, il s'avère que les abattages ont été programmés près de 20 ans environ avant le montage des charpentes, avec au moins dix coupes distinctes réparties entre 1196 et 1222. Le montage des charpentes des bras du transept et du chevet peut donc être placé peu après 1222. La localisation des prélèvements dans les charpentes, notamment sur des lots de pièces homogènes, prouve qu'il ne s'agit en aucun cas de plusieurs phases de construction mais bien d'un unique chantier réalisé à partir d'un stock de plusieurs centaines de grumes, issues de coupes multiples et étalées sur près de deux décennies. On relève au moins dix coupes distinctes, avec trois campagnes d'abattage plus importantes : en automne-hiver 1196-1197, 1213-1214 et du printemps 1216 à l'hiver 1216-1217. Celle de 1213-1214 concerne aussi bien des pièces des bras que du chevet, les autres se rattachent essentiellement aux bois du chevet mais il faut tenir compte aussi du plus fort échantillonnage dendrochronologique dans cette charpente que dans celles du transept. La conception de ces charpentes et du projet de la grande toiture sur le chevet était donc programmée dès 1196 avec le début des premières campagnes d'abattages. En effet, l'abattage de plusieurs centaines d'arbres, respectant des gabarits précis en diamètre et en longueur, devait se faire sur la base d'un projet de charpente prédéfini, du moins dans sa forme générale mais peut-être pas dans le détail de sa structure.

Ce cas de figure rappelle l'exemple de la cathédrale de Bourges où au moins 21 campagnes de coupes de bois ont été effectuées dès le début du chantier de la nef en 1230, soit 26 ans avant la mise en place des charpentes[7]. Il en était de même sur le chevet de la cathédrale de Tours où plusieurs campagnes d'abattages se sont succédé pendant 35 années jusqu'au montage de la charpente en 1265. Ces coupes successives et intermittentes seraient liées à un financement du chantier par des donations ponctuelles d'arpents de bois et de concessions de différentes parcelles de forêts, nécessitant le stockage des grumes dans l'attente du chantier.

Dans le cas présent, on constate en effet que des bois morphologiquement similaires, exclusivement des chênes équarris à la doloire, ont des profils de croissance très différents comme les poteaux des collatéraux du chevet avec des bois à croissance très rapide (27 à 45 cernes) et d'autres très lente (141 à 157 cernes) pour une section identique (20 x 14 cm à la base pour 8,50 m de long). Par ailleurs, certains lots de ces bois (poteaux des collatéraux), de section identique et abattus la même année, présentent le même type de croissance comme ceux coupés l'automne-hiver 1196-1197 et qui ont des âges variant seulement de 111 à 141 ans ou encore ceux abattus en 1216-1217 et qui sont âgés de 35 à 57 ans. Abattus séparément, ces lots de bois proviennent très vraisemblablement de parcelles forestières distinctes, caractérisées par un facies écologique spécifique (ressource nutritive du sol, densité des populations, éclaircissement, etc.). Les multiples coupes qui ont approvisionné ce chantier se sont donc échelonnées sur presque 20 ans dans des parcelles forestières distinctes, du moins pour plusieurs d'entre elles, et pour abattre des bois de morphologie identique.

En effet, ces charpentes (bras et chevet) ont comme autre originalité de présenter des bois identiques, tant par leur section que par la façon dont ils ont été équarris. Outre la similarité de structure, les sections et les longueurs des pièces sont identiques entre les charpentes des deux bras et très proches entre celles-ci et celle du chevet. La restitution du débitage des bois, calculé à partir des sections de chaque pièce, mises bout à bout pour reconstituer les grumes, permet d'estimer que, pour la charpente de chaque bras, il a fallu rassembler 117 grumes au minimum dont 60 % de 26 cm de diamètre à la base et 40 % de 23 cm, pour des longueurs variant de 10 à 12 m. Pour la charpente du vaisseau central et des deux collatéraux du chevet, il a fallu 461grumes dont 64 % de 26 cm de diamètre à la base, 27 % de 23 cm, le restant étant des grumes plus fortes de 27-29 cm de diamètre, et pour des longueurs moyennes de 11 à 14 m. Tous les abattages ont donc été effectués sur la base de deux gabarits de grume : 26 cm de diamètre pour plus de

5 Perrault, Girarclos 1999.

6 Girarclos, Hoffsummer, Perrault.

7 Épaud 2012.

Fig. 6 – Chevron de F19 du bras sud qui a vrillé après sa mise en place, entraînant la jambe de force et le blochet, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 7 – Entailles d'ébauchage sur une écharpe du bras nord, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 8 – Charpente du bras nord, cl. Frédéric Épaud.

60 % des bois et 23 cm pour 30 %, les autres étant des grumes spécifiques pour des entraits et des sablières. Si ces coupes ont été programmées près de 20 ans avant l'exécution de la charpente, les abattages ont cependant été réalisés en respectant à chaque fois des gabarits précis, deux mesures principales qui correspondaient aux besoins de la charpente.

Il est difficile d'envisager un équarrissage progressif des bois à l'issue de chaque coupe et une exécution des fermes échelonnée sur près de 20 ans. En effet, comme nous le verrons plus loin, les techniques d'exécution sont identiques dans ces trois charpentes, avec des plans de marquage cohérents qui trahissent une mise en œuvre commune des fermes. Par ailleurs, les analyses dendrochronologiques faites sur 14 poteaux des collatéraux, répartis sur toute la longueur de la charpente, révèlent 8 dates distinctes, correspondant à autant de coupes intervenues entre 1203 et 1217 pour ces bois, prouvant ainsi que l'exécution a été réalisée à partir d'un stock réunissant plusieurs lots de bois. Ces derniers ont été stockés à l'état de grumes à l'issue de chaque coupe, et entreposés dans l'attente du chantier, dans des conditions favorables qui ont permis d'en conserver l'humidité pour leur taille. Plusieurs pièces taillées dans des bois aux fibres torses[8] ont d'ailleurs vrillé en continuant leur torsion, brisant ou déformant leurs assemblages, ce qui confirme parfaitement que ces bois ont été mis en place peu de temps après leur équarrissage[9] [fig. 6].

En ce qui concerne la taille des bois, on observe que toutes les pièces des charpentes des bras et du chevet sont sur-équarries, avec des arêtes vives et très peu d'aubier[10]. L'équarrissage à la doloire a été systématiquement forcé comme pour les chevrons et les poteaux des collatéraux qui présentent parfois des pieds refendus à cœur avec une section de 20 x 14 cm. Le caractère systématique de cette taille forcée, assez inhabituelle pour la période, commun à l'ensemble des bois de ces trois charpentes, semble confirmer que les 700 grumes environ du stock ont été équarries par les mêmes équipes de bûcherons, vraisemblablement sur un à deux ans. Il apparaît donc que les bois, abattus pourtant selon des gabarits précis, étaient de trop fort diamètre et ne correspondaient pas exactement aux sections voulues par les charpentiers. Ce sur-équarrissage peut aussi s'expliquer par une dégradation superficielle des grumes liée à de mauvaises conditions de stockage sur le long terme. On observe aussi de nombreux bois qui conservent des traces de leur ébauchage : des entailles successives qui étaient faites à la hache perpendiculairement à l'axe du bois tous les 40 cm environ pour faciliter l'équarrissage [fig. 7]. Cette technique préparatoire est fréquente au XIIIe siècle en Normandie comme en Bourgogne[11].

Les bras nord et sud

Nous présentons les charpentes des deux bras conjointement en raison de la similitude de leurs structures d'origine [fig. 8 à 12].

Chacun des combles est coiffé d'une toiture à deux versants, fermée par un mur pignon et raccordée au grand toit par deux noues. La charpente couvre la voûte du bras avec son absidiole nichée dans l'épaisseur du mur oriental et, auprès de la croisée, celle du collatéral.

Contraintes et adaptations

Dans les deux bras, la charpente repose sur deux murets longitudinaux, édifiés à l'ouest sur le gouttereau et à l'est à l'aplomb des doubleaux, à la naissance de l'absidiole qui est couverte par les longs coyaux d'une toiture en appentis[12].

Au nord comme au sud, l'assise ouest des fermes est déportée de 60 cm vers l'intérieur avec des sablières internes qui reposent en porte-à-faux sur des corbeaux et des ressauts de maçonneries [fig. 13]. Ce décalage est lié à l'emprise du chéneau en pierre sur le muret occidental. En effet, ce muret de 1,12 m d'épaisseur, porté par un arc doubleau dans le collatéral, n'était pas assez large pour contenir les sablières dont l'assise est de 1 m et le chéneau de 50 cm de large. Cette contrainte ne s'observe pas à l'est puisque le chéneau est porté par le gouttereau oriental et que les sablières sont posées sur le muret élevé à

8 Défaut naturel du bois caractérisé par une croissance en spirale autour de l'axe du tronc.

9 Un bois de brin qui conserve le cœur de l'arbre a en effet tendance à se déformer après son équarrissage.

10 Cette rareté des aubiers explique en grande partie le peu d'échantillons dendrochronologiques pourvus de cambium.

11 Épaud 2007, p. 49. Cette technique était encore préconisée dans les traités de charpenterie comme celui de Mathurin Jousse en 1702 et est encore pratiquée actuellement dans les pays de l'Est.

12 Dans le bras sud, dans la travée sud, le muret oriental repose sur l'arc de décharge sous-jacent du projet primitif, tandis que dans la travée nord, il s'appuie sur l'arc doubleau des collatéraux, lié à la phase postérieure, en changeant légèrement d'orientation, témoignant probablement du rattrapage progressif du plan des murs à la suite de l'abandon du projet primitif.

l'aplomb de l'arc oriental. Ce rattrapage témoigne des difficultés rencontrées par le maître d'œuvre pour adapter les charpentes aux supports maçonnés.

Lors de la construction de la charpente, avant donc celle de la nef, le chéneau ouest rejoignait la tour de croisée sur laquelle on observe encore le solin du versant ouest des toitures des bras [fig. 14]. Ce solin ne s'observe pas pour le versant est, ce qui prouve que les combles des bras et du chevet étaient alors raccordés simultanément sous le même toit.

De ce débord des pieds ouest résulte le décalage de l'axe longitudinal des fermes de 40 cm vers l'est, et donc du mur pignon et sa baie centrale, par rapport aux voûtes et aux deux baies du premier niveau.

Le maître charpentier a fait reposer la charpente sur deux murets afin de la surélever par rapport aux voûtes cupuliformes qui pénètrent jusqu'à 3,50 m de hauteur dans le comble, pour un diamètre de 11 m maximum à la base et qui constituent un handicap majeur pour la stabilité de la charpente. En effet, celle-ci est constituée de travées de fermes secondaires, dépourvues d'entrait à la base, réparties entre des fermes principales à entrait qui maintiennent l'écartement de la charpente à sa base. Les fermes secondaires ont donc tendance à s'ouvrir à leur base, générant de fortes poussées latérales. Plus les travées sont courtes et plus ces poussées latérales sont réduites. Ici, l'insertion des voûtes dans la charpente a rendu nécessaire une implantation des fermes principales à la naissance des voûtes, soit des travées bien trop longues (de 9 m à 11 m) pour être stables, avec deux fermes principales aux extrémités, aujourd'hui disparues, et une troisième au milieu, entre les deux voûtes. De telles longueurs de travées, exceptionnelles aux XIIe-XIIIe siècles pour des charpentes de ce type, auraient entraîné inéluctablement la déformation des fermes et des supports. Aussi, pour y remédier et raccourcir ces travées, la charpente a-t-elle été surélevée par des murets afin de créer une troisième travée centrale, en plaçant deux fermes principales médianes au plus près des voûtes, avec leur entrait situé presque au contact de leurs maçonneries.

Outre une meilleure répartition des fermes principales, la surélévation de la charpente par des murets permettait le décalage des pieds ouest de la charpente dont les fermes sont en contact avec les voûtes, pour l'insertion du chéneau.

À l'extérieur, les colonnettes sur culots des gouttereaux et des pignons, destinées aux gargouilles d'origine, montrent que les chéneaux étaient placés, à l'ouest, à 1,70 m sous le chéneau actuel et, à l'est, à 1,20 m, à la hauteur de la corniche à modillons, au pied d'une balustrade primitive, aujourd'hui disparue mais vraisemblablement similaire à celle du gouttereau nord de la nef, de la seconde moitié du XIIIe siècle. Lors de la reconstruction du parapet et du rehaussement des chéneaux au XVe siècle, les accès primitifs des combles à l'extérieur et aux escaliers à vis, à l'est des pignons[13], qui se faisaient par des ouvertures dans les murets, ont été condamnés au profit de lucarnes placées sur les sablières.

Les restaurations

À l'époque moderne, les charpentes ont connu une importante restauration : en 1769d dans le bras sud et en 1771d dans le bras nord. Ces travaux ont consisté dans le remplacement à l'identique de plusieurs sablières, de blochets et des fermes attenantes à la tour de croisée. La ferme principale jouxtant les pignons a été modifiée au nord et supprimée au sud.

13 Ces escaliers placés dans l'épaisseur du contrefort étaient couverts d'une toiture dont le solin s'observe au revers des pignons.

Plus récemment, une seconde campagne de travaux a été réalisée sous la direction de l'Architecte en Chef des Monuments historiques Pierre Bonnard, qui est intervenu en 1978-1987 sur les charpentes et couvertures de l'ensemble de la cathédrale. Ces travaux ont été, pour ces deux charpentes du transept, particulièrement abusifs et inappropriés puisque 43 % des bois ont été changés, y compris sur les fermes refaites au XVIIIe siècle qui étaient en bon état de conservation si l'on en juge d'après des photos prises avant le chantier, et alors que la structure avait été déjà entièrement restaurée deux siècles auparavant.

Le plan des charpentes

La charpente des deux bras est une structure à chevrons-formant-fermes subdivisée en trois travées, avec une centrale très courte, entre les deux voûtes, et une très longue vers le pignon, au-dessus de la voûte du bras, plus grande que celle du collatéral attenant. Les fermes principales qui les délimitaient aux extrémités ont disparu [fig. 9 et 10]

Les fermes ont un écartement régulier à l'entraxe de 83 cm, ce qui est remarquable puisque l'entraxe moyen des fermes d'une charpente de ce type aux XIIe-XIIIe siècles dans le Bassin parisien est de 62 cm, quelles que soient ses dimensions. Cet espacement excessif peut s'expliquer ici par le besoin de limiter les poussées latérales des fermes secondaires au droit des voûtes, et aussi d'alléger la charpente qui s'appuie, dans le collatéral, non pas sur un mur gouttereau mais sur les arcs doubleaux.

Selon les dispositions d'origine, les fermes sont assises sur un double cours de sablières qui sont aboutées aux extrémités entre elles par une enture oblique à talon droit ou biais, maintenue par quatre fortes chevilles [fig. 15]. Du fait de l'irrégularité du bois, des cales ont été placées sous les sablières pour combler l'espace entre celle-ci et la maçonnerie. Aucun étrésillon n'assure la liaison entre la sablière interne et la sablière externe. L'assemblage des blochets et des entraits aux sablières se fait par une simple entaille droite, avec une languette pour la sablière interne au sud, dispositif très fréquent au XIIe siècle et qui tend à disparaître au début du XIIIe siècle [fig. 16].

Les fermes

Inclinées à 51,5°, les fermes des deux bras sont strictement identiques [fig. 10 et 12]. Elles sont constituées d'un couple de chevrons raidis par deux jambes de force, une croisée d'écharpes et un entrait retroussé (ou faux entrait pour les fermes principales) avec, pour les fermes principales, un entrait à la base soulagé par un faux poinçon. Pour les fermes secondaires, un blochet à l'extrémité taillée en quart de rond réceptionne le chevron et la jambe de force, sans chevillage pour cette dernière.

Longs de 9,50 m, les chevrons ont une forte section à la base (19,5 x 15 cm), disposée de champ, pour une section de tête de 16 x 15 cm. Tenus en tête par enfourchement, ils sont soulagés par les jambes de force et le pied des écharpes par un tenon mortaise embrevé, tandis que la tête des écharpes et l'entrait retroussé y sont assemblés par un mi-bois avec ergot. Le positionnement de l'entrait retroussé par rapport aux écharpes est inhabituel puisque généralement ce sont les écharpes qui s'appliquent sur l'entrait retroussé, ce qui signifie un ordre inversé de mise en place de ces bois[14].

14 La face d'assemblage des mi-bois est orientée vers le nord pour les fermes du bras nord et, pour celles du bras sud, vers le sud, excepté pour F19 à 27, tournées vers le nord.

L'entrait des fermes principales, qui surprend par sa finesse (19 x 15 cm), est soulagé de sa flexion naturelle par un faux poinçon, qui le tracte par un tenon mortaise en forme de demi-queue d'aronde, bloqué par une cale (rossignol), et qui est suspendu en tête au faux entrait par un mi-bois avec ergot. Bien que nous soyons dans un comble fermé, les charpentiers ont tout de même orné ce faux poinçon d'un chapiteau et d'une base finement moulurée, avec un fût extrêmement fin d'une section octogonale de 9 x 8 cm seulement [fig. 17]. De même, l'entrait a des arêtes chanfreinées.

Ces fermes se sont déformées au cours des siècles sous l'action conjuguée du poids de la couverture et de la relative souplesse des bois de grande portée. On observe un ploiement de l'entrait vers le bas, avec une flèche de 9 cm sur une longueur de 12 m, qui a entraîné la flexion du faux entrait, tracté par le faux poinçon, et qui s'accompagne de la déformation conjointe des écharpes au tiers inférieur. Les chevrons des fermes secondaires se sont aussi pliés vers l'intérieur en partie inférieure.

Le contreventement longitudinal

Dans les deux charpentes du transept, les fermes étaient contreventées par deux longrines par versant, disposées obliquement dans le plan des chevrons (en pointillé, fig. 10 et 12) et assemblées à eux par des entailles à mi-bois[15]. Les assemblages des longrines n'ont pu être taillés qu'avant la déformation des chevrons ; leur mise en place est donc contemporaine de la charpente.

Le marquage

Là encore, le type de marquage est identique pour les charpentes des deux bras. Pour le montage des fermes, les bois sont identifiés par des marques de pièces, c'est-à-dire une seule marque par pièce, commune à toutes les pièces de la ferme. Elles sont inscrites sur leur face supérieure des écharpes, en tête, et des entraits retroussés, côté est, sur la face extérieure des chevrons, en pied, et des jambes de force des fermes principales. Les blochets et les jambes de force des fermes secondaires ne sont pas marqués ce qui suppose qu'ils étaient déjà pré-assemblés aux chevrons au cours du montage des fermes.

Le marquage est basé sur le principe d'accumulation de signes dont le nombre a valeur de numéro, ce qui réclame une surface d'inscription suffisante sur les bois pour les valeurs supérieures approchant la dizaine. Typique du XIIe siècle, ce marquage a le triple inconvénient d'être encombrant, pénible à graver sur le bois et de présenter un risque de confusion entre des pièces. On comprend dès lors que ce marquage disparaisse au début du XIIIe siècle pour être remplacé par le marquage à base *V* et *X*, plus rapide à exécuter, permettant une seule série illimitée et réduisant de beaucoup le risque de confusion entre les pièces[16].

Dans le bras nord, trois types de signe sont utilisés : l'encoche taillée avec un ciseau d'un tranchant de 2 cm de large, la demi-lune ([fig. 18], et la double demi-lune)(, taillée avec une gouge de 2,2 cm de large. Il n'existe pas de latéralisation[17] puisque les mi-bois empêchent toute erreur d'inversion des pièces lors du montage de la ferme. Toutefois, on constate que les demi-lunes sur les écharpes sont tournées vers le haut pour les écharpes ouest et vers le bas pour les écharpes est. De même,

15 On note que, dans le bras nord, les fermes de la travée sud n'étaient pas contreventées, comme celles de la partie médiane du bras sud, et ce sans raison apparente.

16 Épaud 2007, p. 92.

17 Marquage distinctif des pièces placées d'un côté de l'axe longitudinal de la charpente.

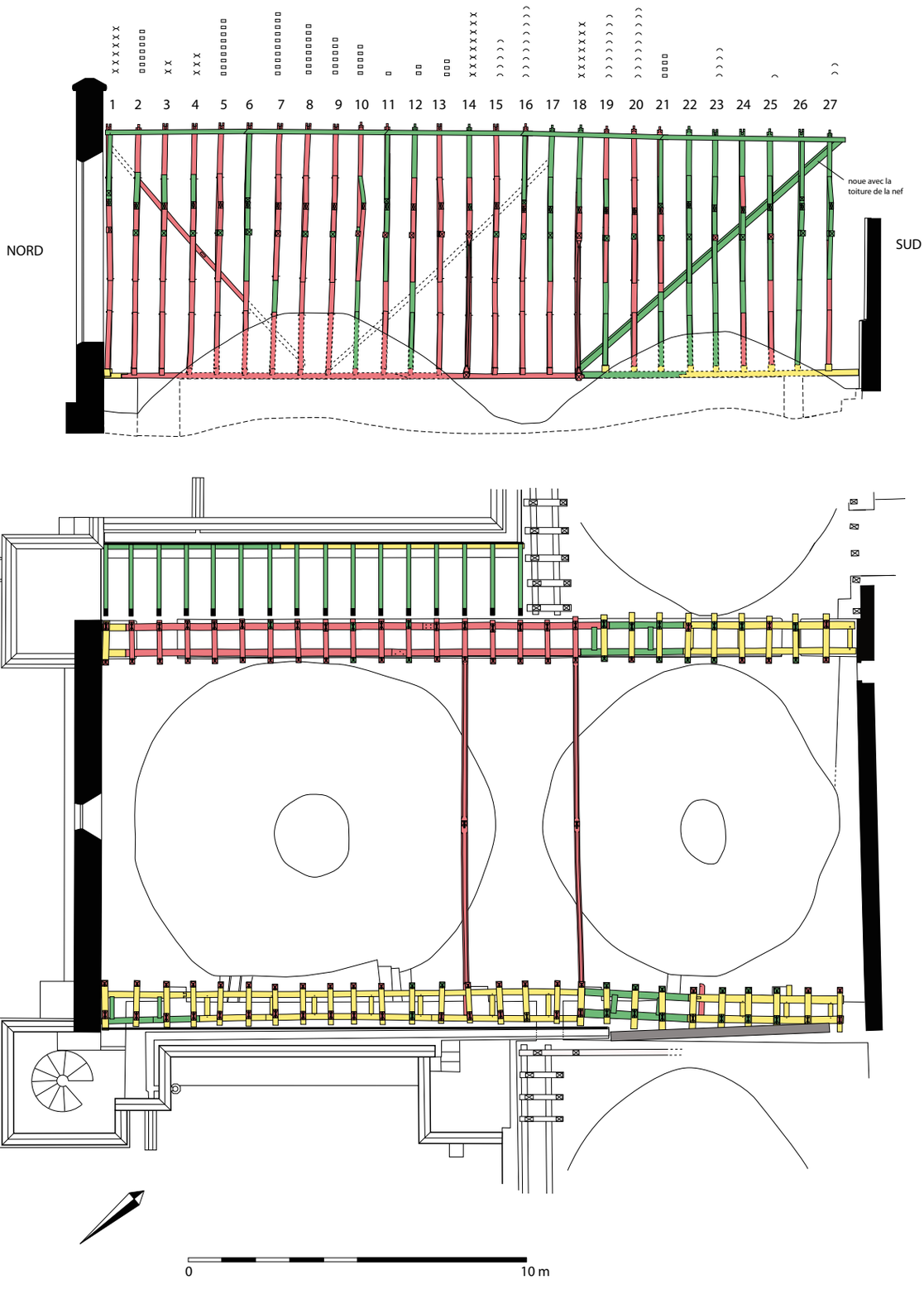


Fig. 9 – Charpente du bras nord, plan et coupe longitudinale (relevé et DAO : F. E.).

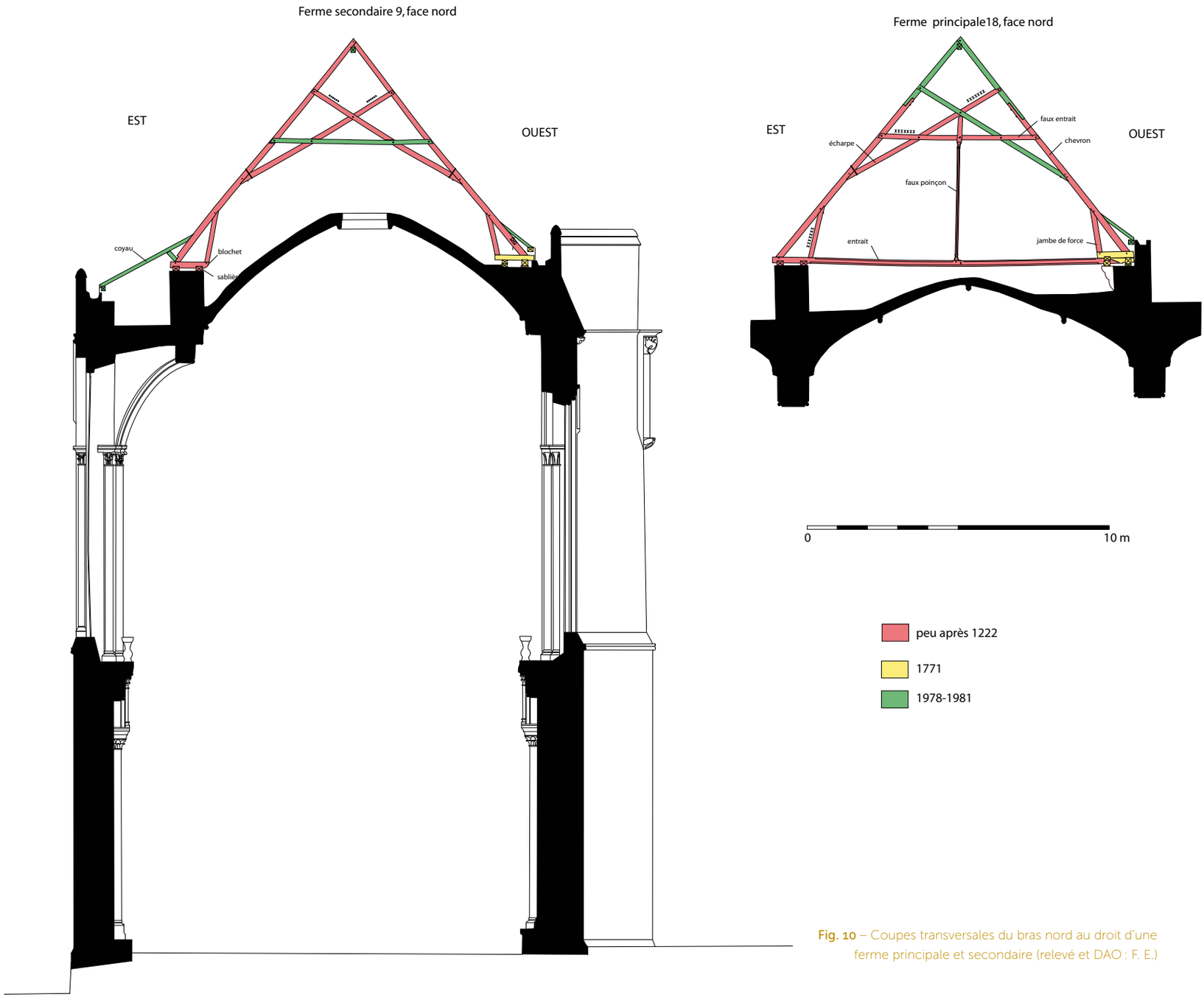


Fig. 10 – Coupes transversales du bras nord au droit d'une ferme principale et secondaire (relevé et DAO : F. E.)

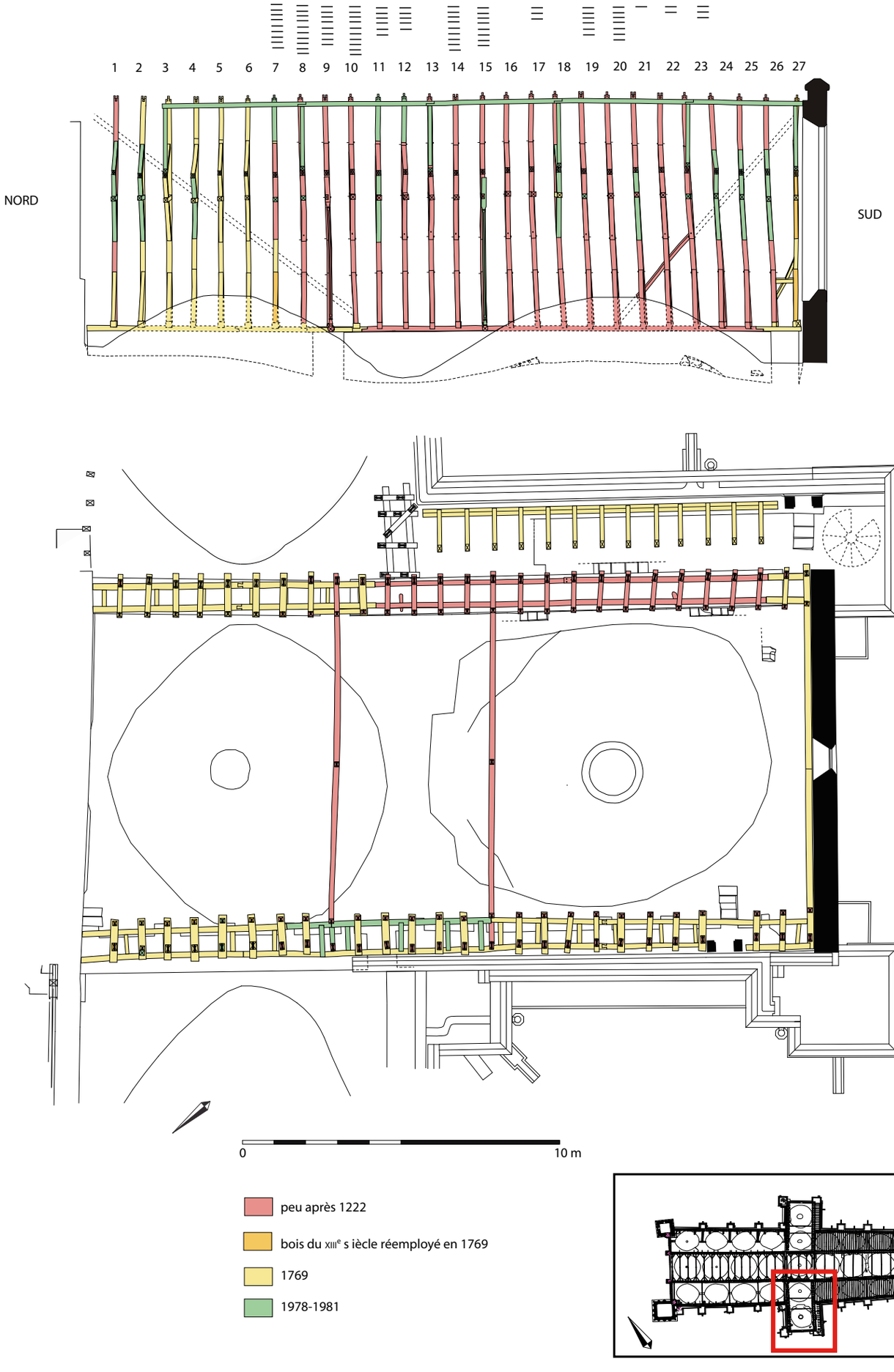


Fig. 11 – Charpente du bras sud, plan et coupe longitudinale (relevé et DAO : F. E.).

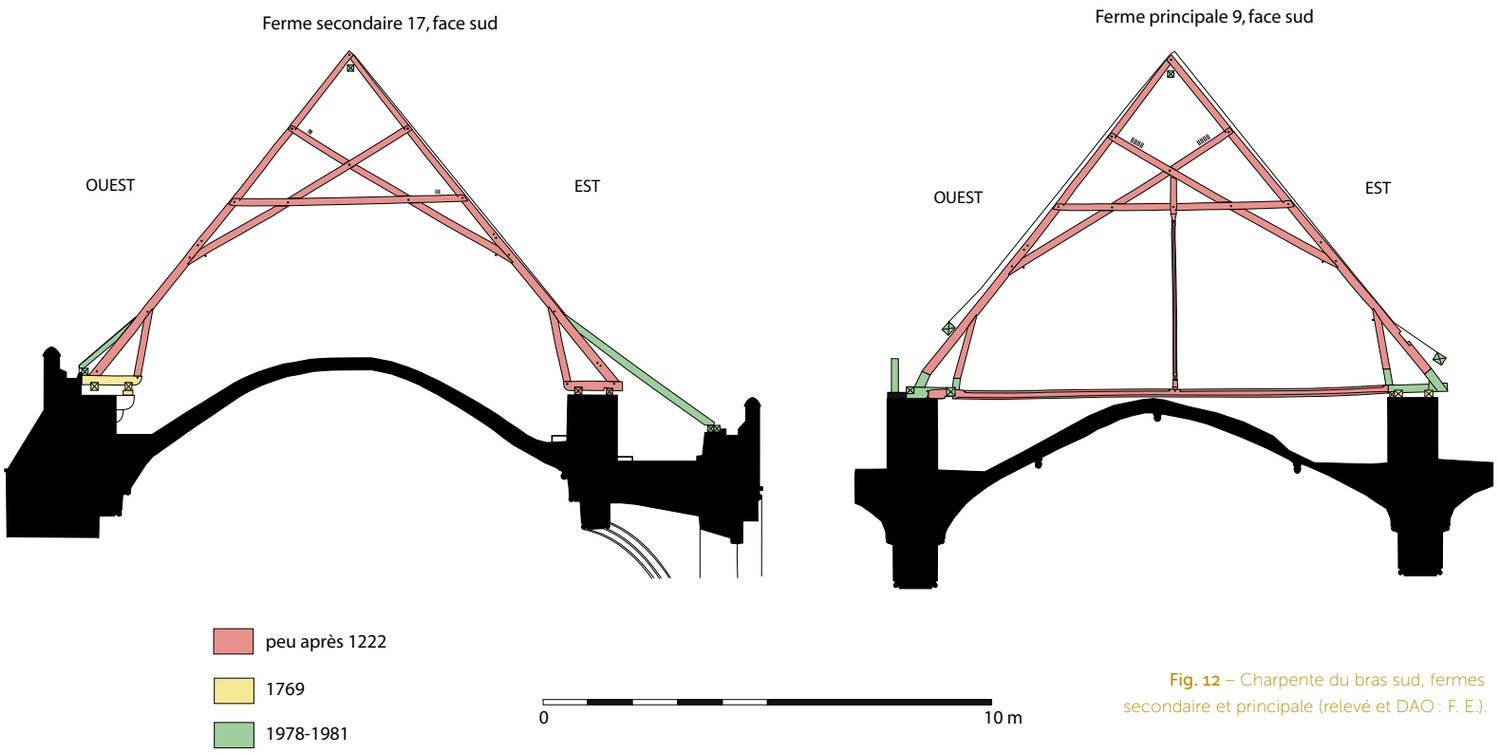


Fig. 12 – Charpente du bras sud, fermes secondaire et principale (relevé et DAO : F. E.).

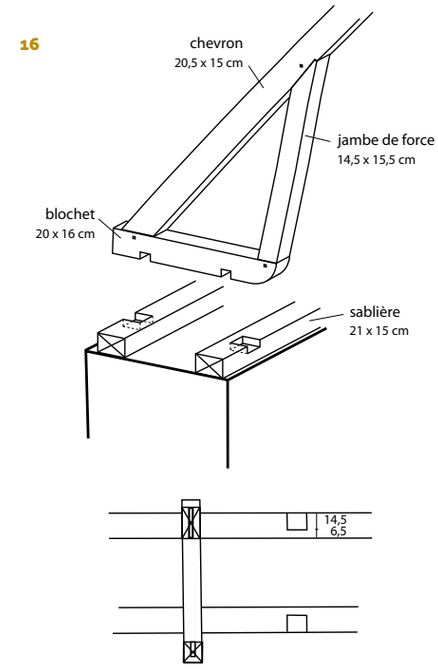


Fig. 13 – Débord de la sablière interne sur des corbeaux, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 14 – Solin de la toiture du versant ouest du bras nord contre la tour de croisée, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 15 – Enture des sablières, bras nord, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 16 – Assemblages des blochets aux sablières (dessin : F. E.).
Fig. 17 – Faux poinçon de F14 du bras nord, cl. Frédéric Épaud.

Fig. 18 – Marque à encoches (9 demi-lunes) de F20 du bras nord, cl. Frédéric Épaud.
En bas à gauche, fig. 19 – Tableau des marques des fermes du bras nord.
Fig. 20 – Marque au trait taillé à la hache de F20 du bras sud, cl. Frédéric Épaud.

Ferme	Marque	Valeur
1	☽☽☽☽☽	5 ou 6
2	◘◘◘◘◘◘◘	7
3	☽☽	2
4	☽☽☽	3
5	◘◘◘◘◘◘◘◘◘	9
6		
7	◘◘◘◘◘◘◘◘◘◘	10
8	◘◘◘◘◘◘◘◘	8
9	◘◘◘◘◘◘	6
10	◘◘◘◘◘	5
11	◘	1
12	◘◘	2
13	◘◘◘	3
14	☽☽☽☽☽☽☽☽	8
15	☾☾☾☾☾	5
16	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	10
17		
18	☽☽☽☽☽☽☽	7
19	☾☾☾☾☾☾☾☾	8
20	☾☾☾☾☾☾☾☾☾	9
21	◘◘◘◘	4
22		
23	☾☾☾☾	4
24		
25	☾	1
26		
27	☾☾	2
28		

les entraits retroussés sont marqués presque toujours à l'est. Ces distinctions semblent liées à des habitudes de marquage ou au positionnement du charpentier par rapport à la pièce, plutôt qu'à une volonté délibérée de latéraliser ces marques.

Le marquage utilise ces trois types de signe de façon graduée et continue pour la réalisation des fermes [fig. 19]. En effet, lors de l'exécution des 28 fermes, les charpentiers ont exploité chaque type de marque jusqu'à la valeur 10 maximum pour deux d'entre elle, et jusqu'à 8 pour la marque)(.

Tableau des valeurs des marques relevées sur les fermes de la charpente du bras nord :

Marque	Valeur des marques présentes dans la charpente									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(	1	2		4	5			8	9	10
)(		2	3		5 ou 6		7	8		

Il apparaît que la marque à encoche a d'abord été utilisée pour la réalisation de dix fermes secondaires, suivie par l'emploi de la marque (pour dix autres fermes secondaires puis, par extension, par celui de la marque)(pour terminer les quatre dernières fermes secondaires et exécuter, en dernier, les quatre fermes principales, achevant ainsi la numérotation à la valeur huit. Le montage n'a, quant à lui, pas respecté cette graduation puisque la numérotation est dispersée et incohérente dans la charpente. Le levage ne s'est donc pas servi du marquage des fermes pour coordonner leur implantation dans le plan de la charpente, toutes les fermes secondaires étant, il est vrai, identiques et l'assemblage des sablières par languette autorisant la permutation des fermes.

Dans le bras sud, comme précédemment, le marquage utilise trois types de signes : le trait taillé à la hache [fig. 20], à la rainette et probablement l'encoche gravée au ciseau (présente sur un seul bois réemployé), répartis en trois séries de 7 à 10 [fig. 21]. En dépit du remplacement de nombreux bois aux XVIIIe et XXe siècles, il semble que le marquage a été utilisé de façon graduelle et continue pour la réalisation des fermes, suivant la numérotation de ces trois séries, mais qu'il n'a pas servi au levage de la charpente pour coordonner l'implantation des fermes selon un plan numéroté cohérent.

Ces pratiques de marquage très spécifiques et originales, communes aux deux bras du transept, confirment que ces deux charpentes ont bien été exécutées par les mêmes charpentiers, ce qui semblait déjà être attesté par la similarité de leur structure et de leurs assemblages.

Le levage

Les auteurs des contributions du présent ouvrage s'accordent pour dire que les clés de voûtes des travées occidentales du chevet et celles des collatéraux du transept sont antérieures à 1222. Par ailleurs, un sondage réalisé par Fabrice Mandon a confirmé que les murets sont postérieurs aux voûtes à liernes, attestant ainsi que les voûtes étaient déjà construites au moment du levage de la charpente. Les éléments des fermes ont donc été levés un à un vraisemblablement depuis le pignon, non encore édifié, puis assemblés selon leur marque pour constituer les fermes. Celles-ci étaient levées successivement une par une à leur emplacement définitif, depuis le pignon jusqu'à la tour de croisée, d'après le sens du chevillage, et ce, en dépit des difficultés occasionnées par la présence des voûtes bombées. Les bois conservent encore les traces de ce levage avec des encoches taillées sur les arêtes des chevrons, à leur tiers supérieur, et des trous de cheville percés dans les flancs des écharpes et des entraits retroussés pour l'accroche des cordes.

Le chevet

Les neuf voûtes bombées du vaisseau du chevet et de ses deux collatéraux, réparties sur trois travées et placées à même hauteur, sont couvertes par une unique et gigantesque toiture de 30 m de large, de 16 m de haut et de 22 m de rampant [fig. 22]. Cette toiture à deux versants, faiblement inclinés à 42°, est fermée à l'est par un haut mur-pignon et se prolonge à l'ouest au-dessus de la croisée sur la nef. Elle couvre la charpente du vaisseau central qui est portée à plus de 9 m de haut par deux grands murs longitudinaux ouverts d'arcades et, de part et d'autre de ces murs, les charpentes des collatéraux [fig. 23-24].

Ces charpentes du XIIIe siècle ont connu une restauration en 1770-1772d, peu après celle du bras sud et en même temps que celle du bras nord, et qui les ont touché très ponctuellement. Cependant, les travaux entrepris en 1981-1983 par l'ACMH Pierre Bonnard ont malheureusement été fatidiques sur le plan archéologique puisque 77 % des bois ont été changés alors que, d'après des photos prises avant cette intervention, ces charpentes étaient en bon état de conservation.

La charpente est une structure à chevrons-formant-fermes où les demi-fermes des collatéraux sont assemblées dans le plan transversal des 46 fermes du vaisseau central, avec un entraxe important de 80 cm en moyenne, très proche de celui

Ferme	Marque	Valeur
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7	IIIIIIIII	9
8	IIIIIIIIII	10
9	IIIIIIII	8
10	IIIIIIIIIII	10
11	IIIIII	6
12	IIIII	5
13		
14	IIIIIIIII	9
15	IIIIIIII	8
16		
17	III	3
18		
19	IIIIII	6
20	IIIIIII	7
21	I	1
22	II	2
23	III	3
24		
25		
26		
27		

Pièce en réemploi	Marque	Valeur
F14 : jambe de force ouest	IIIIIIII	8
F15 : jambe de force est	IIIII	5
F16 : jambe de force ouest	II	2
F18 : jambe de force ouest	IIII	4
F21 : jambe de force ouest	II	2
F22 : jambe de force ouest	III	3
F23 : jambe de force ouest	IIII	4
F25 : jambe de force ouest	IIIII	5

III : marque inscrite à la hache

III : marque inscrite à la grande rainette

III : marque à encoche inscrite au ciseau

Fig. 21 – Tableau des marques des fermes du bras sud.

Fig. 22 – Charpente du chevet, vue depuis la tour

des fermes des deux bras [fig. 25-26]. Si les fermes du vaisseau central sont réparties en dix travées de 4 m de long en moyenne, avec des fermes principales et secondaires, les demi-fermes des collatéraux sont toutes identiques et ne sont donc pas subdivisées en travée.

Les collatéraux [fig. 27]

Les demi-fermes des deux collatéraux sont identiques. Elles reposent sur l'entablement des gouttereaux nord et sud sur deux cours de sablières qui sont portées, comme dans les bras, en débord par l'encorbellement des dernières assises des murs et par plusieurs massifs saillants de maçonneries. Là aussi, ce débord se justifie par le manque de largeur des gouttereaux pour porter à la fois les sablières et les chéneaux de pierre.

Côté intérieur, les demi-fermes s'appuient sur un cours unique de larges sablières[18] (20 x 14 cm) qui reposent sur des massifs de maçonneries et sur un ressaut des piles du mur à arcades qui contribue à contenir les poussées latérales engendrées par les demi-fermes, dépourvues d'entrait à leur base. Ces sablières d'origine sont aboutées entre elles par une enture oblique à talons biais, maintenue par quatre fortes chevilles.

Chaque demi-ferme est constituée d'un chevron, abouté à son extrémité supérieure à celui de la ferme du vaisseau central, et raidi par une jambe de force, deux contrefiches et un entrait retroussé placé suffisamment haut pour enjamber les voûtes. Ces raidisseurs s'appuient sur un long poteau qui s'assemble en pied dans une sablière et en tête dans les blochets ou l'entrait des fermes du vaisseau central. Les deux contrefiches s'assemblent au chevron par un mi-bois avec ergot, face ouest et, en pied, au poteau par un tenon-mortaise embrevé, comme la jambe de force au chevron. La face d'assemblage des mi-bois montrent un chevillage orienté de l'ouest vers l'est, indiquant un levage des demi-fermes depuis la tour de croisée vers le pignon oriental.

18 Les seules d'origine sont conservées dans le collatéral nord. Dans l'étude de la CRMH, 1982b, *Charpentes, XIIIe siècle*, vol. 2, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris, les sablières du XVIIIe siècle ont été considérées à tort comme celles d'origine.

Toutes les pièces ont été équarries à une largeur constante de 14 cm seulement (face nord/sud)[19] quelle que soit leur longueur, probablement pour faciliter leur mise en œuvre et la taille des assemblages. Ainsi, les bois les plus longs comme les poteaux (8,4 m) et les chevrons (12 m) ont été forcés à l'équarrissage en pied, jusqu'à fendre le cœur, avec une section de 20 x 14 cm. Cette section rectangulaire permet ainsi aux chevrons de mieux résister à leur flexion et aux poteaux de lutter contre les poussées latérales. Les autres bois sont également suréquarris comme ceux des deux bras.

Les déformations relevées au scanner témoignent des poussées engendrées par la toiture et aussi des défauts de conception, notamment l'absence d'entrait. En effet, les chevrons se sont pliés sur leur partie inférieure, là où aucun raidisseur ne vient les renforcer sur plus de 3 m alors que cette partie supporte les charges les plus fortes. Par le jeu combiné des raidisseurs, l'entrait retroussé s'est légèrement affaissé vers le chevron, entraîné par le fléchissement de celui-ci, tandis que la contrefiche inférieure a fortement poussé le pied du poteau vers le vaisseau central, jusqu'à sa butée contre les piles et, entre ces piles, jusqu'à la limite de sa résistance induite par sa forte largeur et par les frottements de la sablière sur son support maçonné.

Le vaisseau central

Les 46 fermes sont subdivisées en dix travées de 4 fermes secondaires chacune, avec une répartition des charges homogène et régulière sur les murs à arcades et qui ne s'articule donc pas en fonction de l'emplacement des piles. Les fermes principales situées aux extrémités de la charpente ont été supprimées au XVIIIe siècle.

Elles reposent sur un cours continu de deux larges sablières (25 x 15 cm), longues de 10 à 14 m, non reliées entre elles par des étrésillons, et aboutées aux extrémités par une enture biaise aux talons droits, maintenue par 3 ou 4 chevilles, comme dans les bras. De même, leurs assemblages aux blochets et aux entraits sont similaires, avec une entaille droite à mi-bois pour la sablière externe et avec une languette au milieu pour la sablière interne [fig. 28].

Les fermes sont également strictement identiques dans leur structure et leurs assemblages à celles des bras nord et sud, excepté l'inclinaison des pièces en raison d'une pente plus faible à 42°, et nous renvoyons donc le lecteur aux descriptions précédentes.

On observe, là aussi, un contreventement des fermes dans le plan des chevrons avec l'assemblage par mi-bois, sur leur face extérieure, de longrines obliques, disposées de façon symétrique sur le versant opposé. Le contreventement du XXe siècle reprend la même disposition de celui d'origine [fig. 24]. Seules les dix premières fermes sont dépourvues de contreventement pour une raison qui nous échappe, là aussi, comme dans le bras nord pour la travée sud et dans le bras sud dans la partie médiane.

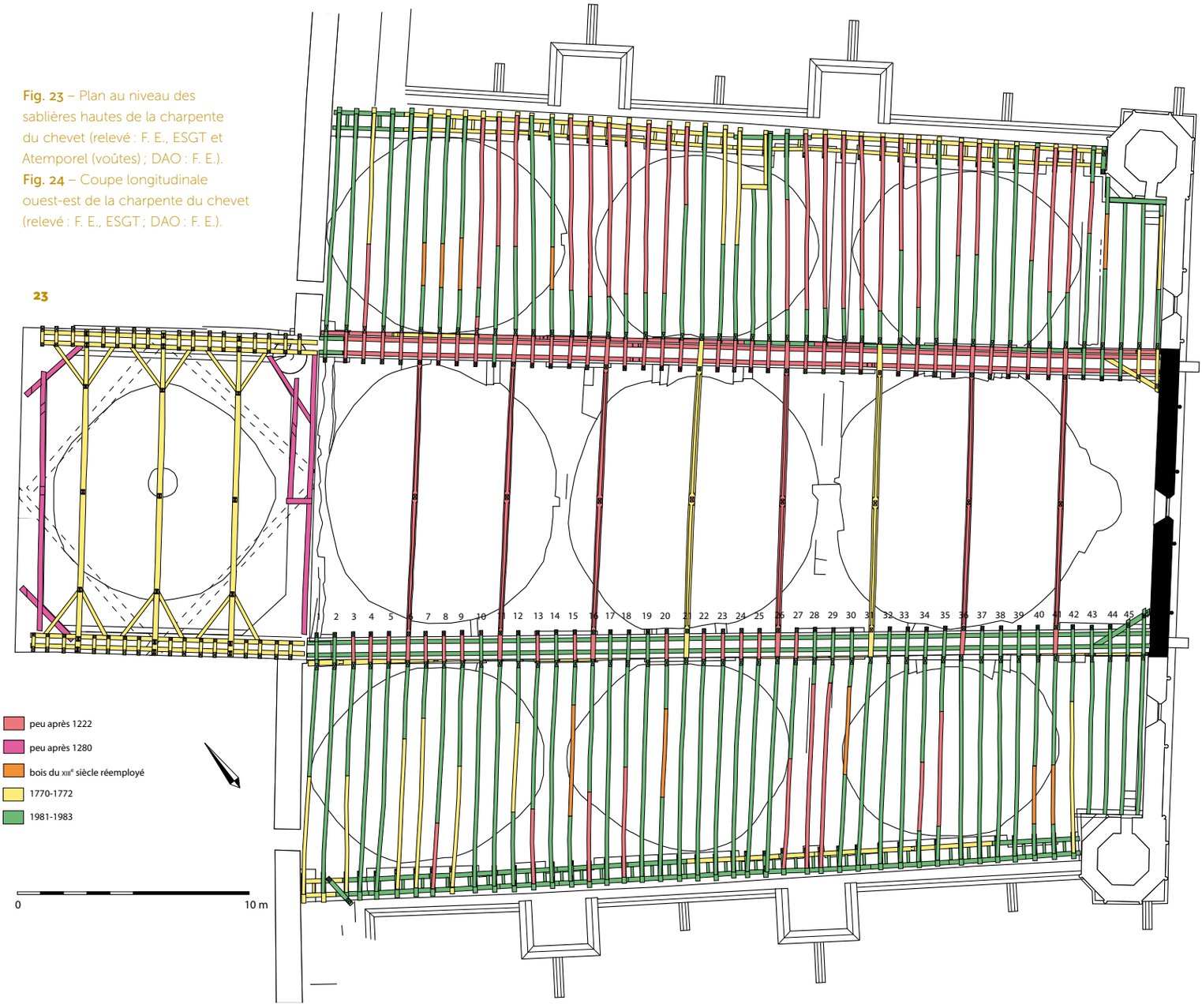
Du fait de la faible pente, les déformations des fermes sont plus prononcées avec un ploiement de la partie supérieure des chevrons, des écharpes et de l'entrait retroussé. Pour les fermes principales, ce ploiement a accentué, par le biais du faux poinçon, la flexion de l'entrait qui accuse une flèche importante de 20 cm à mi-portée. Seule la partie inférieure des chevrons, raidie par la jambe de force, s'est correctement maintenue.

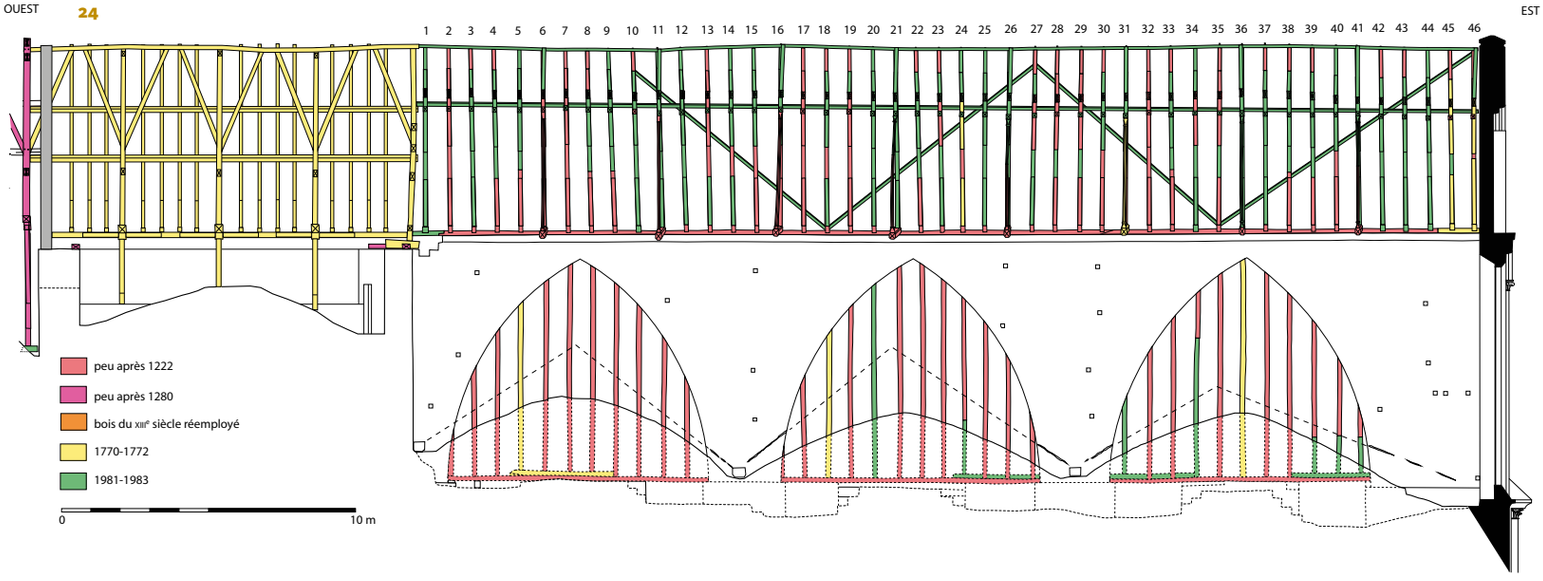
Le marquage

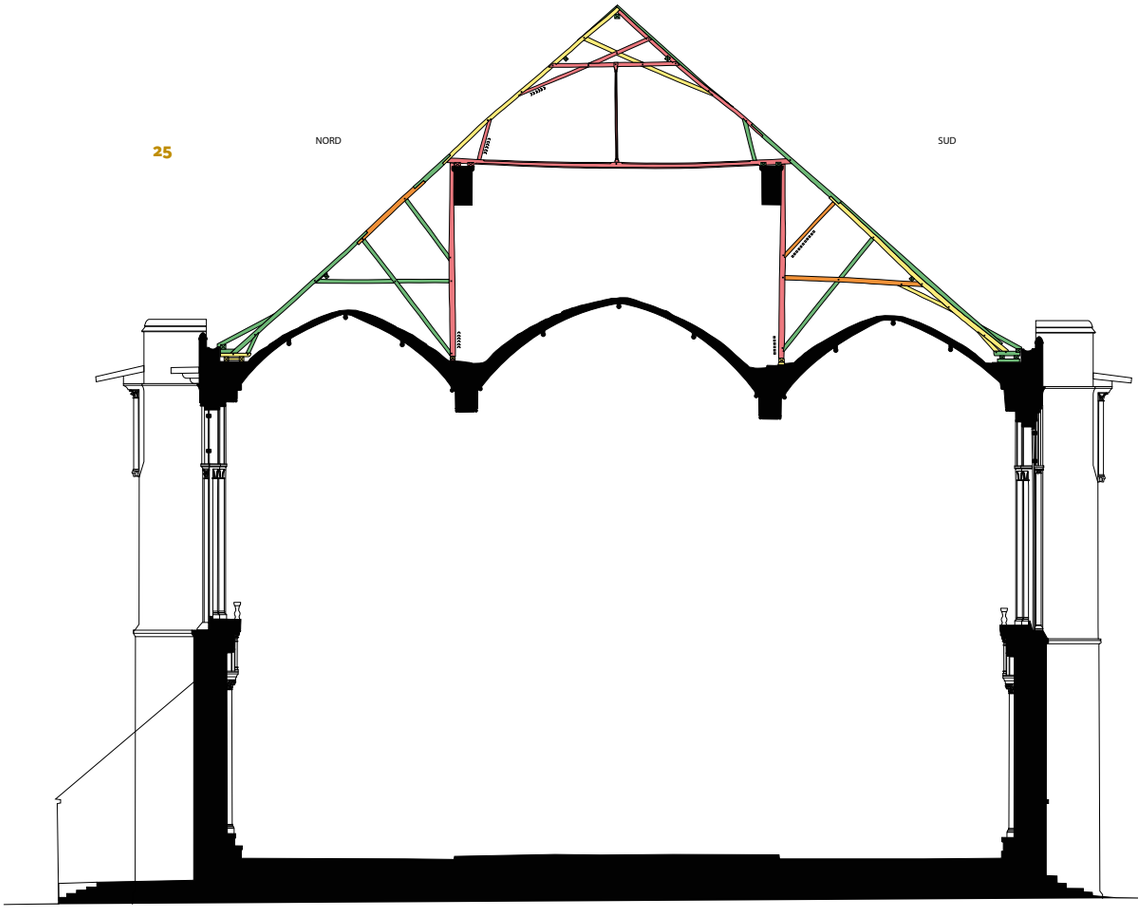
Le marquage de cette charpente est très proche de celui des bras [fig. 29]. Il s'agit de marques de pièce et non d'assemblage, qui sont inscrites sur les demi-fermes des collatéraux, au pied des chevrons, face extérieure, au pied des contrefiches, face inférieure, à l'extrémité externe des entraits retroussés, face inférieure, et au pied des poteaux, face extérieure pour les deux premières séries du collatéral nord (F1 à F31), et en face intérieure pour tous les autres. On observe dans le collatéral nord, au pied des poteaux de F35, 37 et 38, que les marques sont recoupées par l'assemblage de la sablière, prouvant que celui-ci a donc été tracé après l'achèvement complet des demi-fermes. Dans les fermes du vaisseau central, les marques visibles sont inscrites au pied des écharpes, face inférieure, et

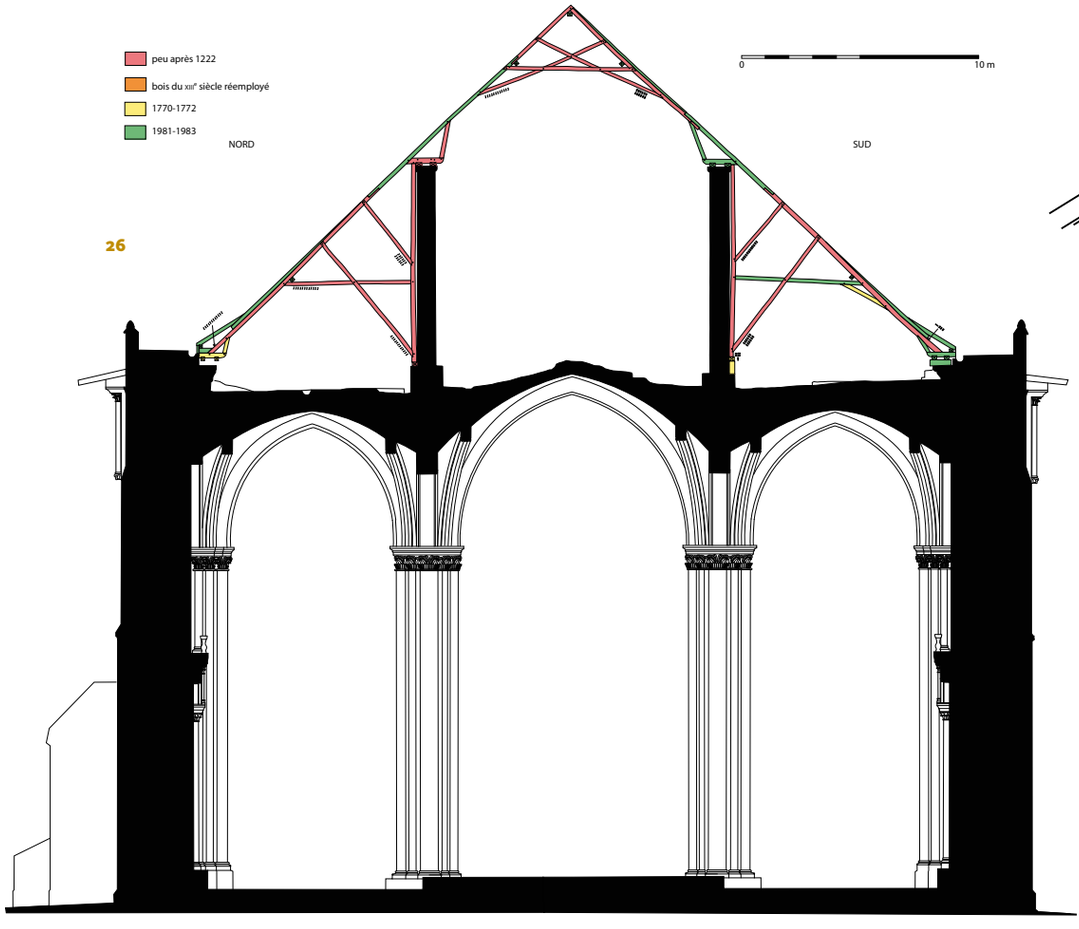
19 15 cm pour les pièces des charpentes des bras.

Fig. 23 – Plan au niveau des sablières hautes de la charpente du chevet (relevé : F. E., ESGT et Atemporel (voûtes) ; DAO : F. E.).
Fig. 24 – Coupe longitudinale ouest-est de la charpente du chevet (relevé : F. E., ESGT ; DAO : F. E.).









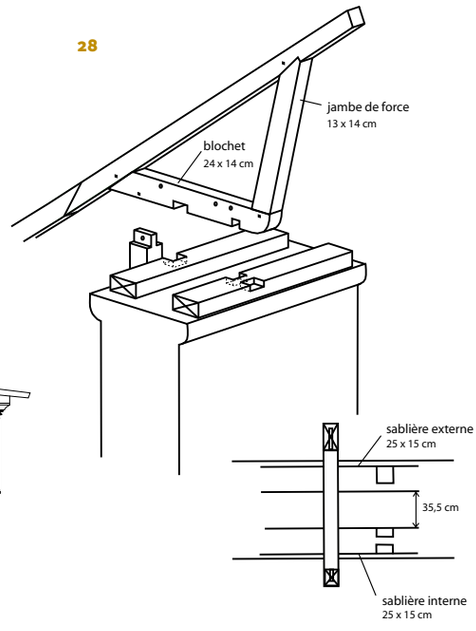
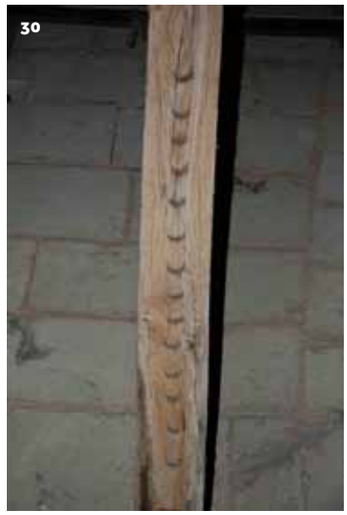
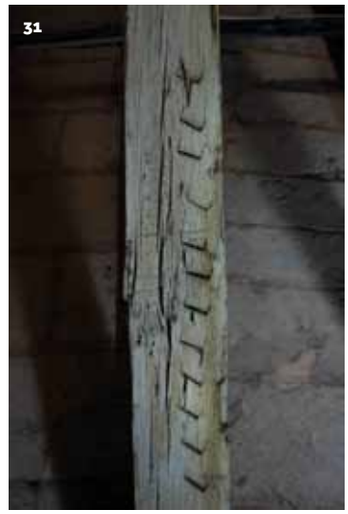


Fig. 25 – Coupe transversale du chevet au droit de la ferme principale 6, face ouest (relevé : F. E., ESGT ; DAO : F. E.)..
Fig. 26 – Coupe transversale du chevet au droit de la ferme secondaire 28, face ouest (relevé : F. E., ESGT ; DAO : F. E.).
Fig. 27 – Charpente du collatéral sud du chevet, début XXe siècle (MH0021771, Gossin, Médiathèque de l'architecture et du patrimoine)..
Fig. 28 – Assemblage des blochets aux sablières (dessin : F. E.).

Ferme	Collatéral sud	Vaisseau central		Collatéral nord	Valeur
		versant sud	versant nord		
1	▫	▫	☾	☾	1
2	▫▫	▫▫	☾☾	☾☾	2
3	▫▫▫	▫▫▫	☾☾☾	☾☾☾	3
4	▫▫▫▫	▫▫▫▫	☾☾☾☾	☾☾☾☾	4
5	▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾	5
6	▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾	6
7	▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾	7
8	▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾	8
9	▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾	9
10	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	10
11	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	11
12	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	12
13	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	13
14	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	14
15	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	15
16	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫▫	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾☾	16
17	▯	▯	𝍸	𝍸	1
18	▯▯	▯▯	𝍸𝍸	𝍸𝍸	2
19	▯▯▯	▯▯▯	𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸	3
20	▯▯▯▯	▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸	4
21	▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	5
22	▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	6
23	▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	7
24	▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	8
25	▯▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	9
26	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	10
27	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	11
28	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	12
29	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	13
30	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	14
31	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯▯	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸𝍸	15
32	I	I	X	X	1
33	II	II	XX	XX	2
34	III	III	XXX	XXX	3
35	IIII	IIII	XXXX	XXXX	4
36	IIIII	IIIII	XXXXX	XXXXX	5
37	IIIIII	IIIIII	XXXXXX	XXXXXX	6
38	IIIIIII	IIIIIII	XXXXXXX	XXXXXXX	7
39	IIIIIIII	IIIIIIII	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8
40	IIIIIIIII	IIIIIIIII	XXXXXXXXX	XXXXXXXXX	9
41	IIIIIIIIII	IIIIIIIIII	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	10
42	IIIIIIIIIII	IIIIIIIIIII	XXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXX	11
43	IIIIIIIIIII	IIIIIIIIIII	XXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXX	12
44	IIIIIIIIIII	IIIIIIIIIII	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	13
45	IIIIIIIIIII	IIIIIIIIIII	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	14
46	IIIIIIIIIII	IIIIIIIIIII	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	15

en rouge : marque disparue restituée





Ci-contre, fig. 29 – Tableau des marques des fermes et demi-fermes du chevet, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 30 – Marque faite de 14 demi-lunes de la demi-ferme 14 du collatéral nord, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 31 – Marque faite de 12 crochets de la demi-ferme 28 du collatéral nord, cl. Frédéric Épaud.

uniquement pour les fermes principales, sur la face interne des jambes de force. Les blochets et les autres jambes de force ne sont pas marqués ce qui suppose, là encore, qu'elles étaient déjà assemblées aux chevrons au cours du montage des fermes. Ce marquage spécifique des jambes de force des fermes principales semble indiquer que celles-ci étaient exécutées par une équipe distincte, aux habitudes propres, mais qui se référait à un plan de marquage cohérent et commun à toutes les fermes. Les chevrons, les entraits retroussés et faux entraits, malheureusement inaccessibles, doivent être probablement marquées sur leur face supérieure puisqu'aucune marque n'a été observée sur leur autre face.

Le marquage apparaît basé sur l'accumulation de signes dont la quantité a valeur de numéro. Celui-ci est commun à toutes les pièces d'une ferme et des deux demi-fermes qui lui sont assemblées mais avec une latéralisation caractérisée par un type de signe différent de part et d'autre de l'axe longitudinal de la charpente [fig. 29]. Selon ce principe, le marquage comporte trois séries continues : une première de 1 à 16 de F1 à F16, avec une succession de demi-lunes inscrites à la gouge au nord [fig. 30], et des encoches carrées au sud ; une deuxième série de 1 à 15 de F17 à F31 avec des crochets obliques au nord [fig. 31] et des encoches rectangulaires au sud et enfin une troisième série de 1 à 15 de F32 à F46 avec des grandes croix inscrites à la grosse rainette au nord et des traits faits au même instrument au sud[20]. Du fait de l'encombrement des signes et des difficultés de lecture, les signes sont parfois répartis en deux séries parallèles sur la même face.

Contrairement aux charpentes des deux bras, le marquage des bois a servi ici non seulement à la réalisation des fermes et des demi-fermes, mais aussi à la coordination de leur levage au sein d'un plan cohérent et ordonné, ce qui traduit une mise en chantier commune des charpentes des collatéraux et du vaisseau central. Par ailleurs, la similarité entre le marquage des charpentes des bras et du chevet, dans le principe d'accumulation des signes, la localisation sur les bois et le type des signes utilisés, semble confirmer une réalisation de ces charpentes par les mêmes équipes de charpentiers, ce qui est aussi attestée par leur ressemblance structurelle.

Comparaison avec les autres charpentes du XIIIe siècle

Les charpentes du vaisseau central du chevet et des deux bras appartiennent à un type de structure relativement commun et largement répandu en France septentrionale dans la seconde moitié du XIIe et la première moitié du XIIIe siècle. Leur principe du raidissement des chevrons par une croisée d'écharpes associée à un entrait retroussé, assemblés par des mi-bois aux extrémités, se rencontre aussi bien dans de petits édifices comme dans le manoir de Vilgué au Vieil-Baugé (Maine-et-Loire), la chapelle de l'hôpital Saint-Jean d'Angers et les églises de Fay (Sarthe), de Cour-Cheverny (vers 1159d) et Monthou-sur-Cher (vers 1173d) dans le Loir-et-Cher[21] que dans des grandes structures comme la salle des Etas Généraux de Blois et les cathédrales de Tours (1255-1265d), de Bayeux (1223-1250d) et de Rouen (1228d)[22]. L'emploi des écharpes se restreint après le milieu du XIIIe siècle pour disparaître au XIVe siècle où il s'observe pour la dernière fois à la cathédrale d'Auxerre en 1357d[23].

Le contreventement par des longrines dans le plan du chevronnage est bien plus rare et se rencontre dans la charpente de la cathédrale de Bourges en 1257d, et probablement dans celle de l'ancienne salle de justice du XIIIe siècle à Chartres, datée de 1270d[24]. Celui de Poitiers serait donc le plus précoce observé en France septentrionale dans l'état actuel des connaissances. La plupart des charpentes antérieures au milieu du XIIIe siècle ne sont pas contreventées et seul le lattis de la couverture assure le maintien des fermes, même pour de grandes structures (cathédrales de Bayeux, de Lisieux, de Sens…).

Les techniques de marquage sont typiques de la seconde moitié du XIIe siècle et se rencontrent par exemple dans la charpente de la salle des malades de l'hôpital Saint-Jean d'Angers[25], datée de 1176-1183d, avec des séries cumulatives similaires, des signes identiques et une latéralisation semblable à celle du chevet. Cependant, ce type de marquage disparaît très tôt au XIIIe siècle pour laisser place au marquage à base V et X.

Synthèse et interprétation

Au regard des structures et des techniques utilisées dans les charpentes des deux bras du transept et du chevet, il s'avère que ces charpentes ont très vraisemblablement été conçues selon un programme commun et exécutées par les mêmes équipes de charpentiers lors d'un unique et vaste chantier. Ces observations semblent être confirmées par les datations dendrochronologiques qui prouvent que les bois d'œuvre de ces trois charpentes sont issus d'un même stock de 700 grumes environ qui ont été réunies et entreposées à la suite d'au moins une dizaine de coupes successives, réparties entre 1196 et 1222. La conception de ces charpentes est alors à placer dès la fin du XIIe siècle avec un programme d'abattage qui aurait respecté

20 Seules les marques de la moitié sud des fermes du vaisseau central ont disparu avec les bois lors de la dernière restauration mais on suppose qu'elles correspondent à celles du collatéral sud.

21 *Charpentes* 2002.
22 Épaud 2007, p. 164 et 182.
23 Hoffsummer 2002, p. 200.

24 *Charpentes* 2002, p 178.
25 Hunot 2011.

Fig. 32 – Charpente du vaisseau central de la nef, vue depuis l'ouest, cl. Frédéric Épaud.

pendant près de 25 ans les mêmes gabarits de bois. Il n'est toutefois pas certain que la structure précise de la charpente ait été définie au début des abattages, mais plutôt une forme générale projetée afin de quantifier les besoins en bois d'œuvre.

La question du stockage de ces grumes reste en suspens mais il est probable qu'elles ont été entreposées dans un milieu permettant la conservation de l'humidité du bois (enclos forestier ?). L'équarrissage de toutes ces grumes serait intervenu après les dernières campagnes d'abattage, juste avant l'exécution des charpentes. Le suréquarrissage de tous ces bois s'expliquerait alors par une dégradation superficielle des grumes liée à de mauvaises conditions de stockage. Le levage, quant à lui, aurait donc été réalisé en un seul et unique grand chantier, qui expliquerait l'absence de solin contre la tour de transept, au droit des toitures orientales des bras, insérées aussitôt dans la charpente des collatéraux du chevet.

Les données archéologiques s'orientent donc vers un très vaste chantier de mise en œuvre des charpentes sur les deux bras du transept et le chevet peu après 1222 et qui aurait été programmé, au moins dans l'approvisionnement en bois d'œuvre, dès 1196 au plus tard. Ce phasage expliquerait les traces des toitures provisoires sur le chevet dans l'attente de l'achèvement du transept. Dès le montage des voûtes orientales en 1167, des toitures transversales provisoires, terminées vraisemblablement par une croupe, auraient été posées sur des murets pour asseoir les sablières et les chéneaux en bois. Après un certain laps de temps, ces toitures auraient été démontées pour la construction des deux murs longitudinaux à arcades, puis reposées au même emplacement sur les murets transversaux une fois ces deux murs achevés. Une toiture provisoire a dû également exister sur la voûte du bras sud, contemporaine de celles du chevet de 1167. Ce n'est qu'après le levage de la charpente du chevet, peu après 1222, que le gigantesque mur pignon aurait été édifié, venant se chaîner aux deux murs longitudinaux, assurant ainsi son contreventement[26]. Les murs pignons des deux bras ont vraisemblablement aussi été construits après le levage des charpentes.

Les matériaux de couverture

La faible pente des toitures des bras (51,5°), du chevet (42°) et aussi de la nef (41°) peut convenir aussi bien à une couverture de tuiles creuses à crochet qu'à un couvrement en schiste ardoisier. Les deux hypothèses sont renforcées par la présence de nombreux fragments de tuiles creuses et de schistes dans les maçonneries des voûtes en divers endroits des combles – même si la présence abondante de schistes dans le rein des voûtes des diverses parties de la cathédrale semble plutôt plaider en faveur du second choix. Peut-être faut-il considérer aussi les très forts espacements des fermes des charpentes à chevrons-formant-fermes des bras et du chevet, de 80 à 83 cm à l'entraxe, en rapport avec un type particulier de matériau de couverture ? On observe un entraxe aussi important dans les charpentes de la salle des malades (83,4 cm) et de la chapelle (87,8 cm) de l'hôpital Saint-Jean d'Angers, de la fin du xiie siècle sans que l'on en comprenne les raisons[27].

La flèche de la croisée du transept

Les élévations de la tour de croisée révèlent plusieurs phases de construction, en lien avec les campagnes des bras, du chevet et de la nef. Il apparaît que les élévations des 5 premiers mètres de hauteur appartiennent au projet primitif d'une tour de croisée inachevée et les 3 mètres restant aux campagnes des charpentes du chevet et des bras. En effet, d'après les raccords de maçonneries, la surélévation de cette tour a été réalisée après la construction des murs à arcades du chevet et avant l'achèvement des charpentes des bras puisque le solin de toiture de ces dernières y est engravé, uniquement sur les versants ouest et que les sablières viennent s'y encastrer. Ces élévations sont percées à la base de plusieurs logements pour des poutres de forte section, aujourd'hui disparues et qui constituaient une sorte de chaînage quadrangulaire disposé en diagonale par rapport au plan de la tour – système probablement destiné à supporter une partie de l'ossature de la flèche et de son beffroi[28] [fig. 23]. Au sommet des murs, subsistent plusieurs sablières encore en place et qui constituaient la base d'une flèche octogonale, laquelle s'élevait au-dessus de la grande toiture longitudinale et était raccordée aux charpentes des bras, du chevet et de la nef. Ces sablières ont été datées par dendrochronologie de l'automne-hiver 1278-1279, ce qui place la construction de cette flèche en 1279 ou peu après, c'est-à-dire en même temps que le chantier de la charpente de la nef, comme on le verra plus loin. Il est vraisemblable que le chantier des charpentes de la nef, qui a progressé d'est en ouest, a commencé par l'érection de cette flèche pour permettre l'approvisionnement en matériaux de la tour de croisée depuis la nef, avant la construction de sa charpente.

Entre l'achèvement des charpentes du chevet et du transept peu après 1222 et la construction de cette flèche, en 1279 ou peu après, la tour de croisée, ainsi que sa voûte, étaient exposées aux intempéries. Il est donc probable qu'une couverture provisoire la protégeait ou bien que l'enduit de la voûte, qui est pourvu de plusieurs rigoles pour orienter le ruissellement aux angles de la tour, soit d'origine et ait servi de revêtement de protection durant cette période transitoire.

La flèche de charpente représentée sur les vues de Gaignières en 1699 [fig. chapitre 3] pourrait être celle d'origine puisqu'aucune reprise des charpentes n'est relatée dans les textes avant son démontage. L'abbé Auber mentionne un plan de 1742 signé Vétaut au dos duquel une note manuscrite indique la hauteur de la flèche, qui devait culminer à 60 m au-dessus des toits, ce qui nous semble fantaisiste[29]. Le démontage de cette flèche intervient vers 1770-1772, d'après les datations dendrochronologiques des trois fermes qui la remplacent. Celles-ci ont été réalisées sur le modèle de celles de la nef, d'après l'état des devis daté du 19 juin 1771 qui mentionne que doivent être faites « trois fermes dans le meme goust que celle du grand comble de la nef »[30] .

La nef

Comme sur le chevet, une grande toiture à deux versants, de presque 23 m de rampant, faiblement inclinée à 41°, se déploie au-dessus d'un vaisseau central et des collatéraux nord et sud, de part et d'autre de deux grands murs longitudinaux ouverts d'arcades réparties irrégulièrement [fig. 33-35]. Elle prolonge à l'est le grand comble qui couvre l'ancienne tour de croisée et le chevet tandis qu'à l'ouest, elle se termine contre le mur-pignon de la façade occidentale. Le vaisseau central et ses collatéraux couvrent quatre travées dont les voûtes bombées pénètrent profondément dans le comble. Contrairement au chevet, les voûtes du vaisseau central sont placées à 4,50 m plus haut que celles des collatéraux. D'après Yves Blomme, ce choix intervint au début du chantier comme le suggère le bûchage des chapiteaux orientés vers l'intérieur de la nef des piles orientales et qui étaient originellement disposés à la hauteur de ceux des collatéraux. Ce repentir suppose que cette travée orientale, construite lors de l'érection de la tour de croisée pour la contrebuter, bien avant le lancement du chantier de la nef, prévoyait un voûtement de la nef identique à celui du chevet.

Les charpentes des deux collatéraux et du vaisseau central ont connu, depuis leur mise en œuvre au xiiie siècle, trois réfections. La première, intervenue vers 1772-1775d, a porté sur la charpente du collatéral nord qui a été entièrement reconstruite, avec toutefois de nombreux réemplois de bois d'origine et, très ponctuellement, sur celle du vaisseau central. Nous ignorons si ces travaux ont touché le collatéral sud du fait des rénovations ultérieures. D'après une commande passée en 1771 au maître architecte Pierre Vétault, nous savons que la galerie qui couronne la façade occidentale au-dessus de la rose était recouverte d'une toiture en ardoise : « au dessus de la rozette il sera fait un cintre en charpente en assemblage sur toute la largeur entre les deux petits escaliers en place dudit ballet qui couvre la galerie, lequel cintre en charpente sera aussi couvert en ardoise… »[31]. Celle-ci est d'ailleurs représentée bien plus tôt sur le dessin de Gaignières de 1699 [fig. chapitre 3]. La ferme la plus occidentale (F14) du vaisseau central se distingue des

26 Suggestion proposée par Jean-Pierre Crémier.

27 Hunot 2011, p. 284 et 290.

28 D'après l'absence de négatif de bois dans le mortier, ces poutres pourraient n'avoir jamais été mises en place.

29 Je remercie Laurent Barrenechea, ABF de la Vienne, pour cette mention.

30 Arch. dép. de la Vienne, G 191.

31 Arch. dép., G 191.

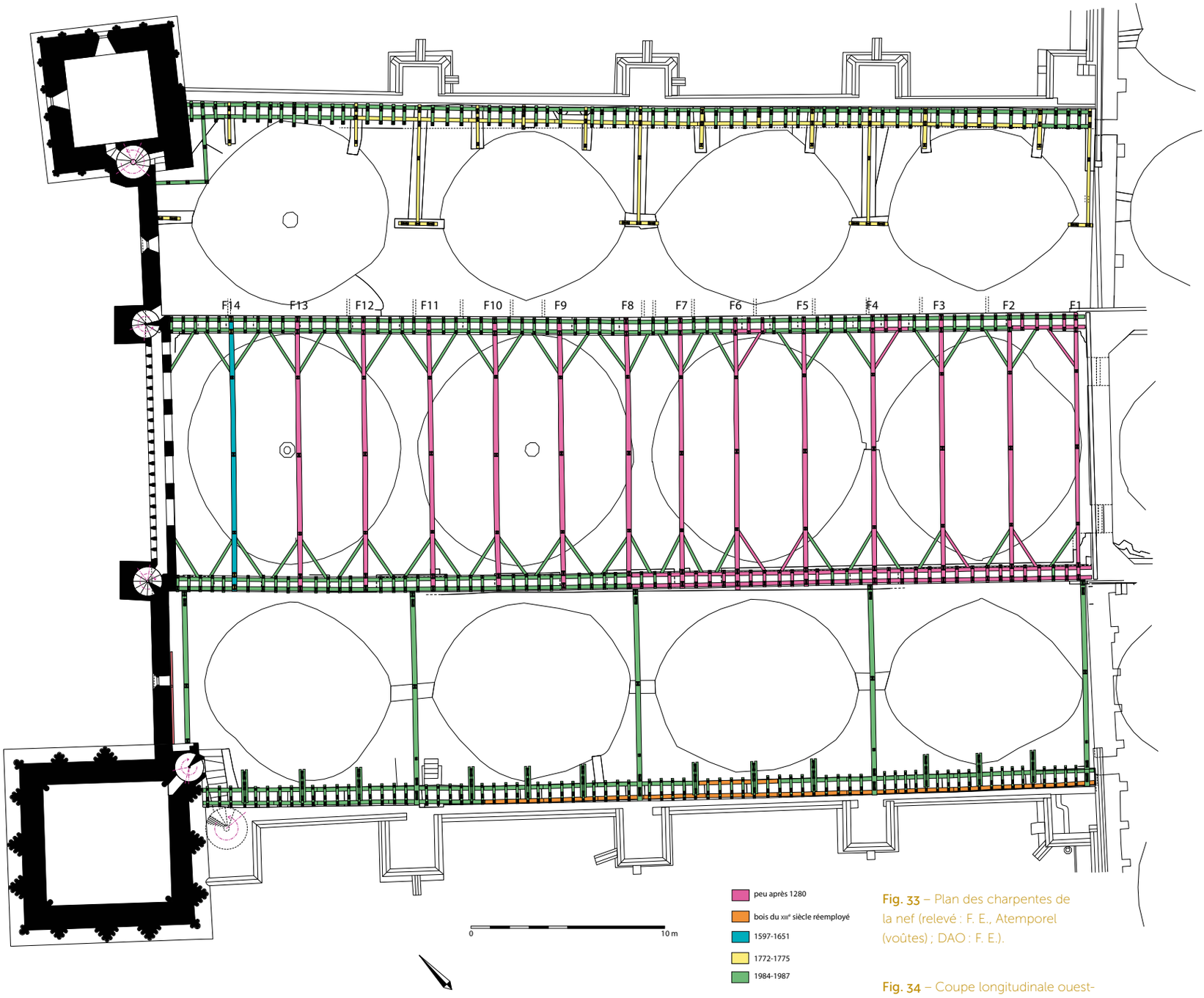
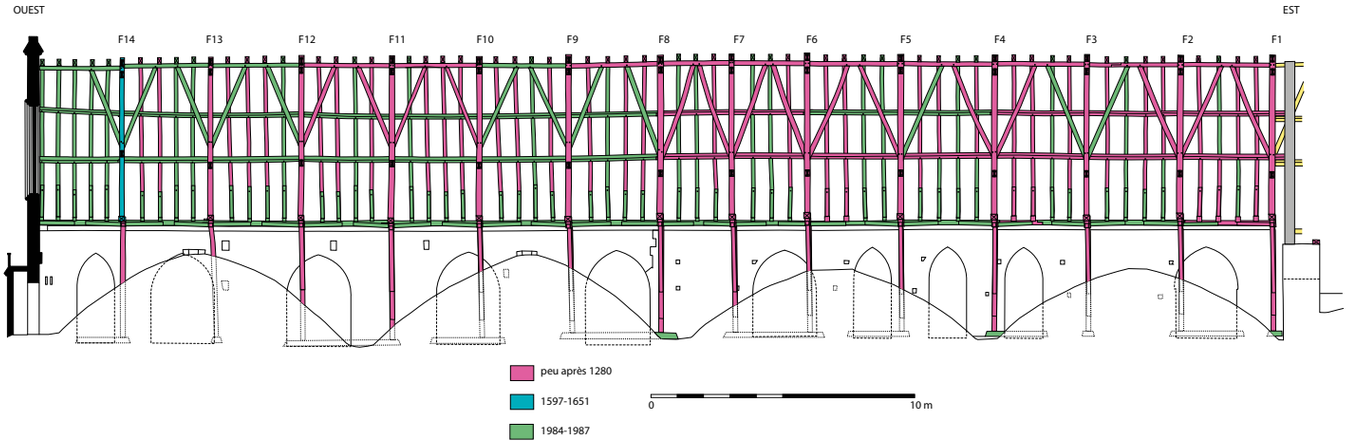


Fig. 33 – Plan des charpentes de la nef (relevé : F. E., Atemporel (voûtes) ; DAO : F. E.).

Fig. 34 – Coupe longitudinale ouest-est de la charpente du vaisseau central de la nef (relevé et DAO : F. E.).



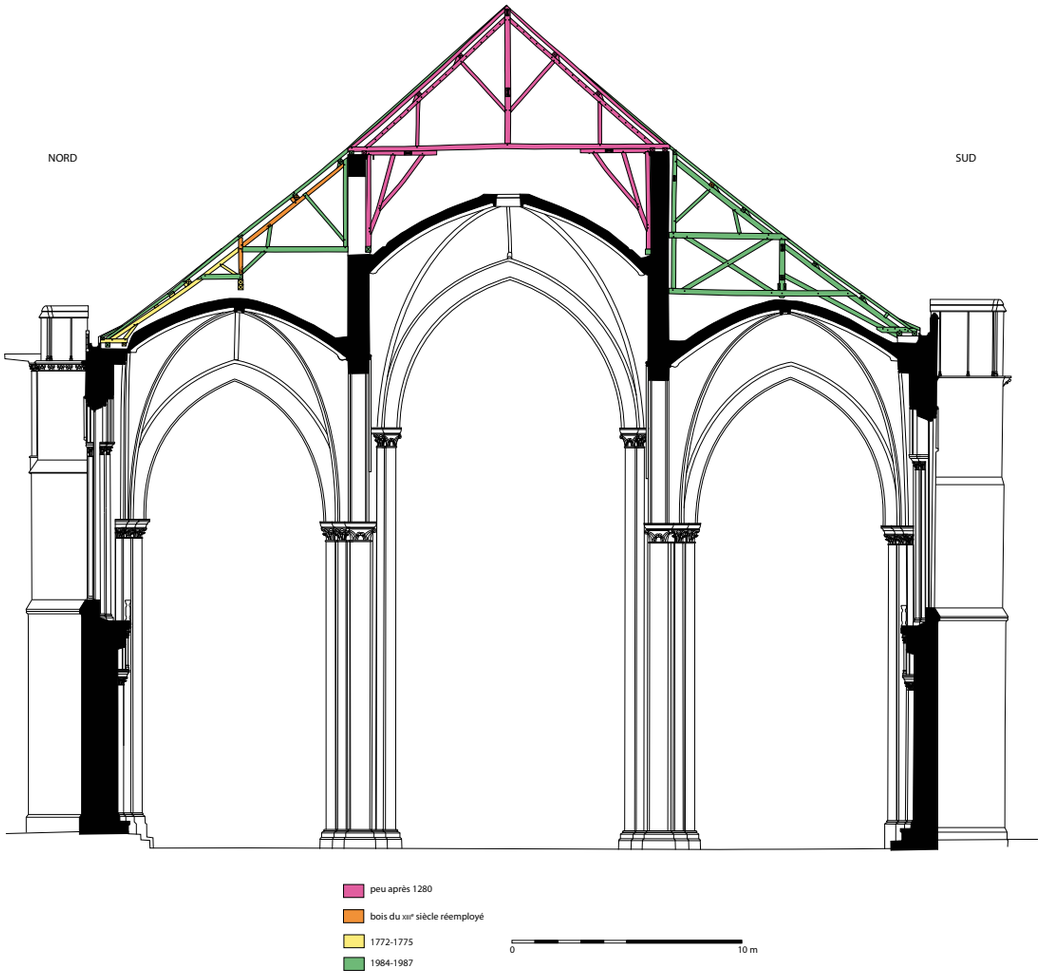


Fig. 35 – Coupe transversale de la nef au droit de F6, face ouest (relevé et DAO : F. E.).

précédentes avec des bois équarris grossièrement, des sections différentes de celles des bois des autres fermes, et des mortaises vides destinées à des éléments d'une croupe aujourd'hui disparue. De cette croupe subsiste au sol, au pied du pignon, une sablière qui a été datée par dendrochronologie entre 1597 et 1651. Une croupe a donc été réalisée dans la première moitié du XVIIe siècle, puis remplacée par une travée supplémentaire de charpente en 1888 par Lucien Magne lors de la construction du pignon actuel. Nous ignorons donc si cette croupe moderne remplace une plus ancienne ou bien si la charpente du XIIIe siècle se terminait par une ferme formant pignon.

Des vestiges de sablières sont encore présents au pied du mur-pignon du collatéral sud, prouvant que là aussi une croupe terminait cette charpente. Cependant, faute de datation dendrochronologique, du fait de l'état des bois, nous ignorons si ces éléments sont d'origine ou liés à un remaniement du XVIIe siècle. Quoi qu'il en soit, cette croupe a été supprimée et remplacée par une travée droite en 1888.

Enfin, la troisième réfection correspond aux travaux entrepris en 1984-1987 par l'Architecte en chef : renforcement de la charpente du collatéral nord par le rajout de nombreuses pièces ; remplacement des trois quarts du chevronnage, des sablières, des blochets et des jambes de force de la charpente du vaisseau central. Quant au collatéral sud, sa charpente a été intégralement reconstruite au XXe siècle (?), avec néanmoins quelques réemplois qui n'ont pu être datés.

La charpente du vaisseau central

Toutes les pièces d'origine sont des bois de brin en chêne équarris à la doloire. Elles sont pour la plupart droites excepté les entraits qui sont légèrement cintrés vers le haut. Contrairement aux bois des bras et du chevet, ceux-ci présentent tous une section qui convenait aux besoins des charpentiers et ont été équarris *a minima* en préservant de nombreux aubiers.

Les deux campagnes d'analyses dendrochronologiques, faites par le laboratoire de Chrono-Écologie de Besançon[32] en 1999 et le CEDRE[33] en 2001, regroupent 25 échantillons prélevés sur les parties basses de la charpente en raison des difficultés d'accès aux parties hautes. Comme précédemment, en l'absence de cambium, elles n'ont pas permis de déterminer une datation précise de la charpente, avec un abattage des bois estimé entre 1268 et 1295. La troisième campagne d'analyse, faite en octobre 2012, a permis de mettre en évidence, avec 18 cambium datés, des abattages en continu depuis l'automne-hiver 1277-1278 jusqu'à l'automne-hiver 1279-1280. Il est intéressant que des coupes se soient poursuivies en dehors des périodes de repos végétatif, au printemps 1278. Pour l'interprétation de ces données, il convient au préalable d'analyser archéologiquement les structures.

La charpente du vaisseau central est une structure à fermes et pannes constituée de 14 fermes identiques, portée à près de 2 m de hauteur au-dessus de l'extrados des voûtes par deux grands murs longitudinaux à arcades. Elle se prolonge sur la croisée du transept avec trois fermes similaires dont la mise en œuvre date de 1771, et correspond au devis daté du 19 juin déjà signalé.

Chaque ferme est constituée d'un entrait, d'un poinçon triangulé par un couple de chevrons et d'arbalétriers raidis par deux grandes contrefiches et deux jambes de force verticales [fig. 36-37]. Celles-ci soutiennent les arbalétriers au droit des deux cours de pannes qui sont maintenues par des échantignoles. Comme les jambes de force transmettent d'importantes charges au quart de la longueur de l'entrait, celui-ci est soutenu à chaque extrémité par une console qui reporte ces charges au pied des murs à arcades [fig. 38]. Ces consoles sont constituées d'un chapeau horizontal assemblé en bout à la sablière interne, placé sous l'entrait et fixé à lui par de fortes chevilles, d'un poteau adossé au mur en appui sur une semelle au sol et deux aisseliers. Pour stabiliser ces consoles lors de leur mise en place, des liens obliques sont assemblés aux flancs des chapeaux et aux sablières internes. Tous les assemblages sont à tenon et mortaise.

Dans chaque travée, une panne faîtière est tenonnée au flanc des poinçons, en tête, et soulagée par deux longs liens obliques qui s'assemblent au tiers inférieur des poinçons. Ces pannes faîtières, avec les deux cours de pannes par versant, soutiennent les chevrons auxquels elles sont chevillées. On compte quatre couples de chevrons par travée, excepté sur deux travées entre F6 et F8 qui n'en ont que trois. Dans leur disposition d'origine, chaque chevron est assemblé en pied à un blochet et une jambe de force simplement embrevée et chevillée. Les blochets et les entraits sont assemblés à un double cours de sablières[34] par une simple entaille à mi-bois en demi-queue d'aronde, taillée dans le sens inverse sur la seconde sablière. Comme dans les autres charpentes, ces sablières n'étaient pas étrésillonnées entre elles.

On constate que cette charpente se subdivise en deux ensembles distincts d'après quelques petites nuances structurelles : F1-F8 et F9-F14. De F1 à F6, les fermes sont écartées précisément de 3,51 m à l'entraxe tandis que de F9 à F14, elles sont régulièrement espacées de 3,37 m. Du fait de ces différences de longueur, les assemblages des longs liens obliques aux pannes faîtières sont plus espacés à l'ouest qu'à l'est. Par ailleurs, pour le premier ensemble (F1-F8), on note que les chapeaux des consoles sont taillés droit à leur extrémité, que les aisseliers des consoles et les longs liens obliques de la faîtière sont légèrement coudés [fig. 38] et que les poteaux des consoles sont percés en pied d'un trou transversal qui semble lié à une technique de levage alors que pour le second ensemble à l'ouest (F9-F14), les chapeaux sont moulurés à leur extrémité [fig. 40], les aisseliers des consoles sont droits avec une section moindre, comme les longs liens obliques du faîtage, et les poteaux sont dépourvus de trou traversant. Ces petites différences structurelles semblent indiquer que ces deux lots de bois ont été exécutés et probablement levés séparément, en deux temps mais à un intervalle de temps relativement court puisqu'ils appartiennent à un projet commun. La jonction de ces deux ensembles se situe au droit de F8, après les deux courtes travées de trois couples de chevrons (F6-F8), en partant de l'est. Dans les maçonneries des murs à arcades, on observe justement à cet endroit une couture stratigraphique qui ne rompt pas les hauteurs d'assises mais qui se traduit par une cassure dans l'appareillage [fig. 35]. De part et d'autre de cette couture, on note que les trous de boulins sont différents[35]

32 Perrault, Girarclos 1999.

33 Girarclos, Hoffsummer, Perrault.

34 Ces sablières ne sont conservées qu'au sud-est de la charpente.

35 Plus visible sur le mur nord, à l'est, les trous de boulins sont taillés dans l'angle d'une pierre tandis qu'à l'ouest, ils occupent l'emplacement d'une pierre complète.

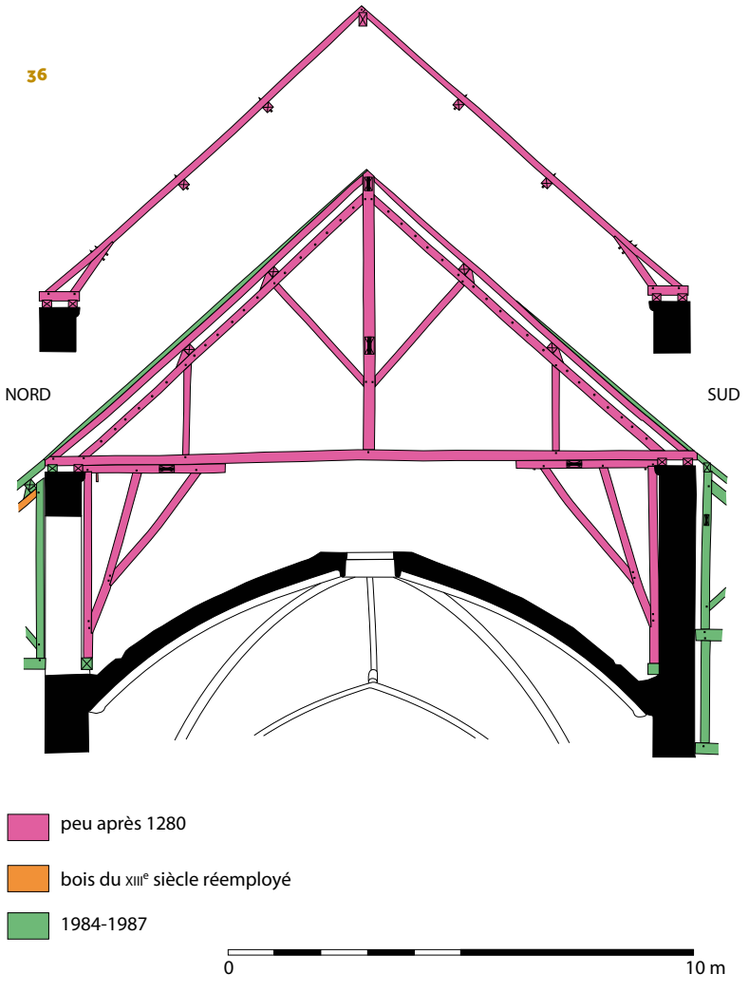


Fig. 36 – Ferme 6 et restitution d'un couple de chevrons, face ouest (relevé et DAO : F. E.).
Fig. 37 – Consoles des fermes 1 à 6 du vaisseau central de la nef, versant sud, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 38 – Moulures du chapeau de la console de F9-F14, cl. Frédéric Épaud.

et répartis sur des assises distinctes ce qui traduit bien deux chantiers auxquels il faut rattacher les deux ensembles de cette charpente.

Le marquage des bois confirme ces deux campagnes rapprochées avec deux numérotations distinctes mais qui se prolongent [fig. 40]. De F1 à F8, le marquage des assemblages, sur la face est, est continu de l'est vers l'ouest avec une numérisation de 1 à 8 des fermes et avec une latéralisation qui différencie les bois de la moitié sud des fermes par des marques en chiffres romains inscrites à la rainette, de ceux de la moitié nord, par des marques à encoches et des chiffres romains gravés au ciseau. À partir de F9, la numérotation reprend avec une marque en chiffre romain à la rainette de valeur 9, de même pour F10 mais avec une nouvelle latéralisation qui apparaît et qui consiste à rajouter un demi-cercle aux marques nord ou un trait au sud. Les suivantes prennent en compte dans la numérotation le nombre des chevrons, toujours en chiffres romains, avec abréviation et inscrits à la rainette. Ce marquage prouve donc que cette charpente a bien été réalisée en deux temps, lors de deux chantiers distincts mais en respectant un projet d'origine commun, avec un arrêt de chantier après F8 au milieu du vaisseau.

La répartition des prélèvements dendrochronologiques dans la charpente semble montrer pourtant que le chantier de la flèche, des deux parties du vaisseau central et des collatéraux a été réalisé à partir d'un unique stock de bois issus d'une série de coupes étalées sur deux ans. De 1277 à 1280, le financement du chantier se serait consacré exclusivement aux campagnes d'abattage des bois, avec un stockage des grumes dans l'attente du chantier. L'exécution des charpentes aurait donc commencé à l'issue de ces coupes, peu après 1280, avec une progression d'est en ouest, en débutant par la flèche de la croisée du transept, avec un levage des pièces depuis la nef, puis la partie orientale de la nef et, après l'achèvement des parties maçonnées de la partie ouest, la seconde moitié de la charpente de la nef, conjointement aux collatéraux. L'arrêt de chantier entre la partie est et ouest a dû être de courte durée en raison de l'absence de trace de cloison provisoire au droit de F8 et de l'homogénéité technique et structurelle de ces deux ensembles, témoignant d'une exécution par les mêmes charpentiers.

Comparaison avec les autres charpentes du XIIIe siècle

Les charpentes à fermes et pannes sont relativement fréquentes dans les églises gothiques à partir de 1220-1230, plus particulièrement en Île-de-France dans le Val d'Oise[36], l'Essonne[37] et dans une moindre mesure en Haute-Normandie[38] et en Picardie[39]. Elles se rencontrent également dès 1210-1220 dans les granges abbatiales dans l'Oise[40], le Val d'Oise[41], l'Essonne[42] et en Normandie[43]. Comparé aux charpentes à chevrons-formant-fermes, ce type de charpente a une diffusion qui s'explique, d'une part, par une meilleure répartition des charges sur les supports gothiques avec des fermes assises généralement au droit des piles – et donc un allégement des travées dans les églises comme dans les granges – et, d'autre part, par un nombre réduit d'assemblages et de fermes à tailler, une plus grande facilité de levage et une plus faible consommation en bois d'œuvre, ce qui contribue à diminuer considérablement la durée et le coût du chantier. Par ailleurs, l'évolution des disponibilités forestières au cours du XIIIe siècle exigeait probablement des constructions plus économes en bois d'œuvre.

La charpente de la nef de la cathédrale de Poitiers s'apparente à ces autres structures à fermes et pannes recensées pour le XIIIe siècle, notamment par certains critères qui les distinguent de celles de la fin du Moyen Âge comme des liens de sous-faîtage particulièrement longs, un raidissement des arbalétriers au droit des pannes, des jambes de force aux chevrons, leur chevillage aux pannes et la présence de consoles pour les grandes portées. À partir du XIVe siècle, ces éléments caractéristiques disparaissent tandis que l'on voit apparaître

36 Églises de Bessancourt (second quart XIIIe siècle), Ableiges, Champagne-sur-Oise (1234d), Cormeilles-en-Vexin, Grisy-les-Plâtres, Courcelles-sur-Viosne (second quart XIIIe siècle), Fontenay-en-Parisis (vers 1250), Marly-la-Ville (1262-1265d), Montreuil-sur-Epte (second quart XIIIe siècle), Seraincourt, Villiers-le-Bel (Épaud et Bernard 2008).

37 Vert-le-Petit (1221-1222d).

38 Abbatiale de Fécamp (vers 1217-1223d), réfectoire de l'abbaye de Bonport à Pont-de-l'Arche (1240-1241d) (Épaud 2007 p. 209).

39 Cathédrale d'Amiens vers 1284-1305d (Prache 1995, p. 34-39 et Hoffsummer 2002 p. 219).

40 Fourcheret, Troussures, Fay (Saintines), Vaumoise, Azémont (Crépy-en-Valois).

41 Saint-Ouen-l'Aumône, Tremblay-en-France.

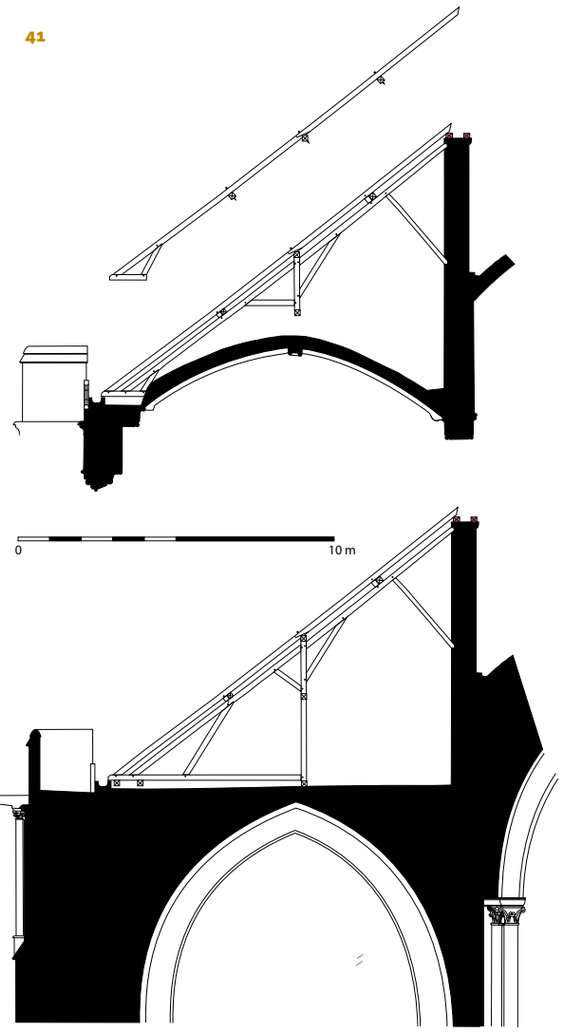
42 Longpont-sur-Orge.

43 Val-de-la-Haye (1211-1220d), Pont-de-l'Arche (abbaye de Bonport, 1228d), Heurteauville (1237-1243d) et abbaye Notre-Dame d'Ardenne.

Ferme		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Marque	Nord	▫	▫▫	▫▫▫	▫▫▫▫	V	V/	\\V	V///	V////	V/////	X \\\\	X	X	X
	Sud	/	//	///	////	V	V/	V//	V///	V////	\\\\V	X \\\\	X	X	X
Valeur		1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	14	20	25	30

40

Ci-dessus, fig. 39 – Tableau des marques des fermes du vaisseau central de la nef.
Fig. 40 – Charpente du collatéral nord de la nef, cl. Frédéric Épaud.
Fig. 41 – Proposition de restitution de la charpente d'origine du collatéral nord de la nef : chevron, demi-fermes secondaire et principale, face ouest (dessin F. E.).


41

des sous-faîtières, des liens et des croix de Saint-André dans le raidissement des faîtières aux sous-faîtières, des moises pour renforcer les assemblages des sous-faîtières aux poinçons, une répartition moins ordonnée des fermes sur les supports maçonnés, des pannes ancrées dans les murs et, plus tardivement, le développement des bois de scierie, des poinçons hauts et des arbalétriers en portique, entre autres. On dénote ainsi une perte des compétences techniques dans la compréhension de la répartition des charges sur les murs, de la mécanique des charpentes et du travail du matériau après les XIIIe-XIVe siècles. Les charpentes à fermes et pannes du XIIIe siècle, et particulièrement celle de la cathédrale de Poitiers, figurent parmi celles qui ont été les mieux exécutées jusqu'à aujourd'hui et qui ont, par conséquent, le mieux traversé les siècles, au regard de l'absence de déformation et de reprise structurelle, exceptée bien sûr la malheureuse « restauration » inutile des années 80.

La charpente du collatéral nord

Les prélèvements dendrochronologiques effectués sur les bois d'origine en réemploi dans la charpente du collatéral nord ont permis d'identifier, avec 9 cambiums datés, trois coupes successives et continues en automne-hiver des années 1277-1278, 1278-1279 et 1279-1280, comme dans le vaisseau principal par conséquent. La structure actuelle, qui réemploie ces bois d'origine, a quant à elle été datée entre 1772 et 1775 [fig. 41].

Il s'agit d'une structure à fermes et pannes pourvue d'un portique longitudinal destiné à porter les demi-fermes et le chevronnage au-dessus des voûtes bombées. Les nombreux réemplois qui la composent et leur datation par dendrochronologie permettent de proposer une restitution partielle de la charpente du XIIIe siècle [fig. 42]. La charpente actuelle reprend en grande partie les dispositions de la structure d'origine qui était constituée de demi-fermes principales, assises entre chaque voûte, assemblées à un portique longitudinal qui portait, comme aujourd'hui, des demi-fermes secondaires et les chevrons. Ces demi-fermes principales présentaient deux arbalétriers assemblés à un poteau médian et raidis par des contrefiches et une jambe de force en appui sur un demi-entrait. Au-dessus des voûtes, trois à quatre demi-fermes secondaires par travée relayaient les charges des pannes sur le portique par le biais de trois cours de pannes équidistantes et d'un portique longitudinal. Ces demi-fermes secondaires étaient composées d'un court poteau médian, appuyé sur une longrine du portique et auquel venait s'assembler les arbalétriers, soulagés au nord par une courte jambe de force, un entrait retroussé et, au sud, par deux contrefiches. Toutes les contrefiches sud étaient ancrées directement dans les maçonneries comme en témoignent les logements encore visible dans le mur longitudinal, taillés assez grossièrement, après le montage du mur. Il en était de même pour la tête des arbalétriers. Sur les pannes étaient chevillés les chevrons qui étaient constitués de deux pièces enturées bout à bout au droit de la panne médiane et qui, pour certains, ont été réemployés en l'état, sans avoir été démontés. En pied, chaque chevron était soulagé par une courte jambe de force simplement embrevée et chevillée, comme dans le vaisseau central. Le portique longitudinal était constitué d'un cours continu de pannes hautes, réemployées actuellement en grande partie dans sa position d'origine, d'une longrine et vraisemblablement de contrefiches et de croix de Saint-André pour leur raidissement.

On constate que la structure générale de cette charpente est d'une conception très proche de celle du vaisseau principal où les demi-fermes sont en partie calquées sur le schéma d'une ferme classique « coupée en deux », avec donc des arbalétriers et des contrefiches ancrés directement dans le mur, ce qui est relativement maladroit. Le portique longitudinal, difficilement restituable, correspond toutefois à une innovation pour le XIIIe siècle, justifiée ici par le voûtement très bombé.

Les datations dendrochronologiques confirment une mise en œuvre conjointe des charpentes des collatéraux et du vaisseau principal même si le doute persiste pour le bas-côté sud. La dispersion des réemplois dans le collatéral nord ne permet pas toutefois de retrouver les deux phases de chantier très rapprochées identifiées dans le vaisseau central.