



**HAL**  
open science

# Les charpentes des XIIe-XIIIe siècles de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux

Frédéric Epaud

► **To cite this version:**

Frédéric Epaud. Les charpentes des XIIe-XIIIe siècles de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux. Juhel V. (dir.) Archéologie et prospection en Basse-Normandie Mémoires de la Société des Antiquaires de Normandie, t. XXXVIII, XXXVIII, pp.219-255, 2006. halshs-01245222

**HAL Id: halshs-01245222**

**<https://shs.hal.science/halshs-01245222>**

Submitted on 12 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.

par Frédéric Epaud<sup>1</sup>

***Rappel historique et description architecturale***

Inscrite dans le vaste mouvement de reconstruction des églises normandes au cours de la première moitié du XI<sup>e</sup> siècle, la réédification de la cathédrale romane de Lisieux est attribuée à l'évêque Herbert (1022-1043) et à son successeur Hugues d'Eu (1050-1070)<sup>2</sup>. De cet édifice du XI<sup>e</sup> siècle, il ne subsiste plus aucune maçonnerie apparente sauf, d'après Georges Huard et Alain Erlande-Brandenburg, quelques assises au revers du massif occidental et, peut-être, dans les maçonneries des murs ouest des deux bras du transept<sup>3</sup>. Les fondations de la cathédrale romane semblent avoir servi de base au plan de la cathédrale gothique qui témoigne de la présence originelle d'un massif occidental à deux tours, d'une tour-lanterne sur la croisée du transept et d'un chœur à déambulatoire, à l'image d'autres églises normandes achevées dans les décennies 1060-1070 comme l'abbatiale de Jumièges ou la cathédrale de Rouen.

La reconstruction de la cathédrale dans les dernières décennies de l'épiscopat d'Arnoult (1142-1182) est confirmée par plusieurs textes qui relatent vers 1170 d'importants travaux de réédification depuis les fondations de l'édifice<sup>4</sup>. Il semble toutefois qu'en 1182, lors de la démission d'Arnoult, la cathédrale était loin d'être achevée puisque l'évêque Jourdain du Hommet (1201-1218) est mentionné plus tard dans un texte qui lui attribue son agrandissement et son enrichissement<sup>5</sup>. C'est donc probablement sous l'épiscopat de ce dernier qu'il faut situer l'achèvement des vaisseaux principaux de la cathédrale Saint-Pierre. L'analyse architecturale des élévations et les expertises dendrochronologiques menées sur les charpentes vont confirmer avec une relative certitude ces présomptions.

Élevée très vraisemblablement sur les fondations romanes, la nouvelle cathédrale gothique adopte un plan en forme de croix latine avec une nef de huit travées barlongues, un transept profond de trois travées pourvues de bas-côtés à l'est et un chœur long de quatre travées à collatéraux (fig. 1). Ce chœur se termine par une abside à déambulatoire ouverte sur deux chapelles rayonnantes semi-circulaires et une chapelle axiale dédiée à la Vierge, reconstruite vers 1432-1442.

Les élévations tripartites de la nef, des murs Est du transept et des deux travées occidentales du chœur traduisent l'homogénéité du programme de construction marqué par l'empreinte du style gothique d'Ile-de-France (fig. 2). Au-dessus des grandes arcades aux piles circulaires, s'ouvrent les baies géminées d'une fausse tribune sur le comble des collatéraux, sous un troisième niveau de fenêtres hautes au mur mince, dépourvues de galerie de circulation.

Les maçonneries de la première travée occidentale de la nef viennent se greffer sur les piliers d'un narthex préexistant qui servit de support aux nouvelles constructions gothiques. D'après l'observation des chapiteaux à décor de feuillages et palmettes, Alain Erlande-Brandenburg suggère que le bas-côté nord de la nef fut élevé en priorité d'ouest en est, suivi de près par le bas-côté sud d'est en ouest puis des piliers de la nef, également d'est en ouest<sup>6</sup>. Toujours selon la modénature des

---

<sup>1</sup> Docteur en Archéologie.

<sup>2</sup> Orderic VITAL, *Historia ecclesiastica*, éd. Le Prévost et Delisle 1838-1855, t. II, p. 308 et Guillaume de Poitiers, *Gesta Guillelmi ducis*, éd. A. Duchesne, dans *Historiae Normannorum scriptores antiqui*, Paris 1619, p. 195D cités dans Georges HUARD, « La cathédrale de Lisieux aux XI<sup>e</sup> et XII<sup>e</sup> siècles », *Etudes Lexoviennes*, Paris, t. II, 1919, p. 2 et 21-23.

<sup>3</sup> Alain ERLANDE-BRANDENBOURG, « La cathédrale de Lisieux. Les campagnes de construction », *Congrès archéologique*, 1974, p. 140-141 ; Georges HUARD, *op. cit.*, p. 4.

<sup>4</sup> *Miracula Sancti Thomae* de Guillaume de Cantorbéry dans *Materials for the history of Thomas Becket, archbishop of Cantorbéry*, ed. Craigie Robertson and Brigstocke Sheppard, Londres, 1875-1885, t. I, p. 256, et autres textes cités dans Georges HUARD, *op. cit.*, p. 8-9, *Preuves-IV, V*, p. 24-26.

<sup>5</sup> Georges HUARD, *op. cit.*, p. 35.

<sup>6</sup> Alain ERLANDE-BRANDENBOURG, *op. cit.*, p. 152-153.

chapiteaux à motifs végétaux, les fausses-tribunes et l'étage des fenêtres hautes de cette nef furent construits dans le sens inverse, de l'ouest vers l'est<sup>7</sup>. Leurs chapiteaux de retombée des ogives ne sont pas disposés en diagonal comme il se doit mais perpendiculairement aux murs.

Des arcs-boutants d'une seule volée, venant s'appuyer sur de longues culées, reprennent les charges transmises aux murs gouttereaux par les voûtes quadripartites (fig. 3). Ces arcs-boutants qui compensent l'absence de véritables tribunes voûtées sont cependant placés trop en hauteur et répondent incorrectement au report des charges des voûtes, ce qui a entraîné quelques déformations des murs observées au siècle dernier au niveau du rein des voûtes. Cette anomalie témoigne avec évidence de la précocité de ce dispositif novateur en Normandie, encore mal maîtrisé dans les années 1170-1180.

Les deux bras du transept présentent une élévation relativement composite avec des murs Est reprenant le parti des élévations de la nef et des murs ouest qui s'en différencient complètement (fig. 4 et 5). Ces derniers conservent en effet une plus grande épaisseur<sup>8</sup> et, au deuxième niveau, des petites baies derrière lesquelles court une galerie de circulation voûtée en berceau. De nombreuses ruptures d'assises perturbent l'appareillage signifiant une discontinuité avec le chantier de la tour de croisée dans le bras nord et avec le voûtement dans le bras sud. Il est assez difficile d'établir une chronologie entre ces différents chantiers. Alain Erlande-Brandenburg considère le noyau de ces maçonneries comme des éléments appartenant à la cathédrale du XI<sup>e</sup> siècle bien qu'il demeure difficile d'entrevoir un raccord entre l'appareillage externe et d'éventuelles maçonneries intérieures du XI<sup>e</sup> siècle. Nous nous rapprocherons plutôt de l'hypothèse avancée par François Saint James<sup>9</sup> d'une campagne primitive du début du XII<sup>e</sup> siècle concernant ce transept, selon un parti inspiré des élévations du XI<sup>e</sup> siècle d'une nef encore conservée. Ces murs pourraient être rattachés aux travaux mentionnés par Robert de Torigni et une lettre d'Arnoul<sup>10</sup> vers 1141-1143, réalisés suite à l'incendie de la ville par Geoffroi le Bel en 1136. La campagne de reconstruction du transept conserva alors une partie de ces maçonneries.

Outre ces murs ouest, l'édification du transept, des deux travées occidentales du chœur, de la tour lanterne et de leur voûtement semblent appartenir à une même campagne qui aurait suivi de près celle de la nef et conservé la même tripartition des élévations de style gothique d'Ile-de-France. En effet, on remarque dans leurs maçonneries l'emploi en abondance d'un calcaire foncé, matériau que l'on n'observe pas dans la nef et seulement de façon résiduelle dans les dernières travées du chœur. La tour lanterne ou du moins, son premier niveau, pourrait donc être contemporaine du transept et des deux premières travées du chœur destinées à la contrebuter, au regard des deux piliers orientaux de la croisée qui sont parfaitement adaptées à l'édification d'une tour alors que les piliers ouest, construits avec la nef et prévus à l'origine pour une simple voûte de croisée selon le style d'Ile-de-France, ont été réaménagés lors des travaux du transept. Malgré les dimensions réduites de cette tour-lanterne, les piliers ne supportèrent pas son poids et il fallut les reprendre en sous-œuvre d'abord au XV<sup>e</sup> siècle puis au XIX<sup>e</sup> siècle<sup>11</sup>.

La reprise du chantier sur le chœur se lie au niveau de la deuxième travée par une rupture d'appareillage qui s'observe parfaitement jusque dans le comble. Cette campagne fut conduite par un autre architecte qui imposa le style gothique normand au détriment de celui d'Ile-de-France employé jusqu'à présent. Ce nouvel architecte conserva néanmoins la même élévation avec un étage de fausses-tribunes au-dessus des grandes arcades, surmonté par un niveau de fenêtres hautes, sans alternance des piles et avec des voûtes barlongues quadripartites épaulées par des arcs boutants d'une seule volée. Le style normand se manifeste ici dans la modénature avec notamment des chapiteaux au tailloir

---

7 William W. CLARK, « Lisieux : cathédrale Saint-Pierre », *L'architecture normande au Moyen Âge*, Baylé M. (dir.), Actes du colloque de Cerisy-la-Salle (28 septembre-2 octobre 1994), 1997, t. 2, p. 169 et Alain ERLANDE-BRANDENBOURG, *op. cit.*, p. 154.

8 Ces murs reposent sur des fondations gallo-romaines découverts en fouilles en 1917 (William W. CLARK, *op. cit.*, p. 171).

9 Propos recueillis lors d'une prospection dans la cathédrale en février 2001. Je tiens là à manifester toute mon amitié et mes remerciements à François Saint James pour ses propos toujours riches d'enseignements.

10 *Chronique de Robert de Torigni*, éd. L. Delisle, Rouen, 1872-1873, t. 1, p. 224 et *Correspondance d'Arnoul de Lisieux*, éd. A. Gilles, *Epistolae ad Henricum II, regem Angliae...*, Oxford, 1844 in-8°, cités dans Georges HUARD, *op. cit.*, p. 7, *Preuves-III, I-IV, I*, p. 24.

11 Charles VASSEUR, *Etudes historiques et archéologiques sur la cathédrale de Lisieux*, Caen, 1881, p. 30-38.

circulaire à la retombée des voûtes, par la présence de tourelles d'escalier à la naissance du déambulatoire, un mur épais sur le rond-point caractérisé par une galerie de circulation devant les fenêtres hautes et un dédoublement des piliers du rez-de-chaussée. On remarque également un retrait des fenêtres hautes derrière une arcade plus basse que l'archivolte de la baie. Enfin, le mur épais s'applique aussi au niveau des fausses-tribunes du rond-point qui autorise ici un passage de circulation contre le mur de cloisonnement de ces baies aveugles, presque à la manière d'un triforium. L'adoption de ce mur épais pour les fausses-tribunes et les fenêtres hautes est strictement limitée au rond-point, non aux travées droites du chœur, pourtant de style normand.

Ces traits architecturaux très proches de ceux du chevet de Saint-Etienne de Caen, de la cathédrale de Coutances ou de Bayeux trahissent cette volonté délibérée d'adapter la décoration de la cathédrale au nouveau goût du jour par un style régional qui se démarque nettement du style français au lendemain de la reconquête de la Normandie par Philippe Auguste. Les travaux du chœur, succédant de près ceux du transept et des parties orientales du chevet, peuvent être logiquement attribués à l'évêque Jourdain du Hommet (1201-1218).

L'achèvement de cette campagne normande fut marqué par la reprise du massif occidental avec le percement des portails latéraux, l'aménagement d'une grande baie à trois lancettes au-dessus du portail central et la reconstruction des deux tours. Seule la tour nord subsiste aujourd'hui dans son état originel. Ces constructions témoignent d'une plus grande maîtrise de la stylistique normande avec des longues lancettes à arcs aigus et une profusion décorative de quadrilobes et de rosaces taillés dans le nu du mur, relativement proche du bras sud du transept de Bayeux. Il convient de placer ce chantier et donc l'achèvement de la cathédrale gothique vers la fin du premier tiers du XIII<sup>e</sup> siècle, sous l'épiscopat de Guillaume de Pont-de-l'Arche (1218-1250), bien qu'une reprise tardive des parties hautes de la tour lanterne ne soit pas exclue, suite peut-être à un incendie en 1226<sup>12</sup>.

Quelques modifications intervinrent dans les siècles suivants comme l'adjonction de chapelles aux bas-côtés de la nef dans la première moitié du XIV<sup>e</sup> siècle, la consolidation des piliers de la croisée vers 1424<sup>13</sup> et la reconstruction de la chapelle axiale du chœur vers 1435 par l'évêque Pierre Cauchon dont les armes se lisent sur la clé de voûte de l'abside. Entre 1503 et 1506, le bras sud du transept fut renforcé par deux puissants contreforts sur la façade sud, réunis par une grande arcade surmontée d'une galerie, conjointement à la reprise de la voûte sud<sup>14</sup>. Les voûtes de la dernière travée du chœur et de l'abside ont également été reconstruites au XV<sup>e</sup> ou au XVI<sup>e</sup> siècle d'après leur clé en sautoir.

En 1554, la tour sud de la façade occidentale s'effondra provoquant d'importants dégâts sur le narthex et les quatre premières travées de la nef dont les voûtes furent refaites entre 1556 et 1559<sup>15</sup>. La reconstruction de la tour fut entreprise dans un style archaïsant imitant le gothique primitif et fut achevée dans les années 1588<sup>16</sup> (fig. 3).

D'importants travaux de restauration au XIX<sup>e</sup> siècle affectèrent les différentes parties de l'édifice. Sur la façade, les portails latéraux, les voûtes sous les deux tours, la baie surmontant le portail central furent refaits entre 1840 et 1858, tout en assurant la consolidation des deux tours qui présentaient de nombreux désordres<sup>17</sup>. Entre 1840 et 1842, le bras sud du transept fut consolidé et de nombreux autres contreforts et arcs-boutants repris vers 1853-1856. Entre 1869 et 1874, les travaux de restauration se portèrent sur le chevet en de nombreux endroits. Enfin, vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la tour-lanterne et sa voûte furent consolidées<sup>18</sup>.

## ***Les charpentés***

---

<sup>12</sup> *Gallia christiana*, t. XI, col. 782 cité dans Alain ERLANDE-BRANDENBOURG, *op. cit.*, p. 148.

<sup>13</sup> *Ibid.*, p. 36-37.

<sup>14</sup> Charles VASSEUR, *op. cit.*, p. 47-51.

<sup>15</sup> *Ibid.*, p. 59.

<sup>16</sup> *Ibid.*, p. 72.

<sup>17</sup> Abbé V. HARDY, *La cathédrale Saint-Pierre de Lisieux*, Petites monographies des grands édifices de la France, Paris, 1926, p. 40 ; Alain ERLANDE-BRANDENBOURG, *op. cit.*, p. 170.

<sup>18</sup> *Ibid.*, p. 170-172.

La cathédrale de Lisieux conserve presque la totalité de ses charpentes d'origine sur la nef, les deux bras du transept et le chœur malgré une restauration de grande envergure au XVI<sup>e</sup> siècle. Les charpentes des toitures des bas-côtés, des chapelles et du déambulatoire ont quant à elles été entièrement refaites au XIX<sup>e</sup> siècle avec, par endroits seulement, quelques réemplois d'éléments médiévaux.

### 1. La charpente de la nef

La charpente de la nef est une structure à chevron-formant-ferme<sup>19</sup> composée de 68 fermes réparties en huit travées (fig. 5-6). Chacune de ces travées est constituée d'une ferme "principale", dotée d'un entrait à la base, et d'une série de fermes "secondaires", identiques aux précédentes mais dépourvues d'entrait. La trame de cette charpente s'articule en fonction de celle des voûtes avec des fermes principales disposées au droit des piliers de la nef et des arcs-boutants.

Les travaux de restauration liés à l'effondrement de la tour sud en 1554 sont parfaitement identifiables dans la charpente sur les trois travées occidentales de la nef, au niveau des fermes 1 à 22. Ces fermes ont toutes été remplacées entre 1556 et 1559<sup>20</sup> par des nouvelles fermes de structure identique aux précédentes (fig. 7). Seuls l'équarrissage de leurs bois à la scie de long et le marquage de leurs assemblages, typiques du XVI<sup>e</sup> siècle, permettent de les reconnaître. Comme pour la tour sud reconstruite dans le style gothique primitif, la restauration de la charpente au XVI<sup>e</sup> siècle a respecté scrupuleusement la structure d'origine en adoptant le même tracé d'épure, la forme des assemblages ainsi que les archaïsmes et les défauts de conception d'origine comme l'absence de contreventement et de triangulation. Ce fac-similé d'une charpente gothique peut surprendre puisqu'il reproduit des techniques n'ayant plus cours depuis plus de trois siècles et que des solutions plus économiques en bois d'œuvre et plus stables étaient alors largement diffusées. Toutefois, cette reproduction anachronique n'est pas rare<sup>21</sup> et semble témoigner soit d'un respect des structures primitives considérées comme relique architecturale par le maître d'ouvrage, soit d'un souci de préservation de l'uniformité structurelle de la charpente comme gage de stabilité pour les murs de la nef.

Ces travaux de restauration ne se sont pas limités à cette partie de la nef et ont touché tous les pieds de fermes à savoir les sablières, les blochets et tous les entrails des fermes principales. Plusieurs fermes ont également été remplacées<sup>22</sup>, d'autres retouchées que partiellement. Il apparaît néanmoins, au regard des chevilles d'origine encore en place, que ces travaux n'ont pas entraîné de démontage des fermes autres que celles des trois travées occidentales, et que le remplacement des éléments de pieds des fermes s'est opéré entièrement en sous-œuvre. Quelques éléments de contreventement provisoire mis en place lors de ces travaux sont encore conservés sur les fermes 26-30 et 59-60.

---

<sup>19</sup> Structure constituée d'une succession de fermes rapprochées.

<sup>20</sup> Charles VASSEUR, *op. cit.*, p. 59.

<sup>21</sup> Le contrat passé en 1529 entre le chapitre de la cathédrale de Rouen et les maîtres charpentiers Laurens et Robert Becquet pour la reconstruction de la charpente du chœur de la cathédrale, détruite suite à l'incendie de la flèche de 1514, mentionne une structure presque identique à la charpente de la nef, c'est-à-dire la plus ancienne de l'édifice, des années 1210-1220. Ce texte évoque « *ung pignon et comble prest et leve en place et agree en toute chose de leur mestier de charpenterie (...) de grandeur competente ainsi quil appartient tout tel et semblablement et de la facon comme est celui de present estant sur la nef dicelle eglise reserve que davantage pour ce que les pieces de boys qui sont au comble de la nef ne sont que entailles et chevilles (assemblages à mi-bois) et celles dudit cueur seront a tenon et mortaise* » (Arch. Départ. Seine-Maritime G 2816). En 1529, la nouvelle charpente du chœur, aujourd'hui disparue, devait donc être, selon les volontés du maître d'ouvrage, identique à celle du XIII<sup>e</sup> siècle avec toutefois de meilleurs assemblages. Sur cette même cathédrale en 1683, suite à la destruction des deux premières travées occidentales de la charpente du XIII<sup>e</sup> siècle de la nef, celles-ci furent reconstruites également à l'identique. Le devis daté du 7 septembre 1683 mentionne la reconstruction d'une charpente à chevrons-formant-fermes de 13 fermes « *comme celles qui y sont de present* », c'est-à-dire selon la disposition des pièces et des assemblages du XIII<sup>e</sup> siècle (A.D.S.M. G 2818). Effectivement, cette nouvelle charpente est identique à celle du début du XIII<sup>e</sup> siècle avec toutefois quelques éléments supplémentaires de stabilité pour pallier les défauts les plus néfastes de la charpente primitive.

<sup>22</sup> F30, F36, F42, F45, F52, F62, F66 et F68. Sur la face est de l'entrait retroussé de F52, on peut relever un graffito réalisé au noir de carbone qui désigne un nom de personne et dont la graphie correspond à l'écriture du XVI<sup>e</sup> siècle.

Des analyses dendrochronologiques ont été réalisées en novembre 2001 par le laboratoire du CNRS de l'université de Rennes I sur les bois en place de cette charpente<sup>23</sup>. La présence de cambium<sup>24</sup> sur certains prélèvements et le bon état de conservation du dernier cerne de croissance sur un échantillon ont permis de situer l'abattage de ces bois durant l'automne-hiver 1182-1183. Cette date permet de placer la mise en place de cette charpente en 1183 et confirme donc la réalisation et l'achèvement de cette nef durant les toutes dernières années de l'épiscopat d'Arnoult (1141-1182).

Toutes les fermes d'origine de cette charpente ont été exécutées à partir du même tracé d'épure. Elles sont chacune composées d'un couple de chevrons inclinés à 53,2°, assemblés en tête par enfourchement, et complétées par un réseau interne particulièrement complexe et original qui assure un raidissement du chevronnage en quatre points équidistants (fig. 6).

La partie supérieure de la ferme est raidie par une croisée d'écharpes disposées en croix de Saint André qui reportent leurs charges sur un entrain retroussé assemblé aux extrémités par tenon-mortaise. Ces écharpes se croisent par un mi-bois chevillé et s'assemblent en pied comme en tête par des mi-bois à demi-queue d'aronde. Deux courtes contrefiches également assemblées par mi-bois à demi-queue d'aronde participent à ce raidissement des chevrons et contribuent à reporter la flexion de ces derniers sur l'entrain retroussé et à permettre l'assemblage de sous-chevrons.

Afin d'assurer la résistance de l'entrain retroussé qui supporte à lui seul les charges du haut de la ferme et pour raidir la partie inférieure des chevrons, deux sous-chevrons viennent s'assembler en tête dans les contrefiches par mi-bois à demi-queue d'aronde, dans l'entrain retroussé et les jambes de force par simple mi-bois, et en pied dans les blochets par tenon-mortaise. Ces sous-chevrons ne sont pas destinés à transmettre des charges précises mais servent à renforcer la résistance des assemblages et des bois susdits ainsi qu'à empêcher la flexion des chevrons.

Bien que tous les pieds de ferme aient été refaits au XVI<sup>e</sup> siècle, nous pouvons supposer que ceux-ci s'apparentaient à ceux encore en place dans le transept et le cœur avec un blochet recevant par tenon mortaise la jambe de force, le pied du sous-chevron et en about<sup>25</sup>, en sous-face du chevron en raison de son prolongement jusqu'à l'arase des maçonneries.

Tous les assemblages à mi-bois sont exécutés sur la face ouest des fermes et sont chevillés de l'ouest vers l'est. La mise en place des éléments assemblés à mi-bois et par conséquent le levage des fermes de cette charpente ont donc été effectués de l'ouest vers l'est, de la façade occidentale vers la tour lanterne. En effet, pour une charpente à chevrons-formant-fermes non contreventée, les charpentiers lèvent les fermes les unes après les autres en prenant appui sur celles déjà montées, assemblant et chevillant les mi-bois de la ferme suivante face à eux. L'orientation de la face d'établissement<sup>26</sup> des fermes et des mi-bois ainsi que le sens d'enfoncement des chevilles désignent donc le sens de levage des fermes pour ce type de charpente.

Il n'existe aucun dispositif d'étrésillonnement longitudinal des fermes et par conséquent aucun contreventement de la charpente. Ce défaut structurel permet d'expliquer aujourd'hui le déversement de toutes les fermes vers l'est qui sont maintenues dans cette position par le lattis de la couverture et, par endroit, par des pièces de bois placées en biais dans le plan des chevrons au XVI<sup>e</sup> siècle (fig. 5).

Malgré le remplacement au XVI<sup>e</sup> siècle des entrains et de tous les pieds de fermes, il est possible de positionner les fermes principales (à entrain) d'origine à l'emplacement des fermes principales actuelles grâce à certaines différences structurelles et surtout à la hauteur de l'extrados des voûtes qui n'autorise le passage de l'entrain que tous les sept fermes secondaires.

Certaines dispositions particulières de pièces ou d'assemblage au sein de quelques fermes retiennent notre attention. En effet, sur F43, F49, F51 et F53 l'assemblage de pied des sous chevrons par un mi-bois avec ergot ou à demi-queue d'aronde directement dans la jambe de force alors que ceux des autres fermes sont tenonnés dans les blochets. Ces anomalies peuvent peut-être s'expliquer par le

---

23 Vincent BERNARD et Yannick LE DIGOL, *Cathédrale Saint-Pierre de Lisieux*, Rapport d'étude dendrochronologique, Laboratoire d'Anthropologie de l'Université de Rennes 1, 2001.

24 Aubier : assise génératrice dont l'observation atteste de la présence du dernier cerne de croissance de l'arbre.

25 About : extrémité d'une pièce.

26 Face d'établissement : lorsque la ferme est posée au sol sur l'épure, face supérieure orientée vers le ciel sur laquelle l'ensemble des entailles à mi-bois sont exécutées.

fait que F49, F51 et F53 portent toutes trois la même marque et qu'il s'agit ici d'une technique propre à des charpentiers qui ont réalisé et marqué au moins trois de ces fermes.

F24 présente en tête du chevron nord une greffe d'un about assemblé au chevron par un simple tenon d'enfourchement, dans le prolongement du chevron comme en extrémité du sous-chevron nord de F32. De même, en tête de F59, le chevron nord comporte un ressaut pour porter plus bas la mortaise destinée au chevron sud qui est également mortaisé pour contenir un faux tenon. Ces anomalies peuvent être attribuées à des défauts du bois telle la présence d'un nœud qui ne pouvait être conservé dans le cas de F24 ou bien la présence d'une fourche naturelle mise à profit pour l'assemblage de F59. Effectivement, on remarque que l'extrémité supérieure des chevrons de la ferme 58 présente une légère déformation naturelle fragilisant leur assemblage de tête et que pour remédier à ce défaut un petit faux entrain a été assemblé par mi-bois en partie haute de la ferme. Les chevrons employés pour cette charpente comportaient donc dès l'origine certains petits défauts naturels qui ont été rectifiés par une greffe, un réajustement de l'assemblage ou par le rajout d'une pièce de renfort.

### *L'espacement des fermes*

Il est peu probable que l'espacement actuel des fermes correspond exactement, au centimètre près, à celui d'origine en raison de la reprise des sablières et de tous les pieds de fermes au XVI<sup>e</sup> siècle. Seule la valeur moyenne d'espacement des fermes peut renvoyer à une valeur effective d'une mesure réelle d'origine puisque le nombre de fermes et leur disposition générale n'ont pas varié. Il semble en effet difficile, au cours d'une reprise de sablières en sous œuvre, de modifier l'espacement de plusieurs dizaines de fermes étayées. Les sablières mises en place au XVI<sup>e</sup> siècle ont été adaptées à l'emplacement des fermes d'origine et ne les ont que très faiblement modifiées.

Le relevé des espacements des fermes d'origine, en excluant donc celles du XVI<sup>e</sup> siècle, a permis de mettre en évidence l'usage de plusieurs mesures différentes selon les travées.

#### Tableaux des espacements des fermes de la nef :

<b>Travée</b>	<b>Espacement moyen des fermes</b>	<b>Ecart arithmétique moyen</b>
F26-F34	50,2 cm	0,6 cm
F34-F43	39,9 cm	0,4 cm
F43-F51	49,9 cm	1 cm
F51-F59	47,3 cm	0,6 cm
F59-F67	44,2 cm	0,9 cm

Il apparaît ainsi clairement que pour chaque travée une mesure particulière a été respectée pour l'espacement des fermes. La définition du plan de la charpente d'origine a individualisé les travées par des mesures d'espacement de fermes qui leur sont propres. Le plan de chaque travée a été conçu indépendamment des autres, en les considérant chacune comme des modules distincts non transposables.

En considérant l'entraxe des fermes, avec une largeur constante des fermes de 14 cm, ces mesures peuvent se traduire par la subdivision logique de la longueur de chaque travée par le nombre de ses fermes.

<b>Travée</b>	<b>Longueur des travées</b>	<b>Subdivision par le nombre de fermes</b>	<b>Entraxe moyen mesuré des fermes</b>
F26-F34	521 cm	65,1 cm	64,2 cm
F34-F43	499 cm	55,4 cm	53,9 cm
F43-F51	524 cm	65,5 cm	63,9 cm
F51-F59	510 cm	63,7 cm	61,3 cm
F59-F67	445 cm	55,6 cm	58,2 cm

L'écart entre l'entraxe des fermes et la valeur obtenue de la division de la longueur de travée par le nombre de ses fermes est de l'ordre de 1 à 2 centimètres environ, ce qui est négligeable. Il ressort de ces données que l'espacement des fermes dépend uniquement de l'emplacement des fermes principales qui définissent la longueur des travées et donc, par subdivision, l'entraxe des fermes. Ces valeurs permettent d'écarter l'hypothèse de l'emploi d'une valeur fixe dans la conception du plan de la charpente et de confirmer l'étroite dépendance de la définition de la trame de la charpente à l'emplacement des piliers du vaisseau central au droit desquels reposent les fermes principales.

### *Les bois*

Tableau des sections des bois en centimètres\* :

<b>Pièce</b>	<b>Chevron</b>	<b>Blochet</b>	<b>Jambe de force</b>	<b>Sous-chevron</b>	<b>Entrait retroussé</b>	<b>Echarpe</b>	<b>Contrefiche</b>
<b>Section</b>	17 x 14	?	15 x 14	16 x 14	17 x 14	15 x 14	16 x 13

\* Le premier chiffre correspond à la face ouest ou est, le second à la largeur de la pièce.

On note une relative homogénéité dans la section des bois de cette charpente. Seul l'entrait retroussé présente une épaisseur plus grande que les autres pièces en raison du travail de flexion auquel il est soumis. En effet, les forces de compression transmises à cet entrait retroussé par la croisée d'écharpes et les contrefiches se sont pas reprises, sinon aux extrémités par les sous-chevrons. Seule une surépaisseur du bois permet de répondre correctement à ces contraintes et d'éviter une trop forte flexion.

Soulignons aussi la précision dans l'exécution de la taille de ces bois qui présentent tous une même largeur de 14 cm. Lorsque le bois n'a pas une section suffisante, il est équarri de telle sorte que sa face d'établissage (face ouest) soit de plan avec celle des autres bois. Cette face détermine en effet, lors de l'exécution, le plan vertical commun à tous les assemblages, destiné à garantir le bon ajustage des bois. C'est également sur cette face que sont inscrites les marques d'assemblage.

Toutes les pièces sont des chênes en bois de brin<sup>27</sup> qui conservent de l'aubier sur au moins deux arêtes avec pour certains de l'écorce en about de pièce. Il s'agit de bois issus d'arbres jeunes<sup>28</sup> et rectilignes, ayant bénéficiés pour la plupart de bonnes conditions de croissance. L'équarrissage à la hache a été minimal et la section des arbres abattus correspondait précisément aux besoins des charpentiers. L'homogénéité des sections de ces bois suppose que les charpentiers n'ont pas eu à pâtir de problème d'approvisionnement pour la sélection des arbres et que les forêts prospectées étaient suffisamment garnies pour abattre tous les bois de leur choix.

### *Les marques d'assemblage (fig. 8)*

L'emplacement des marques au sein des fermes de cette charpente répond avec une certaine régularité au même principe de marquage. Celui-ci consiste à marquer une pièce à son extrémité inférieure sur la face ouest, c'est-à-dire sur la face d'établissage des fermes. On les rencontre systématiquement au pied des écharpes, des contrefiches, des chevrons, des sous-chevrons et des jambes de force. Ces marques, qui ne sont pas reportées au droit de l'assemblage sur l'autre pièce sauf pour de rares cas, étaient davantage destinées à identifier une pièce plutôt qu'un assemblage. Nous les considérerons dès lors plus comme des " marques de pièces " que des " marques d'assemblages ".

<sup>27</sup> Pièce qui conserve le cœur de l'arbre.

<sup>28</sup> D'après Vincent Bernard, auteur des analyses dendrochronologiques, l'âge moyen des bois prélevés est de 54 ans (Vincent BERNARD et Yannick LE DIGOL, *op. cit.*).

Tous les éléments d'une même ferme portent la même marque, désignant ainsi l'appartenance de ces pièces à telle ferme ou à telle autre selon la marque. On peut dénombrer quatre ou cinq types de marques différentes selon l'outil utilisé et l'emploi de cet outil.

Le premier type de marque correspond à une suite de petits coups peu profonds de ciseau à bois, dont le nombre désigne le numéro de la ferme (4 coups de ciseau pour la valeur 4). Ces coups permettent de numéroter les fermes en petites séries comme pour les fermes 23 à 29, marquées dans le sens décroissant de 6 à 1 avec une inversion au début de la série et une intercalation entre F25 et F27 d'une marque particulière.

Le deuxième type de marque se présente sous la forme de fines et profondes griffures, longues de 7 à 8 cm, obtenues à l'aide de la pointe d'un ciseau à bois bien affûté. Ces griffures sont disposées en traits parallèles, en croix et en plusieurs traits parallèles barrés. Les fermes ainsi marquées sont dispersées dans la charpente et ne sont pas regroupées en lots. Un autre type de marque est obtenu avec le même outil mais par des griffures plus vigoureuses de manière à obtenir une entaille profonde longue de 7 à 8 cm. Là aussi, ces marques apparaissent sous la forme de traits parallèles, de un à trois, barrés ou non, de croix et de signes en forme de L.

On rencontre également des marques de même graphisme (F56) mais gravées à la rainette. Enfin, on constate un dernier type de marque qui se présente sous la forme de petites encoches, d'un centimètre de long chacune, pratiquées au ciseau à bois sur l'arête d'une pièce. Ces marques sont discrètes et fragiles puisqu'elles sont parfois inscrites sur l'aubier. Il s'agit là d'un marquage numéroté, comme le premier, en raison du nombre d'encoches qui définit la valeur numérique de la ferme au sein d'une série.

De toutes ces marques, seules celles du premier type servent à regrouper des fermes en une petite série numérotée continue. Les autres n'ont pas cette fonction, elles sont destinées uniquement à identifier des éléments d'une même ferme et non des fermes elles-mêmes au sein du plan de la charpente. Elles ne servent pas non plus à distinguer les fermes principales des fermes secondaires. L'identification des pièces par ferme est également relativement limitée dans le sens où plusieurs fermes portent la même marque, aux mêmes emplacements, et que la confusion entre les éléments de différentes fermes peut se produire. Cette dispersion des marques prouve qu'il n'y a pas eu de plan de charpente préalablement établi par le marquage des fermes comme on le verra plus tard à partir du XIII<sup>e</sup> siècle. Ici, l'absence de valeur ordinale du marquage rend compte de la structure de la charpente et traduit l'indépendance et l'interchangeabilité des fermes. Ce système de marquage qui était très répandu aux XI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles dans les charpentes romanes tend à disparaître vers la fin du XII<sup>e</sup> siècle avec l'avènement des charpentes tramées gothiques dans lesquelles chaque ferme tient une position prédéterminée.

La présence de différents types de marques au sein de ce marquage permet d'avancer l'hypothèse d'un travail réalisé par plusieurs équipes de charpentiers qui auraient utilisé chacune un type spécifique de marque (encoche, coups de ciseau, griffure...). Cette diversité s'expliquerait par des méthodes de marquage propre à chaque chef d'équipe mais aussi par une volonté de comptabiliser le travail réalisé par chaque équipe par des types distinctifs de marques sur chaque ferme.

L'ordre de levage des fermes n'aurait visiblement pas respecté ces lots de marquage distinctif sauf pour les fermes 23-29, marquées à coups de ciseau, et 31-33-34, marquées par des encoches sur arêtes. D'autre part, la série F23-F29 correspond aux fermes dont le marquage de l'entrait retroussé est homogène tandis que le marquage des entrants retroussés des autres fermes reste relativement aléatoire. Cette rigueur du marquage liée au caractère sériel de cette numérotation mérite d'être relevé au regard du désordre apparent du marquage des autres fermes.

Aucune trace de lignage<sup>29</sup> n'a été relevée sur les bois d'origine de cette charpente. Seules des traces de piquage<sup>30</sup> ont été observées au droit des assemblages. Elles témoignent de l'emploi du traceret (petite pointe métallique) pour le tracé préparatoire de l'emplacement des assemblages.

### *Le levage de la charpente*

---

<sup>29</sup> Tracé de lignes le long des bois, destiné à placer les assemblages selon un axe commun.

<sup>30</sup> Tracé préalable à la taille réalisé au droit des assemblages.

Le chevillage des assemblages s'est opéré de l'ouest vers l'est, face aux mi-bois. Les chevilles d'origine se reconnaissent à leur tête de section carrée et on peut observer autour de certains trous de cheville les nombreux essais de percement qui se présentent sous l'aspect de petites cavités circulaires en forme de cupule et qui révèlent l'emploi d'une gouge pour leur percement. Le sens d'enfoncement des chevilles permet donc d'affirmer que les fermes ont été levées les unes après les autres de la façade occidentale vers la tour lanterne<sup>31</sup>.

On constate, au milieu de tous les entrails retroussés d'origine, un percement circulaire traversant, destiné au passage d'une cheville de 2 cm de diamètre environ. Tous ces trous sont vides à l'exception de celui de F27 qui conserve encore un reste de cheville à l'intérieur du percement. Ces trous, placés dans l'axe de la pièce et de la ferme, devaient servir à la mise en place de chevilles ou de perches suffisamment longues et résistantes pour maintenir provisoirement l'écartement des fermes au cours du levage. Montées les unes après les autres, sans dispositif d'étrésillonnage longitudinal, les fermes étaient maintenues dans un équilibre instable dans l'attente de la pose du voligeage. Il est possible aussi que ces trous et ces chevilles aient servi au moment du levage des bois pour fixer les cordages. La position médiane de ces trous suppose que ces points de fixation aient pu servir au levage d'un couple de chevron assemblés à leur entrail retroussé. Les écharpes, contrefiches et sous-chevrons auraient pu être assemblés alors dans un second temps grâce à leur mi-bois.

La ferme 64, sise à 2,30 m de la tour lanterne (5<sup>ème</sup> ferme à partir de la tour) présente certaines particularités qui méritent d'être évoquées ici. Les éléments de cette ferme ont une section disproportionnée par rapport aux autres fermes (fig. 9). Les écharpes ont une section de 18 x 16 cm contre 15 x 14 cm habituellement et l'entrail retroussé une section de 25 x 16 cm contre 17 x 14 cm. De plus, ses écharpes sont percées sur toute leur longueur de nombreux trous de chevilles, de 3 cm de diamètre, répartis à intervalle régulier, et l'entrail retroussé présente plusieurs mortaises et entailles à mi-bois en faces inférieure et supérieure. La présence sur ces bois de marques d'assemblage appartenant au registre des marques des autres fermes d'origine plaide en faveur d'un dispositif contemporain de la mise en place de cette charpente. Il pourrait donc s'agir d'éléments de support à une cloison faite en partie supérieure de planches fixées contre les écharpes au moyen de chevilles et en partie basse d'un pan de colombage assemblé à l'entrail retroussé et peut-être à une sablière en partie basse de la ferme. Certaines entailles de cet entrail retroussé semblent avoir également servi à la pose, sur la face supérieure, d'un engin de levage puisque d'une part elles ne semblent aucunement liées à cette cloison et que, d'autre part, elles sont disposées sur un bois de très forte section.

La présence d'une cloison en cet endroit, à 2,30 mètres de la tour lanterne, laisse à penser que celle-ci était alors en travaux (démontage ou construction) avec des échafaudages sur son pourtour lors de l'exécution de la charpente en 1183d. Il semble en effet difficile de concevoir l'existence de cette cloison si la tour lanterne romane était encore en place ou la tour gothique était achevée, la charpente de la nef serait venue s'y accoler.

La ferme 65, disposée entre cette cloison et la tour lanterne, peut donc avoir été mise en place après l'achèvement de la tour lanterne. Sa marque d'assemblage, de la famille des précédentes, témoigne cependant d'une exécution contemporaine des autres fermes de la nef. Cette ferme, ainsi que celles contiguës à la tour lanterne, remplacées au XVI<sup>e</sup> siècle, auraient été exécutées au cours du chantier de la nef, déposées dans l'attente de la fin des travaux de la tour lanterne et mises en place après son achèvement.

Relevons la présence d'un réemploi dans la ferme 49. L'écharpe sud présente en effet, sur l'une de ses faces, les traces d'un voligeage et, en pied, la marque d'assemblage de la ferme témoignant de sa mise en place d'origine. Ces traces de voligeage sont matérialisées par des rangs d'un ou de deux clous chacun, régulièrement espacés de 16-17 cm. Il ne peut donc s'agir que d'un chevron provenant d'une charpente de comble de moyenne ou de grande dimension en raison de l'absence d'assemblage sur sa longueur (3,31 m) et de la section de cette pièce (16 x 15 cm). L'espacement des rangs de clous permet de supposer que le lattis supportait une couverture de tuiles de grand module, de plus de 30 cm de longueur ou de longues essentes.

---

<sup>31</sup> Voir plus haut.

## 2. La charpente du bras nord du transept

La charpente du transept nord présente approximativement les mêmes caractéristiques que celle de la nef. Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes composée de 22 fermes indépendantes dont 4 principales à entrain disposées selon une trame de trois travées inégales : deux travées de cinq fermes secondaires à chaque extrémité et une travée médiane de sept fermes (fig. 10-11). Entre le mur pignon nord et la première ferme principale, sont disposées trois fermes secondaires et entre la tour lanterne et la première ferme principale, une ferme secondaire reposant sur des corbeaux.

D'importantes restaurations ont marqué cette charpente au niveau des sablières, des fermes aux extrémités nord et sud, et des entrains de F2, F8 et F22. Leur marquage, leurs tracés d'établissage et l'état d'érosion des bois permettent d'attribuer une partie de ces travaux de restauration au XVI<sup>e</sup> siècle, et une autre partie au XIX<sup>e</sup> siècle. Ces travaux ont su préserver la plupart des blochets et surtout l'entrait de la ferme principale 16, le seul en place de toutes les charpentes de cette cathédrale (fig. 11).

Les analyses dendrochronologiques effectuées en novembre 2001 sur les charpentes du transept ont montré que l'abattage des bois du bras nord a précédé celui des bois du bras sud et que ces deux campagnes d'abattage/construction ont eu lieu dans les années 1203-1212<sup>32</sup>. La construction du transept fait donc suite au chantier de la nef et peut donc être attribuée à l'évêque Jourdain du Hommet (1201-1218). Ces datations attestent donc de la proximité de ces différents chantiers qui se caractérisent par l'emploi du même style gothique d'Ile-de-France.

La trame actuelle de la charpente respecte en partie celle d'origine. L'examen des marques d'assemblage montre, comme nous le verrons plus loin, que les fermes 2, 8 et 16 sont bien les fermes principales d'origine en place bien que les entrains de F2 et F8 aient été remplacés. Nous pensons cependant, toujours selon le marquage des assemblages, que la quatrième ferme principale, F22, n'était à l'origine qu'une ferme secondaire et que F23 était pourvue d'un entrait.

Cette trame était donc parfaitement adaptée aux voûtes avec des fermes principales disposées au droit des piliers du transept. Les différences de longueur entre ces trois voûtes, mesurées sur leur extradors, se trouvent en conséquence reproduites dans la charpente.

Tableau des espacements des fermes du bras nord du transept :

<b>Travées d'origine</b>	<b>Nombre de fermes secondaires</b>	<b>Longueur des travées</b>	<b>Entraxe moyen mesuré des fermes secondaires</b>
F2-F8	5	368,5 cm	(perturbé)
F8-F16	7	508 cm	63 cm
F16-F23	6	432 cm	62 cm

Il apparaît qu'ici une seule valeur, voisine de 63 cm, a été utilisée pour l'espacement des fermes et ce malgré l'irrégularité de la trame de la charpente.

La composition des fermes est strictement identique à celle des fermes de la nef (fig. 12). Elles sont en effet pourvues d'un couple de chevrons raidis par un entrait retroussé, deux écharpes croisées, deux contrefiches, deux sous-chevrons et deux jambes de force. Les fermes principales se distinguent des secondaires par l'adjonction à leur base d'un entrait. Aucun dispositif d'étrésillonnement longitudinal ne vient solidariser les fermes entre elles.

Bien que la composition de ces fermes soit identique à celle des fermes de la nef, on remarque que leur épure est complètement différente (fig. 13). En effet, le bras nord du transept est plus large que la nef avec 9,08 m à la deuxième travée contre 8,45 m pour la nef dans œuvre des murs. La hauteur de ces deux charpentes étant similaire, avec un faîte à 6,75 m environ des sablières, cette différence de largeur a été compensée par un rabaissement de l'inclinaison des chevrons à 49° pour les deux bras du transept contre 53,2° pour la nef entraînant des modifications dans la position de l'ensemble des pièces constitutives et de leurs assemblages.

<sup>32</sup> Vincent BERNARD et Yannick LE DIGOL, *op. cit.*

Pour la nef, le tracé régulateur de l'épure des fermes se présente sous la forme d'un quadrillage incliné à 53,2°, basé sur un module losangé de 1,70 m (+/- 0,06 m) de côté, soit 5 pieds environ de 0,33 à 0,35 m (fig. 14). Ce maillage détermine la position des pièces principales de la ferme par leur arête inférieure ainsi que la position de l'ensemble des assemblages. Il correspond au corroyage réalisé au cordeau sur l'aire d'épure, au sol, pour positionner convenablement les bois et préparer la taille de leurs assemblages.

Pour les fermes du transept, le mode de tracé régulateur est le même avec un quadrillage régulier de losanges définissant la position des bois par leur arête inférieure (chevrons) ou supérieure (écharpes) et des assemblages. Toutefois, le module mesure ici entre 1,54 m et 1,57 m, soit environ cinq pieds de 0,311 m (+/- 0,03 m).

Malgré les différences de largeur de vaisseau et d'inclinaison des versants entre la nef et le transept, le procédé élaboré pour le tracé des lignes directrices des fermes est resté le même, à plus de 20 ans d'écart, expliquant ainsi une composition structurelle identique avec une disposition analogue des pièces constitutives mais à des positions et des inclinaisons différentes (rehaussement du niveau de l'entrait retroussé, nouvelle position des assemblages des écharpes, des contrefiches et des jambes de force).

Par ailleurs, on remarque que le mur ouest est plus épais de 32 cm que le mur Est avec 1,42 m de large contre 1,14 m à l'est. Cette variation d'épaisseur des maçonneries, liée visiblement au réemploi de murs romans, a su être exploitée au mieux par le maître charpentier en adaptant la charpente à la largeur de ses murs porteurs. Les pieds de fermes sont en effet plus larges à l'ouest qu'à l'est, avec un écartement des sablières et une longueur de blochets plus importants. Il a donc su profiter de cette anomalie structurelle pour concevoir une assiette plus stable aux pieds de fermes ouest tout en conservant la symétrie d'une épure adaptée à la largeur du vaisseau.

Outre cette épure modifiée des fermes, notons quelques petites différences avec les fermes de la nef. Les pieds des sous-chevrons s'assemblent directement aux jambes de force par tenon mortaise et non plus dans le blochet. Ces derniers sont tenonnés dans la face inférieure du chevron qui se prolonge jusqu'aux maçonneries. Ce prolongement du chevron offre l'avantage, en l'absence de chéneau comme ici, de faire descendre la couverture le plus bas possible, jusqu'à déborder l'arase supérieure des murs. Il est fort probable que cela fut également le cas pour les fermes de la nef dont les blochets ont tous été remplacés.

Remarquons aussi que, sur ces fermes, l'assemblage à mi-bois de la croisée des écharpes n'est jamais chevillé, contrairement aux fermes de la nef. Les assemblages des autres pièces de ces fermes sont identiques à ceux des fermes de la nef avec des mi-bois à demi-queue d'aronde aux extrémités des écharpes, des contrefiches et en tête des sous-chevrons. Les autres assemblages utilisent le tenon mortaise ou encore l'enfourchement en tête des chevrons.

Quelques assemblages anormaux ont été relevés notamment sur F10 en tête du sous-chevron Est qui présente un tenon bâtard logé dans une petite entaille à mi-bois dans l'entrait retroussé ou encore le pied de l'écharpe Est avec un mi-bois à demi-queue d'aronde désabouté. La forme de ces assemblages semble témoigner d'une longueur insuffisante de la pièce utilisée puisque ces assemblages apparaissent comme raccourcis, comme s'il leur manquait seulement quelques centimètres au moment de leur taille. La longueur de ces bois aurait été insuffisante pour exécuter correctement les assemblages.

Les faces des assemblages à mi-bois sont toutes apparentes sur la face sud des fermes. Cette face correspond donc à la face d'établissage de ces fermes. Seules les fermes 1 et 2, refaites presque entièrement au XIX<sup>e</sup> siècle, ont une face d'établissage au nord, ce qui est justifié par la présence du mur de la tour lanterne contre laquelle la ferme 1 s'appuie et qui empêchait l'enfoncement des chevilles dans les mi-bois par leur face sud. Pour toutes les autres fermes, l'enfoncement des chevilles s'est donc opéré dans le sens sud-nord. La mise en place des fermes de cette charpente se serait donc effectuée en partant de la tour lanterne vers le mur pignon nord.

La plupart des chevilles d'origine sont encore en place et se reconnaissent par leur tête de section carrée. La réfection complète des sablières de cette charpente au XVI<sup>e</sup> siècle s'est donc pratiquée en sous-œuvre, sans démontage des fermes, ce qui paraît logique en raison du surcoût que cela aurait représenté pour un chantier de restauration.

F16 est la seule ferme principale des charpentes de cette cathédrale à avoir conservé à sa base son entrait d'origine et donc à être intégralement complète (fig. 11). A l'image de toutes les autres

fermes principales, celle-ci ne se distingue des fermes secondaires que par la présence d'un entrain. Ce dernier, non repris au milieu de sa portée par un poinçon, était donc susceptible de fléchir sous son propre poids. Conscient de ce risque, le maître charpentier a usé d'un subterfuge ingénieux pour compenser l'absence de triangulation<sup>33</sup>. Lors de la taille de l'entrain, il a préservé dans sa partie médiane une surépaisseur de bois avec une section de 38 / 28 cm en milieu de portée contre 29 / 30 cm aux deux extrémités. La forme bombée de l'entrain lui a permis de résister au fléchissement vertical lié au poids de la pièce. La courbure artificielle donnée à son profil supérieur et inférieur permet en effet de mieux résister à une déformation verticale des fibres ligneuses. Aucune fente liée à un éventuel fléchissement de la pièce n'a en effet été observée sur les flancs de l'entrain. Cette technique très astucieuse en l'absence de triangulation et pour des portées importantes nous paraît sans précédent dans cette forme précise et dans l'état actuel de nos connaissances. Elle ne semble pas non plus avoir fait école dans d'autres charpentes de cette époque.

Cette technique apparaît comme la dernière manifestation d'une tradition typiquement romane qui consistait à employer dans les fermes non triangulées des entrains de section plus haute que large avec des sections de 26 / 17 cm à Neufmarché en Lyons ou de 40 / 22 cm à Saint-Georges-de-Boscherville. Cette surépaisseur contribuait à empêcher le fléchissement de l'entrain, soumis aux contraintes de son propre poids. Ce que nous voyons ici à Lisieux peut donc être considéré comme le reliquat d'une technique romane devenue désuète avec l'avènement de la triangulation et des structures tramées.

L'entrain est assemblé à chaque extrémité aux chevrons par un mi-bois chevillé qui permet à ces derniers de se prolonger jusqu'à l'arase des maçonneries, comme pour les fermes secondaires, et de faire porter la couverture au plus bas possible.

Tableau des sections des bois en centimètres\* :

	<b>Chevron</b>	<b>Blochet</b>	<b>Jambe de force</b>	<b>Sous-chevron</b>	<b>Entrain retroussé</b>	<b>Echarpe</b>	<b>Contrefiche</b>
nef	17 x 14	?	15 x 14	16 x 14	17 x 14	15 x 14	16 x 13
Bras nord	15 x 14	17 x 15	15 x 15	14 x 15	17 x 14	15 x 14	14 x 14

<b>Entrain</b>	
Bras nord	29-38 x 28-30

\* Le premier chiffre correspond à la face nord ou sud, le second à la largeur de la pièce.

On constate très peu de différences entre la section des bois de cette charpente et celle des bois de la nef. L'entrain retroussé reste toujours plus haut que large pour résister aux efforts de compression transmis par les écharpes.

Tous les bois sont des chênes en bois de brin, équarris à la hache, et conservent beaucoup d'aubier aux arêtes. Ils sont là aussi issus d'arbres jeunes et rectilignes. De même, notons une très grande homogénéité des sections relevées sur les différents types de pièces de cette charpente, témoignant d'aucun problème de pénurie en bois d'œuvre de qualité pour l'approvisionnement de ce chantier.

Aucune trace de lignage des assemblages n'a été relevée. Seule des traces de piquage au traceret au droit des assemblages ont pu être observées.

### *Le marquage des bois*

Inscrites sur la face d'établissage des fermes, face sud, les marques d'assemblages semblent répondre à un système cohérent au point de vue des emplacements avec une numérotation relativement homogène (fig. 15). La numérotation des fermes au sein du plan de la charpente se présente sous la forme d'une suite continue de chiffres romains évoluant du nord vers le sud de I jusqu'à XXI avec une

<sup>33</sup> Suspension de l'entrain au milieu de sa portée par un poinçon assemblé en tête aux chevrons.

petite perturbation en fin de série dans les fermes 3 à 5. Seules les fermes secondaires sont marquées avec des chiffres romains, avec une numérotation continue, sans tenir compte de la présence des fermes principales qui sont marquées avec des signes particuliers. Ce système utilise deux numérotations indépendantes : l'une continue et respectant en grande partie la gradation des chiffres romains pour les fermes secondaires ; l'autre, sans aucune gradation, pour les fermes principales.

Ce système de marquage permet de reconnaître en F23 l'ancienne ferme principale, entièrement refaite au XVI<sup>e</sup> siècle, et le travestissement de l'ancienne ferme secondaire F22 en ferme principale. La perturbation de la numérotation en chiffres romains sur F3-4-5 semble cependant être difficilement attribuable à une restauration ou à un quelconque déplacement tardif de ces fermes puisque la ferme 3 ne peut prendre place contre la tour lanterne, en raison de la présence de ressauts de maçonneries au niveau des pieds de fermes, et qu'aucune raison valable ne justifie, au cours d'une restauration, la permutation des fermes 4 et 5. Les fermes principales d'origine correspondent donc aux fermes 2, 8, 16 et 23.

Ce marquage se distingue de celui de la nef dans le sens où il définit un plan préétabli de la charpente dès son exécution et qui sera ici respecté au moment du levage des fermes. Chaque ferme a une place précise au sein de la trame de la charpente, définie par la numérotation lors de la conception du marquage. Cette évolution illustre le développement des techniques d'élaboration et de conception des charpentes gothiques comparées à celles de la nef, hérité des marquages des charpentes romanes où chaque ferme était identique (sans fermes principales ni secondaires) et interchangeable.

L'écriture de ces chiffres romains ne fait intervenir aucune forme d'abréviation, comme la jonction par un trait commun du X et du V ou l'association du V, du X et d'un I. Notons cependant la marque de F12 en forme de patte-d'oie censée représenter le 11 et qui appartient au registre des marques particulières des fermes principales. Il s'agit pourtant d'une marque de ferme secondaire puisque les blochets de cette ferme sont bien conservés et que la numérotation en chiffres romains ne " saute " pas F12 mais prend correctement en compte la valeur numérale 11 de cette marque. Rien ne permet d'expliquer l'usage de ce signe au sein de la numérotation en chiffres romains des fermes secondaires si ce n'est, avec beaucoup de réserve, son emplacement au milieu de la charpente, à l'aplomb même de l'axe transversal des voûtes.

Toutes ces marques ont été inscrites par la même " main ", selon une unique méthode qui consiste à creuser une profonde entaille pour chaque trait à l'aide de la pointe d'un ciseau à bois. Le profil triangulaire du fond de ces entailles résulte de deux incisions profondes faites avec un ciseau maintenu en position inclinée.

L'emplacement de ces marques au sein des fermes répond en majeure partie au même principe de marquage, quelles que soient les fermes. Elles se rencontrent systématiquement sur la face sud des éléments de fermes, en pied de pièces. Toutes les écharpes, les chevrons, les sous-chevrons, les contrefiches et les jambes de force sont marqués sur leur extrémité inférieure ou, plus généralement, dans leur partie inférieure. Cette nuance est importante puisqu'il n'y a pas de report de la marque au droit de l'assemblage de bout sur l'autre pièce sauf pour quelques assemblages d'about des entrants retroussés sur quelques fermes. Aucun autre assemblage n'est marqué avec un report de la marque sur les deux pièces, à leur jonction même. Elles sont pour la plupart inscrites relativement loin de l'assemblage d'about, voire même au tiers inférieur de la pièce. Les jambes de force et les blochets sont quant à eux marqués en milieu de pièce. Il apparaît donc que ce marquage est davantage constitué de marques de pièces que de marques d'assemblages, limitées à quelques abouts d'entrants retroussés. Ce marquage, déjà appliqué pour la charpente de la nef, était destiné uniquement à l'identification des éléments de fermes et non à celui de leurs assemblages, cette double fonction étant assurée par les assemblages d'about de ces entrants retroussés.

### 3. La charpente du bras sud du transept

L'expertise dendrochronologique réalisée sur les charpentes du transept a permis de déterminer que l'abattage des bois du bras sud s'est effectué peu après celui des bois du bras nord dans

les années 1203-1212 et que ces deux chantiers de construction se sont succédés rapidement sous l'épiscopat de Jourdain de Hommet (1201-1218)<sup>34</sup>.

Effectivement, sur le plan structurel, cette charpente est quasi identique à celle du bras nord du transept. Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes composée de 26 fermes indépendantes disposées selon une structure tramée (fig. 16). La disposition des fermes principales résulte d'un remaniement des entrails intervenu au début du XVI<sup>e</sup> siècle et ne correspond pas à celle d'origine. Les fermes principales primitives se situaient au droit de la retombée des voûtes comme dans les charpentes précédentes. Ces remaniements ont non seulement interverti la position des entrails mais également transformés la charpente à ses deux extrémités. Au sud, les fermes 1 à 6 ont été entièrement refaites, de même au nord avec les fermes 24 à 26 et toutes les sablières ont été remplacées. Ces travaux de charpenterie appartiennent à la campagne de restauration du mur sud qui a vu la construction dans les années 1503-1506 de deux puissants contreforts surmontés d'une arcade et d'une galerie ainsi que la reprise de la voûte sud<sup>35</sup>.

Entre les années 1840 et 1842, des tirants métalliques sont encore venus renforcer ces maçonneries au sud et sur les murs gouttereaux médians et vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les travaux de consolidation de la tour lanterne sont venus perturber les fermes contiguës à son mur sud<sup>36</sup>.

La partie de charpente d'origine restée intacte, bien que retravaillée en sous-œuvre pour le remplacement des sablières, se trouve donc cantonnée aux fermes 7 à 23. La portée d'entrait dans œuvre des murs est de 9,20 m exactement, soit 10 cm de plus que dans le bras nord, pour une hauteur de comble quasi identique à 6,75 m. La pente des versants de toiture est par conséquent similaire à celle du bras nord avec 49,3° contre 49°. On relèvera toutefois une épaisseur de maçonnerie équivalente entre le mur gouttereau ouest, qui comprend comme dans le croisillon nord un étage roman réappareillé, et le mur Est du premier âge gothique.

Les fermes principales d'origine se situaient au droit de l'actuelle ferme 2 ou 3, de F11, de F19 et de F25. Si les pieds de la ferme 11, noyés dans une maçonnerie du XVI<sup>e</sup> siècle, dissimulent toutes traces d'un éventuel assemblage avec un entrait, F19 présente en l'occurrence des traces nettes d'un assemblage à mi-bois en pied des chevrons pour un entrait comme en pied de F16 de la charpente du bras nord du transept, et ce malgré la reprise de cet assemblage pour l'entrait actuel, datant du XVI<sup>e</sup> siècle. L'un de ces entrails d'origine, de forme bombée comme celui conservé dans le bras nord, a été néanmoins réemployé en tant qu'entrait en pied de la ferme secondaire 13. La mortaise destinée au tenon de ses blochets primitifs s'observe encore parfaitement en pied des chevrons.

Cette charpente présentait donc trois travées de 5 à 7 fermes secondaires qui enjambaient chacune des trois voûtes de ce croisillon.

Tableau des espacements des fermes du bras sud du transept :

<b>Travées d'origine</b>	<b>Nombre de fermes secondaires</b>	<b>Longueur des travées</b>	<b>Entraxe moyen mesuré des fermes secondaires</b>
?-F11	?	?	65,5 cm
F11-F19	7	483 cm	60,4 cm
F19-F25	5	366 cm	61 cm

Les travées de cette charpente sont de longueurs inégales, à l'image des voûtes qu'elles surmontent avec une voûte médiane plus longue que celle contiguë à la tour lanterne. La voûte sud est une construction du XVI<sup>e</sup> siècle<sup>37</sup>. L'espacement entre les fermes secondaires est approximativement régulier selon les travées, de l'ordre de 44 cm pour les travées F11-F19 et F19-F25, et de 51 cm pour la travée sud. En considérant comme valeur de base le pied médiéval dans le calcul des longueurs de travées, on obtient 30,2 cm pour la travée médiane et 30,5 cm pour la travée nord. Il est donc probable

<sup>34</sup> Vincent BERNARD et Yannick LE DIGOL, *op. cit.*

<sup>35</sup> Charles VASSEUR, *op. cit.*, p. 36-37.

<sup>36</sup> Alain ERLANDE-BRANDENBOURG, *op. cit.*, p. 170-172.

<sup>37</sup> C. VASSELAGE, *Etudes historiques et archéologiques sur la cathédrale de Lisieux*, Caen., 1881, p. 59.

que ces valeurs ont été utilisées pour déterminer le plan de cette charpente dans l'entraxe des fermes et la longueur des travées.

Les fermes principales et secondaires ont été réalisées, à quelques centimètres près, sur le même schéma des fermes du croisillon nord (fig. 17 et 13). La structure interne de ces fermes, l'inclinaison des éléments, la hauteur de l'entrait retroussé, la position des assemblages et la section des bois sont identiques à celles des fermes du bras nord. L'exécution des fermes des deux bras du transept a donc utilisé les tracés directeurs de la même épure. On remarque également l'absence de chevillage de la croisée des écharpes, contrairement aux fermes de la nef.

L'entrait réemployé en F13 est aussi similaire à celui du bras nord, avec un profil bombé, plus haut que large à mi-longueur et de section carrée aux extrémités. Il a toutefois été grossièrement entaillé en sous-face lors de son déplacement de façon à pouvoir le placer au-dessus de la voûte médiane. On y observe encore aux abouts de l'entrait les traces du mi-bois destiné à l'assemblage du pied de ses chevrons d'origine. En sous-face, on remarque les entailles vides d'une trave simple destinée à un double cours de sablières qui filaient sur les murs gouttereaux. Notons aussi sur la face supérieure de cet entrait, deux mortaises peu profondes (3 cm) chacune placée respectivement à 1,53 m et à 1,85 m des jambes de force et destinées à la pose d'un engin de levage.

La face d'assemblage des mi-bois de ces fermes est orientée vers le nord avec un sens d'enfoncement de leur cheville nord-sud à l'exception toutefois des fermes 1 à 6, datées du XVI<sup>e</sup> siècle, qui ont une face d'établissage à l'opposé. La mise en place des fermes d'origine a donc progressé de la tour lanterne vers le mur pignon sud.

Comme certains bois de la charpente du bras nord, on rencontre ici quelques assemblages en pied d'écharpes (F10, F11, F22) dont le mi-bois est désabouté voire en forme de tenon bâtard, signe du réajustement d'un bois trop court. Les bois de cette charpente sont identiques à ceux du croisillon nord, avec la même section et les mêmes caractéristiques naturelles. Leur équarrissage est aussi fait à la doloire comme en témoignent les nombreuses traces de coups de hache visibles sur leur surface.

Tableau des sections des bois en centimètres\* :

	<b>Chevron</b>	<b>Blochet</b>	<b>Jambe de force</b>	<b>Sous-chevron</b>	<b>Entrait retroussé</b>	<b>Echarpe</b>	<b>Contrefiche</b>
Bras sud	15 x 14	15 x 15	15 x 15	14 x 16	17 x 15	14 x 14	14 x 14
Bras nord	15 x 14	17 x 15	15 x 15	14 x 15	17 x 14	15 x 14	14 x 14
nef	17 x 14	?	15 x 14	16 x 14	17 x 14	15 x 14	16 x 13

	<b>Entrait</b>
Bras sud	25-36 x 26
Bras nord	29-38 x 28-30

\* Le premier chiffre correspond à la face nord ou sud, le second à la largeur de la pièce.

Les marques d'assemblages de cette charpente appartiennent au registre des signes particuliers et non à celui des chiffres romains (fig. 17 et 18). Ces signes, à l'exception de ceux de F7 et F8, n'ont aucune valeur numérale et ne servent donc pas à localiser une ferme par rapport à une autre ou par rapport à un plan prédéterminé de la charpente, contrairement au bras nord. Chaque ferme est interchangeable au regard *stricto sensu* de leur marque. Ce principe d'identification est toutefois nuancé ici par les différents outils utilisés pour l'inscription de ces marques et aussi par leur localisation sur les pièces au sein des fermes.

Toutes ces marques sont distinctes les unes des autres et ne permettent pas d'identifier, de prime abord, les fermes principales par rapport aux fermes secondaires. Les marques à bâtonnets de F7 et F8, signifiant respectivement 3 et 5, ne semblent pas non plus répondre à une numérotation ordonnée puisque les chevilles d'origine de ces fermes sont bien en place et que celles-ci n'ont pu être entièrement déplacées.

Au regard des outils de marquage, il s'avère qu'au moins trois techniques ont été utilisées. Pour les fermes 7 à 10, les marques ont été gravées à l'aide de coups de ciseau à bois, dont l'entaille

profonde et triangulaire laissée dans le bois est bien caractéristique. Les deux fermes 11 et 19 présentent des marques inscrites à l'aide de la pointe d'un ciseau sous la forme de fines griffures, parfois difficiles à voir. Enfin, les marques des fermes 12 à 23, sauf F19, ont été gravées à l'aide d'une grosse rainette qui laisse un fond d'entaille au profil circulaire.

L'usage de ces différents outils répond à une répartition des marques au sein des fermes qui leur est spécifique. Inscrites sur la face d'établissage des fermes, face sud, les marques se rencontrent de façon systématique en pied des écharpes, des contrefiches, des chevrons, des sous-chevrons et des jambes de force, et de façon très variable, selon les outils de gravage, le long de l'entrait retroussé et au droit de ses assemblages sur les chevrons. En effet, pour les fermes dont les marques sont gravées au coup de ciseau, l'assemblage des pieds des contrefiches et des écharpes est marqué tandis que pour celles marquées à la rainette, seuls les assemblages d'about de l'entrait sont marqués. De même, le marquage des chevrons au droit de l'assemblage de l'entrait retroussé est plus systématique pour les fermes marquées au ciseau. Les emplacements de ces marques sont donc liés au type d'outil d'inscription.

En outre, seules les fermes F11 et F19 présentent des marques sous formes de griffures, inscrites à la pointe d'un ciseau à bois avec une localisation des marques sur l'entrait retroussé de F19 très spécifique. Ces fermes correspondent aux deux fermes principales conservées de cette charpente mais il reste difficile à établir un lien direct entre cette spécificité du marquage et l'identification de ces fermes.

En effet, en considérant l'ensemble du marquage, les différences de localisation des marques entre les fermes ne paraissent pas suffisamment " visuelles " pour avoir réellement servi à l'identification de trois lots de fermes. Si le but affiché était de distinguer ces fermes selon l'emplacement des marques, celui-ci aurait concerné plus de pièces ou plus d'assemblages et pas seulement l'entrait retroussé. Concernant l'emploi de l'outil de gravage comme mode de distinction, cela semble relativement efficace bien que discret en proportion de la ferme.

Cette distinction entre ces trois lots de fermes (F7-F10, F12-F23 et F11/F19) par l'emplacement des marques et l'emploi d'un outil de gravage distinct peut être considéré comme le produit de pratiques propres à trois équipes de charpentiers ayant exécuté chacun de ces lots. Les fermes principales auraient été exécutées distinctement des fermes secondaires et celles-ci en deux lots, le premier destiné à la première travée, le second lot à la deuxième et troisième travée, avec, pour chacun de ces lots, un groupe de travail qui leur était propre. L'utilisation d'un même registre de marques pour ces trois lots de fermes semble confirmer le fait qu'il ne s'agissait pas nécessairement de rendre apparent ce travail distinct entre ces équipes, mais que ces distinctions de marquage trahissent les habitudes et les méthodes de tel ou tel groupe de charpentiers.

#### 4. La charpente du chœur

Il s'agit d'une charpente à chevrons-formant-fermes de 35 fermes indépendantes, non étrésillonnées longitudinalement, terminée par une croupe semi-circulaire (fig. 19 et 20). Elle couvre les quatre travées droites du chœur ainsi que l'abside. Sa longueur totale, de la tour lanterne jusqu'à l'extrémité de cette croupe est de 28,62 m pour une largeur de 11,34 m hors œuvre des murs. La portée d'entrée varie légèrement de 9,58 m au départ de la croupe à 9,62 m au pied de la tour lanterne. La pente est de 48,6° pour une longueur de versant de 8,70 m.

Les voûtes de l'abside et de la dernière travée orientale du chœur ont été reconstruites au XV<sup>e</sup> ou au XVI<sup>e</sup> siècle d'après leur clé en sautoir, ce qui explique les différences de hauteur d'extrados des voûtes entre la partie orientale et occidentale du comble. Entre la première et la deuxième voûte, à l'ouest, sur les murs gouttereaux, on distingue nettement la reprise de maçonneries entre les deux chantiers de construction du chœur.

Au regard de l'équarrissage des bois, de leur section et de leurs traces d'établissage, de nombreuses reprises sont visibles en divers endroits. Les fermes 1 et 2 ont été mises en place lors des travaux de restauration de la tour lanterne vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle<sup>38</sup>. Vraisemblablement au XVI<sup>e</sup> siècle, lors des travaux de reconstruction des dernières voûtes du chœur, toute la charpente a été

<sup>38</sup> Alain ERLANDE-BRANDENBOURG, *op. cit.*, p. 170-172.

reprise en sous-œuvre pour remplacer les sablières, les blochets et les jambes de force. Tous les entrails ont été supprimés pour être remplacés par d'autres, placés soit entre deux fermes, soit en pied de ferme (F2, F23 et F35) ne correspondant pas à la position des entrails primitifs. La présence des chevilles d'origine confirme le fait que ces fermes n'ont pas été déplacées au cours de ces travaux. Lors de ce chantier, la croupe a été entièrement refaite en réemployant toutefois d'anciens chevrons.

Comme sur les autres charpentes de cette cathédrale, une expertise dendrochronologique a été réalisée sur les bois du chœur en novembre 2001 par le laboratoire de Rennes 1. Toutefois, aucune synchronisation n'a pu être établie avec les moyennes de référence et aucune proposition de datation n'a été avancée<sup>39</sup>. Cependant, comme nous le verrons plus loin, les similitudes observées entre cette charpente et les précédentes permettent de penser qu'elle est contemporaine de la construction du chœur et que ce chantier a suivi de près celui du transept.

Si les entrails, les blochets, les jambes de force et les sablières d'origine ont été remplacés au XVI<sup>e</sup> siècle, il subsiste néanmoins quelques indices pour retrouver la position des fermes principales de cette charpente. Le pied des chevrons des fermes 9, 18 et 26 conservent encore l'entaille à mi-bois qui servait à l'assemblage d'un entrail comme pour les fermes principales des deux bras du transept. Au droit de ces fermes, notamment dans la partie occidentale du comble, on remarque dans les maçonneries de l'extrados des deux voûtes gothiques le négatif d'un entrail. Cette empreinte se rencontre au droit de la ferme 9 et 18. Les autres voûtes, étant reconstruites au XVI<sup>e</sup> siècle selon un profil différent, ne présentent pas ce négatif. Enfin, selon le marquage des assemblages et la distinction par les marques des fermes principales des fermes secondaires (voir plus loin), on peut identifier avec certitude F9, F18 et F26 comme étant des fermes principales.

Ainsi, cette charpente comprenait cinq fermes principales, F9, F18 et F26 dans sa partie médiane et, contre la tour lanterne (F2) et au départ de la croupe (F35) deux autres qui ont été entièrement refaites. Ces fermes principales, placées au droit de la retombée des voûtes, délimitaient quatre travées de longueur inégales, de 6 à 8 fermes secondaires.

Tableau des espacements des fermes du chœur :

<b>Travées d'origine</b>	<b>Nombre de fermes secondaires</b>	<b>Longueur des travées</b>	<b>Entraxe moyen des fermes secondaires</b>	<b>Ecart arithmétique moyen</b>
F2-F9	6	479 cm	68,5 cm	2,16 cm
F9-F18	8	593 cm	65,9 cm	2,34 cm
F18-F26	7	531 cm	66,4 cm	2,87 cm
F26-F35	8	589 cm	65,4 cm	2,66 cm

L'entraxe de ces fermes est très irrégulier et varie entre 63 cm et 71 cm avec une moyenne de 66,5 cm. Les écarts aux entraxes moyens par travée sont compris entre 2,1 et 2,9 cm en moyenne, ce qui est révélateur qu'aucune valeur fixe n'était utilisée pour déterminer la position des fermes, que ce soit dans une travée ou bien en règle générale dans cette charpente. L'entraxe était approximativement estimé à deux pieds, celui-ci variant entre 31,5 et 35,5 cm.

Outre la présence d'un entrail à la base des fermes principales, rien ne permet de distinguer ces dernières des fermes secondaires. Elles sont toutes identiques en structure et en section des bois. Aucun dispositif d'étrésillonnement et de contreventement longitudinal ne vient raidir la charpente ni même la croupe. Seules des petites entretoises placées à différentes hauteurs entre chaque ferme, destinées à soutenir des petits chevrons intermédiaires, assurent indirectement cette fonction, avec le lattis de la couverture de tuiles.

La structure de ces fermes est là encore à rapprocher de celle des fermes des croisillons du transept (fig. 21 et 13). Leur hauteur totale est équivalente depuis les murs gouttereaux jusqu'au faite avec 6,75 m. Leur couple de chevrons est raidi par un entrail retroussé, une croisée d'écharpes, des couples de contrefiches, de sous-chevrons et de jambes de force. Leurs assemblages sont similaires avec des mi-bois à demi queue d'aronde aux abouts des écharpes, des contrefiches et en tête des sous-chevrons qui s'assemblent, quant à eux, en pied dans les jambes de force par tenon-mortaise. Les

<sup>39</sup> Vincent BERNARD et Yannick LE DIGOL, *op. cit.*

autres assemblages des éléments de fermes sont le tenon-mortaise et l'enfourchement pour la tête des chevrons. Enfin, la croisée des écharpes n'est pas chevillée, comme dans les charpentes du transept et contrairement à celle de la nef.

La face d'établissage de ces fermes est orientée vers l'est avec un sens d'enfoncement des chevilles est-ouest. Selon ce chevillage, les fermes de cette charpente ont été mises en place de l'est vers l'ouest, en partant de la croupe et en progressant vers la tour lanterne. Ce sens de mise en place peut éventuellement s'expliquer par la présence, à la naissance de l'abside, des deux seuls accès au comble par des tourelles d'escaliers ou fillettes qui, pour une charpente d'une telle longueur, devaient représenter un avantage indéniable pour la circulation des charpentiers au début du chantier.

Une anomalie retient toutefois notre attention. La ferme principale 26 a sa face d'établissage orientée vers l'ouest, contrairement à toutes les autres fermes, et le chevillage de ses assemblages reste orienté dans le sens est-ouest à l'exception de quelques assemblages dans sa partie sud, chevillés dans le sens inverse. Cette anomalie pourrait éventuellement s'expliquer par une erreur d'orientation de l'entrait lors de son levage, ce qui aurait déterminé l'orientation de tous les autres éléments de cette ferme, contraire à celle initialement prévue. Il est concevable en effet qu'une pièce de cette dimension, une fois posée, soit très difficile à réorienter en raison des contraintes de manutention liée à cette hauteur, au sommet des murs gouttereaux. Le chevillage de ses éléments se serait donc fait dans le sens normal de mise en place des fermes, en prenant appui sur les fermes déjà montées et en enfonçant les chevilles vers l'ouest, d'où un sens d'enfoncement contraire au sens de mise en place des assemblages à mi-bois.

L'épure de ces fermes est calquée approximativement sur celle des fermes des deux croisillons du transept avec comme différence majeure une portée d'entrait de 40 cm de plus, ce qui explique la réduction de l'inclinaison des versants à 48,6° par rapport aux charpentes du transept (fig. 13).

Tableau de comparaison :

	<b>Hauteur</b>	<b>Portée d'entrait</b>	<b>Pente</b>
<b>Nef</b>	6,75 m	8,45 m	53,2°
<b>Croisillon nord</b>	6,75 m	9,08 m	49°
<b>Croisillon sud</b>	6,75 m	9,20 m	49,3°
<b>Chœur</b>	6,75 m	9,60 m	48,6°

Ces différences sur le plan de l'épure n'ont pas modifié la hauteur de l'entrait retroussé ni la position des écharpes, contrairement aux contrefiches qui ont été décalées de façon à conserver une même longueur de sous-chevrons que précédemment. Il est donc fort probable que l'épure des fermes du transept a pu servir également à la conception des fermes du chœur, avec toutefois une légère modification de son plan pour l'adapter à la plus grande ouverture des chevrons, témoignant ainsi, très vraisemblablement, de la proximité dans le temps de ces trois chantiers. Cette hypothèse rejoint l'observation faite au niveau de l'absence de chevillage de la croisée des écharpes, commune à ces trois charpentes<sup>40</sup>.

Au droit de la jonction des deux chantiers de construction, entre la partie occidentale du premier style gothique d'Ile de France et la partie orientale de style gothique normand, aucun dispositif de cloisonnement du comble n'a été relevé sur les fermes de la charpente. De même, aucune différence structurelle n'a été remarquée entre les charpentes de ces deux parties du comble. La charpente du chœur a donc été mise en place une fois l'ensemble du chevet terminé et il est donc fort probable que l'interruption entre les deux parties du chœur a dû être de courte durée<sup>41</sup>. D'autre part, on ne saurait soutenir l'idée d'une première charpente occidentale entièrement remplacée, sans réemploi

40 Quelques assemblages particuliers ont été remarqués comme les mi-bois à demi-queue d'aronde désabotée en pied d'écharpe en F9, F18 et en tête du sous-chevron nord en F20. Notons aussi, en F5, le sous-chevron nord composé de deux pièces simplement mises bout à bout dans l'entaille à mi-bois de l'entrait retroussé et chacune chevillée dans cet assemblage. Il est à remarquer également sur les entrails retroussés des fermes 15 à 34 le double chevillage systématique des tenons-mortaises des abouts ainsi que l'absence de chevillage pour les mi-bois destinés aux sous-chevrons. Pour les fermes 3 à 14, le chevillage de ces assemblages est normal et ne présente qu'une seule cheville par assemblage.

41 L'exposition des pierres calcaires aux intempéries pendant plusieurs années auraient laissé des traces d'altérations.

de ses bois, lors de l'achèvement du chœur. Le chantier du chevet a donc suivi de très près celui du transept, comme l'atteste l'emploi de la même épure et des mêmes techniques de charpenterie.

### Les bois

Tableau des sections des bois d'origine en centimètres\* :

	<b>Chevron</b>	<b>Blochet</b>	<b>Jambe de force</b>	<b>Sous-chevron</b>	<b>Entrait retroussé</b>	<b>Echarpe</b>	<b>Contrefiche</b>
Nef	17 x 14	?	15 x 14	16 x 14	17 x 14	15 x 14	16 x 13
Bras nord	15 x 14	17 x 15	15 x 15	14 x 15	17 x 14	15 x 14	14 x 14
Bras sud	15 x 14	15 x 15	15 x 15	14 x 16	17 x 15	14 x 14	14 x 14
Chœur	14 x 14	?	?	14 x 14	17 x 15	14 x 14	14 x 14

\* Le premier chiffre correspond à la face nord ou sud, le second à la largeur de la pièce.

Les sections des bois de cette charpente sont sensiblement plus réduites que les précédentes. Seul l'entrait retroussé conserve une section de 17 x 15 cm lui permettant de travailler correctement aux efforts de flexion auxquels il est soumis. La section relativement faible des chevrons en proportion des dimensions de la ferme peut éventuellement s'expliquer par la présence des sous-chevrons qui doublent le raidissement de la ferme dans sa partie inférieure. Une telle section aurait été insuffisante en l'absence de ces sous-chevrons et aurait entraîné la rupture de la pièce. Cette disposition permet donc d'économiser sur la section des bois de grande longueur (8,70 m de portée).

Tous les bois sont des bois de brin, équarris à la doloire, avec la présence systématique d'aubier aux arêtes. Les traces de piquage sont caractéristiques de l'emploi du traceret pour cette opération de préparation des assemblages. Quant au lignage des bois, il subsiste en sous-face des chevrons de F20 et des sous-chevrons de F28, des traces fugaces au noir de carbone d'un trait axial continu sur toute la longueur de la pièce et passant dans l'axe du tenon de pied des sous-chevrons et des mortaises des chevrons, ainsi que sur le flanc de l'entaille de leurs assemblages à mi-bois.

### Le marquage des bois (fig. 22)

Toutes inscrites au ciseau sur la face ouest des fermes (face d'établissage), les marques de cette charpente appartiennent pour la plupart au registre des chiffres romains. A l'exception des marques de F4, F10 et F18 qui sont des signes particuliers, les marques s'organisent selon deux numérotations croissantes en distinguant les fermes secondaires des fermes principales.

La première numérotation est continue et débute en partant de IIII en F5 pour progresser vers l'est jusqu'à VII en F8. La seconde reprend à I en F11 et évolue régulièrement toujours vers l'est jusqu'à XXI en F33 en "sautant" les fermes principales. Celles-ci ne s'intègrent donc pas dans la numérotation des fermes secondaires exclusivement marquées en chiffres romains à l'exception de F4, F10 et peut-être F34. Ces chiffres romains sont presque tous écrits sans abréviation. Seule F31 présente une marque associant un X avec un V, comme l'abréviation d'un XV, pour exprimer la valeur 19, ce qui semble assez peu "parlant".

Ces deux numérotations de fermes secondaires, indépendantes des fermes principales, ne sont pas régulièrement ordonnées en fonction de ces dernières. La première est précédée par une ferme secondaire marquée d'un signe particulier après une ferme sans marque. Quant à la seconde, elle est également précédée d'un signe particulier en F10 et terminée par un autre en F34, ce dernier ne pouvant être l'abréviation du XX, présent deux fermes avant.

Les fermes principales, quant à elles, utilisent aussi bien les signes particuliers que les chiffres romains sans que ceux-ci n'aient de rapport entre eux ou avec la numérotation des fermes secondaires.

La numérotation des demi-fermes d'origine, démontées et réemployées dans la croupe actuelle, semble d'après les quelques marques retrouvées<sup>42</sup> indépendante de celles des fermes et constituée exclusivement de chiffres romains, répartis de façon continue sur l'ensemble des demi-fermes.

La répartition des marques au sein des fermes est relativement homogène. On les rencontre toujours en pied de pièces et en divers endroits le long de l'entrait retroussé selon ses assemblages. Il est difficile de considérer ces marques comme des marques d'assemblages puisqu'elles ne sont presque jamais reportées sur l'autre pièce, sauf pour F24 en pied des écharpes et des contrefiches. La marque identifie la pièce qui la porte, non un assemblage particulier.

L'entrait retroussé est marqué de deux manières différentes. La première, qui concerne les fermes 4 à 9, consiste à marquer ses deux extrémités au droit de ses assemblages avec les chevrons, la seconde, visible sur toutes les autres fermes, au droit de ses assemblages avec le pied des contrefiches.

En considérant le sens normal de lecture des chiffres romains, avec le X avant le V et le I après le V, par rapport à la position de la pièce au sein de la ferme, il est possible d'isoler plusieurs lots de fermes.

*Tableau des marques d'assemblage de la charpente du cœur :*

Travée	Ferme	Marque	Pièces SUD				Entrait retroussé	Pièces NORD			
			Chevron	Sous- chevron	Contrefiche	Echarpe		Chevron	Sous- chevron	Contrefiche	Echarpe
1 <sup>ère</sup>	6	V		S	N	N	H	N		S	S
	7	VI	S	S	N	N	H	N	N	S	S
	8	VII	S	S	N	N	H	N	N	S	N
2 <sup>ème</sup>	15	V	N	N	N	S	B		S	N	N
	16	VI	N		N		B	S	S	N	N
	17	VII	N	N	N	S	B	N	S	N	S
3 <sup>ème</sup>	19	VIII		N	N	S	B	N	S	N	S
	20	VIII	S	N	N	S	B	S	S	N	N
	22	XI						S	S	S	S
	23	XII		N	N		B	S	N		
	24	XIII	N	N	N	N	B/H	N	S	S	N
	25	XIII	N	N	N	S	B	N	N	N	S
4 <sup>ème</sup>	27	XV	S		S	S	B	N	S	N	S
	28	XVI	S	N	N	S	B	N	N	S	S
	29	XVII	N/S	N	N/S	N	B	N		S	N
	30	XVIII	S	S	N	N	B	N	N	N/S	N
	33	XXI	N	N	N	N	B		S	S	S

N : lecture de la marque du côté nord

S : lecture de la marque du côté sud

H : lecture par le haut

B : lecture par le bas

Deux lots de fermes peuvent effectivement être isolés par cette méthode. Le premier concerne les fermes de la première travée dont le sens de lecture des marques est bien homogène et propre à cet ensemble. Par exemple, les chiffres romains des entrails retroussés se lisent de la droite vers la gauche,

<sup>42</sup> IIII sur la demi-ferme 3 et IIX sur F4.

donc d'en haut, contrairement à ceux des autres fermes qui se lisent d'en bas. De même, les marques des sous-chevrons sud et des contrefiches nord se lisent du côté sud, contrairement à celles des autres fermes qui se lisent du côté nord. Le second lot regroupe toutes les autres fermes avec la particularité de n'être pas ou peu homogène. En dehors de quelques pièces comme les entrails retroussés, les contrefiches sud et les sous-chevrons sud, le sens de lecture des chiffres romains varie régulièrement mais se distingue toutefois de celui du premier lot de ferme. Cette disparité au sein de ce deuxième lot peut s'expliquer par son importance et la grande quantité de fermes à marquer qui a dû nécessiter plusieurs équipes de charpentiers, contrairement au premier lot, homogène, au nombre réduit de fermes et qui n'a dû être exécuté que par une seule équipe.

On observe donc une légère distinction entre le marquage des fermes de la première travée, caractérisée par une courte série isolée, une répartition particulière des marques sur l'entrait retroussé et un sens de lecture des chiffres romains qui lui est propre et celui des autres fermes de cette charpente. Toutefois, ces deux ensembles utilisent un même registre de marques, inscrites avec le même type d'outil. En outre, aucune différence structurelle ne vient souligner cette disparité du marquage entre ces deux ensembles. Il convient donc d'écarter l'hypothèse de deux charpentes différentes ou de deux chantiers distincts. Ces dissemblances semblent plutôt liées à des variantes de pratiques dans le marquage des bois entre des équipes de charpentiers. Il est possible d'identifier au moins trois équipes, l'une responsable des fermes principales, une seconde destinée à la réalisation des fermes de la première travée et une troisième, plus composite, pour les fermes secondaires des trois autres travées.

### *La croupe*

Toute la croupe d'origine qui couvrait l'abside du chœur a été démontée et refaite selon une nouvelle disposition au XVI<sup>e</sup> siècle. Seuls les chevrons primitifs ont pu être réemployés en tant que chevrons dans les demi-fermes actuelles et dans la ferme de croupe. Ceux-ci, par leurs mortaises et les entailles vides de leurs mi-bois, ne permettent de reconstituer que très partiellement la structure de la croupe d'origine (fig. 23).

La partie inférieure de la ferme de croupe présentait comme dans les fermes précédentes un système de raidissement constitué de sous-chevrons assemblés en tête dans des contrefiches et par mi-bois dans un entrait retroussé. Dans la partie supérieure de la ferme, deux autres faux entrails maintenaient l'écartement des chevrons, et non une croisée d'écharpes. Le pied des chevrons, amputé de leur base, devait comporter un assemblage destiné à un entrait, ce qui semble être confirmé par l'absence de ferme principale dans cette dernière travée.

Tous les autres chevrons en réemploi dans la croupe, au nombre de 18, ne présentent que des assemblages en pied de pièce avec une mortaise horizontale pour recevoir un blochet et un mi-bois à demi-queue d'aronde pour la tête d'une jambe de force. Comme pour tous les chevrons des fermes précédentes, ceux-ci se prolongent de quelques centimètres au-delà de l'assemblage du blochet pour couvrir le haut des maçonneries du mur absidial. Aucun autre assemblage ni trou de cheville n'a été relevé sur le restant de leur longueur. Ces chevrons de longue portée devaient donc s'intercaler, d'après l'écartement moyen des fermes, entre quatre ou cinq demi-fermes principales dont nous n'avons aucun élément en réemploi. Celles-ci devaient comporter en toute logique deux niveaux de faux-entrails assemblés à ceux de la ferme de croupe pour constituer deux enrayures avec, pour raidir la partie inférieure, un sous-chevron et une contrefiche.

Soulignons le fait qu'il n'existait pas de contreventement à cette croupe dans les fermes qui lui étaient contiguës. Elle se suffisait à elle seule pour répartir ses charges sur les murs gouttereaux et se passer de contreventement. En effet, son assise semi-circulaire présente un rayon plus long que la hauteur de la croupe avec donc un centre de gravité situé au plus près de son assiette lui assurant ainsi une base suffisamment stable. La nouvelle croupe du XVI<sup>e</sup> siècle, qui répond au même principe, est elle aussi dépourvue de dispositif de contreventement dans les fermes de la dernière travée.

## 5. Les charpentes du déambulatoire du chœur

La charpente du déambulatoire et des bas-côtés orientaux du transept a été entièrement refaite au XIX<sup>e</sup> siècle. Seules les croupes des deux chapelles latérales du déambulatoire conservent encore en réemploi les chevrons des croupes d'origine, reconnaissables aux entailles d'assemblages à mi-bois (fig. 24-25).

Les analyses dendrochronologiques effectuées sur ces chevrons par le laboratoire de Rennes 1 en novembre 2001 ont permis d'établir un *terminus post quem* en l'absence d'aubier en 1185. L'estimation calculée des cernes absents repousse donc l'abattage de ces bois dans le premier quart du XIII<sup>e</sup> siècle<sup>43</sup>. Cette proposition de datation place le chantier du déambulatoire dans le contexte de la construction du chevet, peu de temps après celui du transept.

Dans la croupe de la chapelle nord, tous les chevrons réemployés sont des bois de brin, équarris à la doloire et de section moyenne de 14 x 15 cm. Ils présentent en pied une entaille d'assemblage à mi-bois en demi-queue d'aronde pour la réception d'une jambe de force et à mi-longueur une mortaise vide destinée à un demi-entrait retroussé. Le pied de tous ces chevrons est actuellement repris par un blochet et une jambe de force clouée en tête dans le chevron.

La restitution de la croupe d'origine suppose une ferme de croupe pourvue d'un entrait retroussé pour recevoir les demi-entrants retroussés des demi-fermes. Celles-ci venaient donc s'appuyer en tête contre cette ferme de croupe et étaient simplement étayées à mi-longueur par une enrayure d'entrants retroussés. Aucun assemblage pour des demi-entrants à la base des demi-fermes n'a été relevé. De même, aucune marque d'assemblage n'a été identifiée sur ces bois réemployés.

Les chevrons de la croupe de la chapelle sud présentent les mêmes caractéristiques que ceux de la chapelle nord avec un mi-bois en pied pour une jambe de force et une mortaise à mi-longueur pour un demi-entrait retroussé. Les blochets actuels reprennent l'assemblage primitif des anciens blochets, tenonnés dans le chevron comme en pied de fermes des charpentes du transept et du chœur. Le chevron se prolongeait au-delà du blochet jusqu'aux maçonneries. Il est fortement probable que cette disposition existait aussi dans la chapelle nord avant la reprise du XIX<sup>e</sup> siècle.

## 6. Les couvertures des toitures principales

Il est possible d'observer dans les couvertures de tuiles du bras nord du transept, c'est-à-dire les seules à ne pas avoir subi de restauration récente<sup>44</sup>, quelques tuiles vernissées de très grand format en réemploi (fig. 26). Ces tuiles ont une longueur de 34 cm pour une largeur de 19 cm et une épaisseur de 1,8 cm. Sur le tiers inférieur de leur pureau, elles sont recouvertes d'une glaçure dont la couleur varie entre le vert sombre, le vert pâle orangé et le jaune paille. Aucune trace d'incision n'a été observée sur le pureau apparent et les glaçures semblent correspondre à une couche de protection plutôt qu'à des motifs de décors polychromes. Leur fixation était assurée par une ou deux chevilles en bois logées des trous en partie supérieure de la tuile et qui la retenaient au liteau.

De nombreux fragments de tuiles glaçurées du même type se voient dans les maçonneries des voûtes gothiques de la nef et dans le couloir de circulation entre les tribunes du bas-côté sud et le triforium du bras sud du transept de la fin du XII<sup>e</sup> siècle et du début du XIII<sup>e</sup> siècle (fig. 27). De même, on peut remarquer quelques tuiles complètes vernissées entre plusieurs assises de pierres de la tour lanterne dans le comble du bras sud, datant du début du XIII<sup>e</sup> siècle.

Enfin, lors de travaux de restauration entrepris au XVI<sup>e</sup> siècle sur la charpente de la nef, des chevrons de la fin du XII<sup>e</sup> siècle ont été réemployés en tant qu'écharpe dans quelques fermes (F55 et F63) laissant apparente leur face extérieure et les traces de fixation des matériaux de couverture

---

<sup>43</sup> Vincent BERNARD et Yannick LE DIGOL, *op. cit.*

<sup>44</sup> Nous tenons à manifester notre désarroi devant les méthodes de restauration utilisées pour la plupart des couvertures de cette cathédrale qui consistent à remplacer systématiquement la totalité des tuiles anciennes par des tuiles neuves sans aucune étude préalable des matériaux retirés, ni conservation dans un musée ou dans le comble des différents types de tuiles utilisées dans les couvertures précédentes. Le réemploi automatique des tuiles lors des recouvertures pour des très grandes surfaces suppose logiquement la présence sur les toitures actuelles de tuiles médiévales dont certaines peuvent être logiquement d'origine. Le versant Est du croisillon nord a été entièrement refait à neuf en 2001 sans aucune considération des nombreuses tuiles vernissées médiévales présentes dans cette couverture, aujourd'hui disparues.

d'origine (fig. 28). Ces chevrons montrent des rangées d'un ou de deux clous, à intervalles réguliers de 17 cm ou de 12 cm. L'absence d'autres rangées de clou suppose que ce lattis a conservé cet espacement jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle. Celui-ci ne peut convenir à des plaques de schistes ardoisiers qui sont toujours posées à pureau décroissant<sup>45</sup>. D'autre part, l'absence de clou à plomb sur le flanc de ces bois exclut ce matériau pour la couverture de ces chevrons<sup>46</sup>. Ce lattis était donc très vraisemblablement destiné à des tuiles. Notons par ailleurs que l'espacement de ce lattis correspond à un recouvrement d'un tiers de ces grandes tuiles, c'est-à-dire à la surface du pureau recouvert d'une glaçure.

Ces indices permettent de confirmer la présence sur l'ensemble des hautes toitures de la cathédrale de Lisieux d'une couverture de tuiles de grand format dès la fin du XII<sup>e</sup> siècle, peut-être du type retrouvé en réemploi. Notons enfin qu'en 1391, des travaux de réparations sont mentionnés sur les couvertures de tuiles de la cathédrale de Lisieux<sup>47</sup>.

Le prolongement du chevronnage jusqu'à l'arase des murs gouttereaux et l'absence de chéneau le long des toitures de l'édifice supposent l'évacuation de toutes les eaux pluviales directement sur les murs bien que les arcs-boutants d'origine soient pourvus sur leur faîte d'une rigole pour l'écoulement des eaux. Il est donc possible d'envisager la présence de gouttières en bois au pied des couvertures pour recueillir ces eaux et les canaliser jusqu'aux rigoles des arcs boutants.

Observons enfin, à hauteur d'homme, dans toutes ces grandes charpentes, de nombreuses traces de combustion laissées par des lampes à huile accrochées directement sur les bois et qui servaient à l'éclairage du comble pour les travaux d'entretien. Ces travaux pouvaient être liés au nettoyage des voûtes ou aux réparations de la charpente. Ces traces de combustion ne s'observent pas sur les bois postérieurs au XIII<sup>e</sup> siècle.

## 7. La consommation en bois d'œuvre

Connaissant le nombre total de fermes de la charpente d'origine ainsi que leur structure sur chacune des différentes parties de l'édifice, il est possible d'estimer la quantité de bois consommés par ces chantiers de construction. Ce calcul prend en compte le fait que toutes les pièces sont des bois de brin et que la longueur maximale d'une grume, hormis l'entrait, correspond à celle d'un chevron (8,75 m pour le chœur et le transept, 8,50 m pour la nef).

### Charpente de la nef :

En se basant sur la longueur d'un chevron pour évaluer la longueur maximale d'une grume, on compte 2 grumes pour les deux chevrons, 1 grume pour l'entrait retroussé et une jambe de force, 1 grume pour les deux écharpes et un blochet, 1 grume pour une contrefiche, une jambe de force et un sous-chevron, 1 grume pour une contrefiche, un sous-chevron et un blochet, soit 6 grumes de 8,50 m de long pour la réalisation d'une ferme, 20 pour les sablières (40,30 m x 4) et donc 410 grumes de 20 à 22 cm de diamètre (section de 16 x 14 cm), plus 9 grumes de plus forte section et de 10,10 m de long pour les entrants des fermes principales.

### Charpente du chœur et des deux croisillons du transept :

Pour une ferme sans entrait :

2 grumes pour les deux chevrons

1 grume pour les deux sous-chevrons

1 grume pour les deux écharpes et deux blochets

1 grume pour l'entrait retroussé et deux contrefiches

Total : 5 grumes de 20 à 22 cm de diamètre (de 14 x 14 cm à 17 x 15 cm de section) par ferme.

---

<sup>45</sup> Ce type de couverture est attesté pour le début du XIII<sup>e</sup> siècle sur les grandes toitures de la cathédrale de Bayeux.

<sup>46</sup> Par ailleurs, aucune mention de couverture en plomb n'a été relevé dans les textes relatifs à la cathédrale de Lisieux.

<sup>47</sup> Christophe MANEUVRIER, « Production et commercialisation de tuiles aux XIII<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècles en Pays d'Auge », *L'exploitation ancienne des roches dans le Calvados : Histoire et Archéologie*, Guy SAN JUAN et Jack MANEUVRIER (dir.), Le Mollay-Littry, 1999, p. 354.

Pour chaque entrain d'une ferme principale : 1 grume de 44 à 48 cm de diamètre (section variant de 25-36 x 26 cm à 29-38 x 28-30 cm)

Pour les sablières :

[14,30 m (crois. Nord) + 15,30 m (crois. Sud) + 28,60 m (chœur) ] x 4 sablières par vaisseau = 26 grumes

Pour la croupe du chœur :

18 chevrons + 5 demi-fermes + sablières = 37 grumes

Plus 3 grumes pour les demi-entrains.

Total pour le transept et le chœur :

[26 fermes (crois. Nord) + 22 fermes (crois. Sud) + 35 fermes (chœur)] x 5 grumes = 415 grumes

415 + 26 des sablières + 37 de la croupe = 478 grumes de 20 à 22 cm de diamètre, de 8,75 m de long et 13 grumes de 44 à 48 cm de diamètre et de 11,10 m de long

Total pour la nef, le transept et le chœur :

888 grumes de 20 à 22 cm de diamètre de 8,75 m maximum

22 grumes de 44 à 48 cm de diamètre de 11,10 m maximum

On obtient une consommation totale estimée à 910 grumes pour la construction des grandes charpentes de cette cathédrale. Sur cette quantité de bois d'œuvre, 22 poutres seulement, soit 2,4 %, présentent un fort diamètre de 48 cm maximum avec une longueur dépassant les 11 m pour les entrains. Tous les autres, soit 97,6 % des arbres abattus, sont des bois jeunes de faible section avec une moyenne de 21 cm de diamètre environ pour une longueur inférieure à 9 m. Ces calculs permettent de confirmer l'absence de problème d'approvisionnement en bois d'œuvre de qualité pour ce vaste chantier à la fin du XII<sup>e</sup> siècle et au début du XIII<sup>e</sup> siècle. La sélection et l'abattage de près de 900 arbres calibrés selon des mesures précises, en diamètre et en longueur, supposent en effet que les forêts dans lesquelles ces bois ont été prélevés disposent encore de grandes capacités d'approvisionnement en bois d'œuvre de qualité.

### 8. Lisieux et les premières charpentes gothiques

Les charpentes de la nef, du transept et du chœur de la cathédrale de Lisieux, toutes basées sur le même schéma structurel, s'inscrivent conformément dans le contexte évolutif des charpentes de la seconde moitié du XII<sup>e</sup> siècle au XIII<sup>e</sup> siècle dans le nord-ouest de la France. Elles appartiennent aux premières générations des charpentes gothiques qui se définissent par une structure tramée, constituée de travées réparties selon la trame de l'édifice, avec des fermes principales sises aux points forts de l'édifice, au droit des piliers et des arcs-boutants. Cette étroite adéquation entre la structure de la charpente et celle des murs répond du souci qui se manifeste de plus en plus dans la seconde moitié du XII<sup>e</sup> siècle de vouloir répartir le plus justement possible les charges du couvrement sur des murs qui tendent à s'amincir et à s'ouvrir de larges verrières. L'adoption de la travée permet aux nouvelles charpentes gothiques de limiter les pressions au droit des larges baies et de concentrer leurs charges sur les parties plus résistantes des supports. Ces charpentes gothiques apparaissent en Normandie dès le milieu du XII<sup>e</sup> siècle sous cette forme avec des fermes indépendantes, dépourvues de contreventement et de poinçon de fond au sein des fermes. La plupart de ces charpentes se contente d'un raidissement élémentaire constitué d'un ou deux entrain retroussé, avec parfois des contrefiches et des aisseliers, notamment lorsque ces charpentes intègrent des voûtes.

Les solutions techniques adoptées à Lisieux pour raidir les chevrons sont caractéristiques de la seconde moitié du XII<sup>e</sup> siècle. L'emploi des croix de Saint-André s'inspire des grandes écharpes en croisée qui sont très répandue durant cette période, notamment pour les charpentes de grandes dimensions. On en voit à Tournai sur le transept de la cathédrale Notre Dame vers 1142-1150<sup>48</sup>, et plus tard à Laon sur l'église Saint-Martin<sup>49</sup>. Dans ces deux exemples, le système de raidissement des

---

<sup>48</sup> Patrick HOFFSUMMER, *Les charpentes du XIe au XIXe siècle, typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine n° 62, Monum, Editions du Patrimoine, Paris, 2002, p. 179.

<sup>49</sup> *Ibid.*

fermes est adapté à la pénétration des voûtes maçonnées dans le comble, d'où l'emploi des sous-chevrons à Laon.

Ces sous-chevrons se remarquent surtout dans des charpentes de grandes dimensions comme dans la grange du Val-de-la-Haye en Seine-Maritime de la fin du XII<sup>e</sup> siècle, de la grange du prieuré de Crouttes, les halles de Saint-Pierre-sur-Dives (disparue en 1955) dans l'Orne, toutes deux du début du XIII<sup>e</sup> siècle. Ces sous-chevrons permettent dans ces granges de porter des pannes. Hors Normandie, on en voit dans la salle de l'ancien hôpital Saint-Jean à Angers d'une portée extraordinaire de 23 m<sup>50</sup>, de la fin du XII<sup>e</sup> siècle, et dans la chapelle de ce même hôpital de 15 m de portée<sup>51</sup>. Dans cette dernière charpente, les sous-chevrons s'assemblent comme à Lisieux dans les jambes de force par un mi-bois de façon à raidir les pieds de fermes sous les charges de compression et à les rendre indéformables. A Lisieux, ce procédé est appliqué en tête des sous-chevrons, assemblés par mi-bois à l'entrait retroussé et à une contrefiche, de manière à mettre ces éléments en tension sous l'effet de la compression des chevrons.

Lisieux s'inscrit également dans le processus de redressement de la pente des toitures de 45° au début du XII<sup>e</sup> à 55° en moyenne à la fin du XII<sup>e</sup> siècle. Ce rehaussement des combles traduit aussi une volonté de limiter les poussées latérales des fermes secondaires sur les murs gouttereaux.

L'emploi des assemblages à mi-bois à Lisieux est aussi logique pour la fin du XII<sup>e</sup> siècle et le début du XIII<sup>e</sup> siècle puisqu'ils seront utilisés dans les fermes jusqu'au second tiers du XIII<sup>e</sup> siècle en Normandie avant d'être définitivement remplacés par le tenon-mortaise. Il faut attendre la seconde génération des charpentes gothiques dans le premier tiers du XIII<sup>e</sup> siècle pour que se répandent le poinçon et les liernes longitudinales qui sont destinés à faciliter le report des charges des fermes secondaires sur les fermes principales comme à la cathédrale de Rouen, de Paris, de Meaux. Quelques rares petites charpentes du XII<sup>e</sup> siècle en Normandie comme celles de la chapelle des Vaux à Gisors ou de l'église de Sainte-Marie-aux-Anglais préfigurent déjà ces nouvelles structures gothiques avec un système très précoce de soulagement des fermes secondaires.

Cette première analyse archéologique des charpentes de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux reste bien entendu à poursuivre et à compléter au regard notamment de certains points d'ombres qui subsistent comme la datation précise des bois du chœur ou les structures des bas-côtés. Les expertises dendrochronologiques et l'étude comparative des épures ont permis de confirmer l'achèvement des toitures de la nef en 1183, celui du croisillon nord suivi de près du croisillon sud entre 1203 et 1212 sous l'épiscopat de Jourdain de Hommet et, très vraisemblablement, à quelques années seulement d'intervalles de celui du chœur et de son déambulatoire dans le premier quart du XIII<sup>e</sup> siècle. L'usage des mêmes techniques de charpenterie et d'un unique procédé pour le tracé des épures des quatre grandes charpentes de cette cathédrale, sur plus trente ans, semble manifester soit du suivi de ces chantiers par le même maître charpentier, soit une volonté de la part du maître d'ouvrage d'appliquer le même programme architectural à l'ensemble des vaisseaux de l'édifice, comme on le constate à la cathédrale de Bayeux au début du XIII<sup>e</sup> siècle sur les deux bras du transept et le chœur. La présence d'une cloison provisoire dans la nef confirme l'érection du premier niveau de la tour lanterne peu après 1183 et son achèvement avant la pose de la charpente du croisillon nord. Enfin, l'étude tracéologique des bois a permis d'apporter quelques informations sur l'organisation des chantiers comme la composition des équipes de charpentiers, le mode de levage de ces charpentes, la consommation en bois d'œuvre, les techniques d'équarrissage ou bien encore la nature des matériaux de couverture d'origine. Il importe à l'avenir que les travaux de restaurations et d'entretien des charpentes et des couvertures puissent tenir compte de leurs teneurs archéologiques afin de poursuivre cette étude et compléter ainsi nos connaissances de cette œuvre majeure de l'histoire architecturale normande.

---

<sup>50</sup> Centre de Recherche sur les Monuments Historiques, *Charpentes, XIe-XIIe siècle*, vol. 1, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris, 1982, pl. D 2854-68.

<sup>51</sup> Marcel LE PORT, « Evolution historique de la charpente en France », *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, 1977, p. 402.

Fig. 1 Plan de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux  
(Erlande-Brandenburg 1974, p. 160)

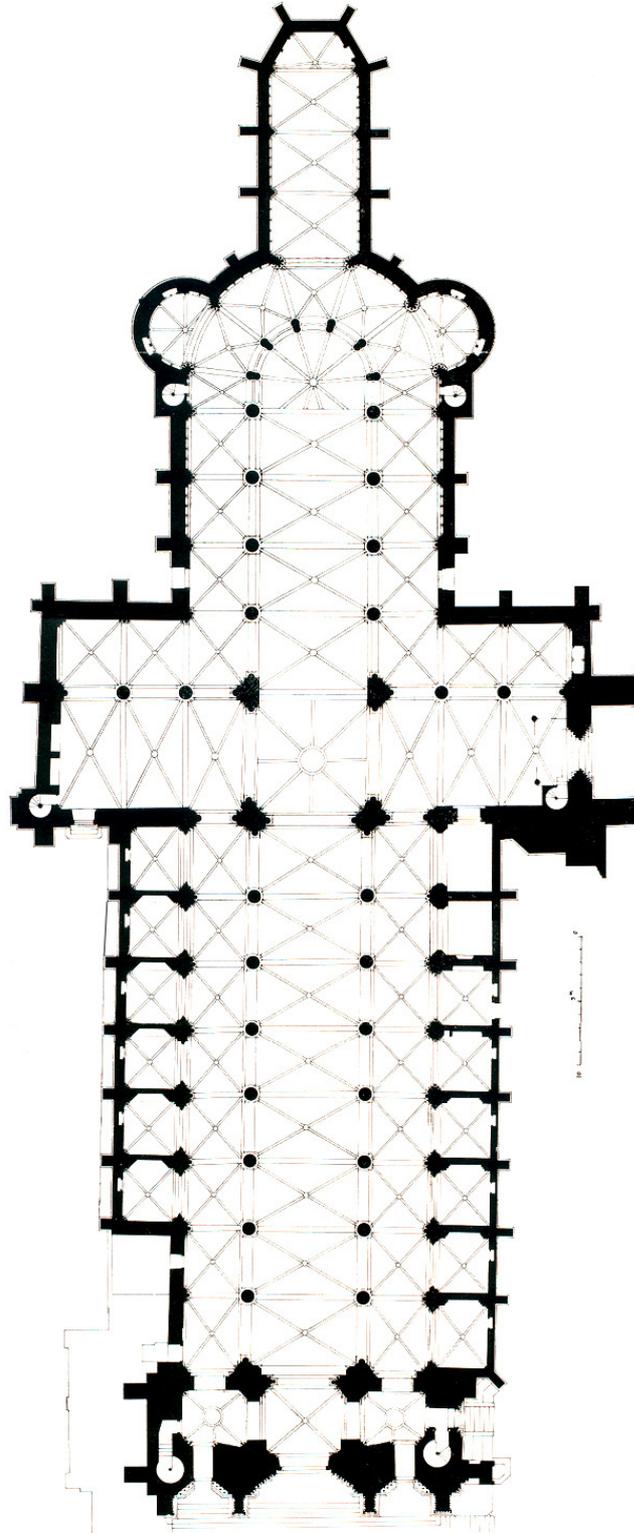




Fig. 2 Vue de la nef et du croisillon nord

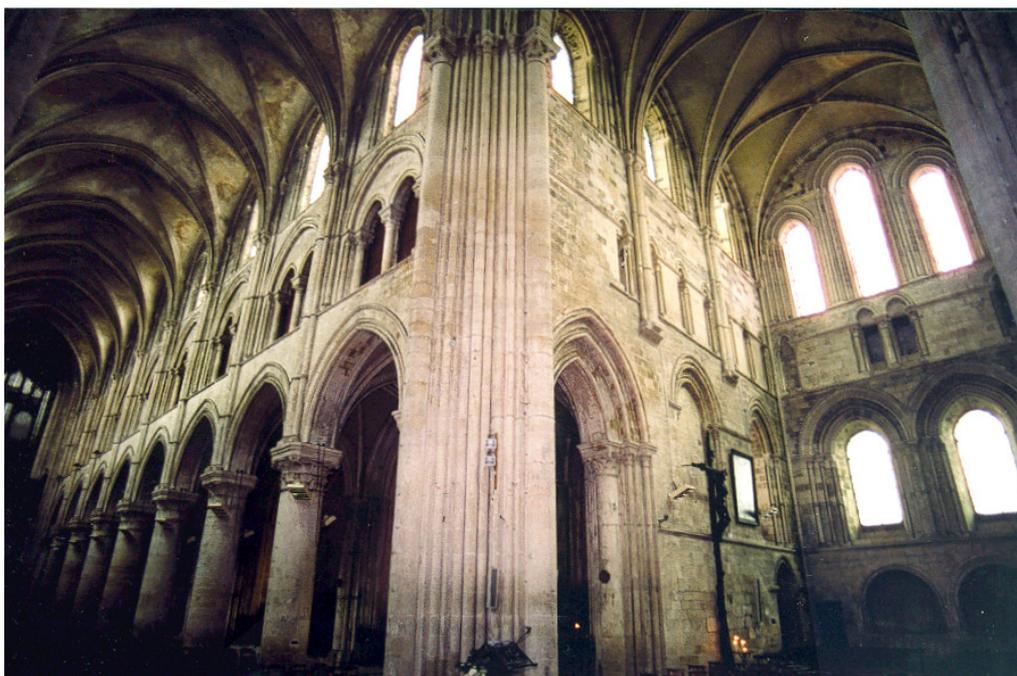


Fig. 3 Vue du bas-côté sud de la nef

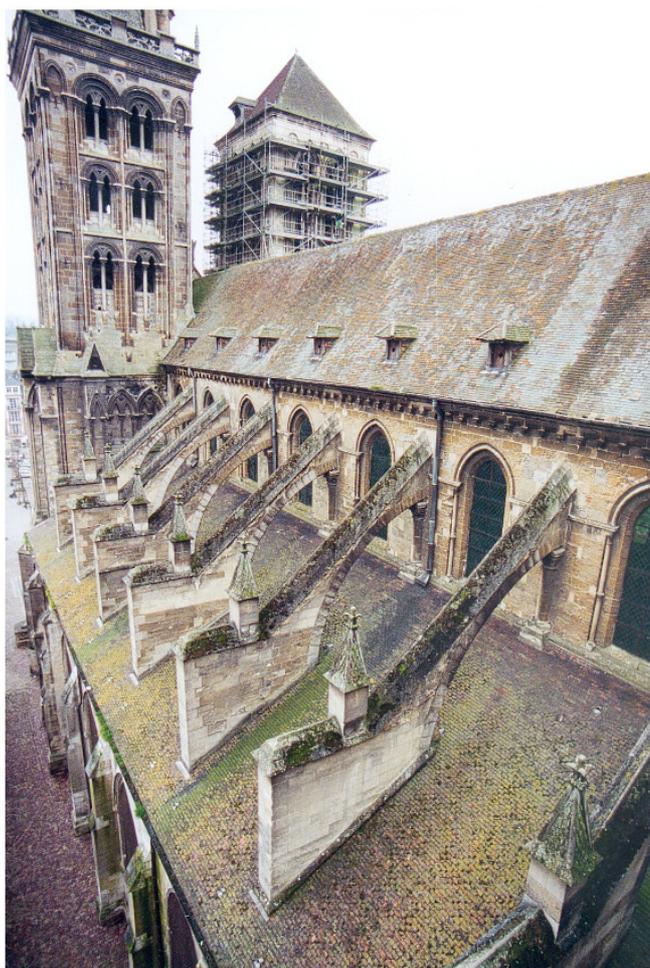


Fig. 4 Elévation nord du choeur



Fig. 5 Coupe longitudinale ouest-est de la charpente de la nef et plan au niveau des entrails

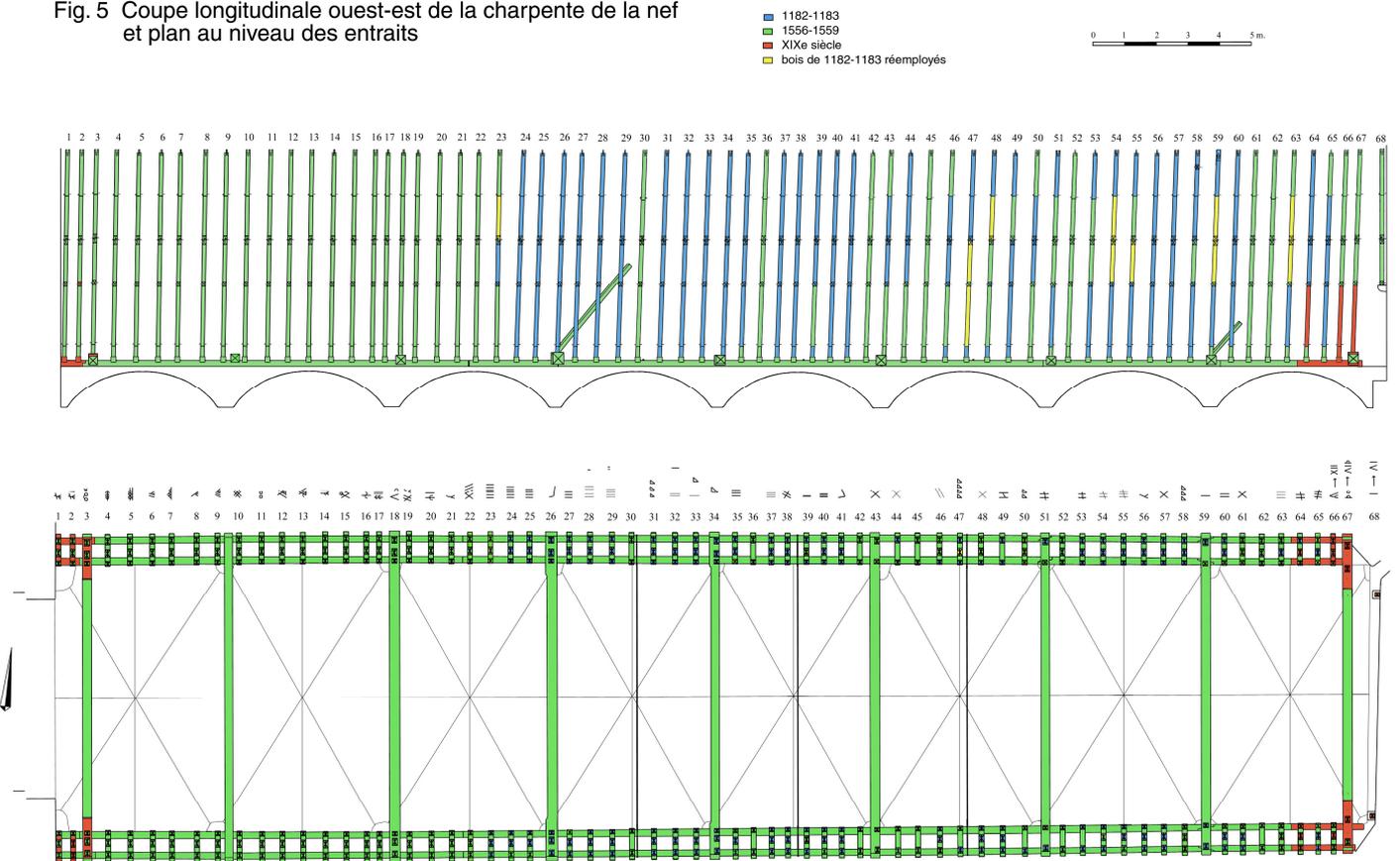


Fig. 6 Ferme secondaire de la nef

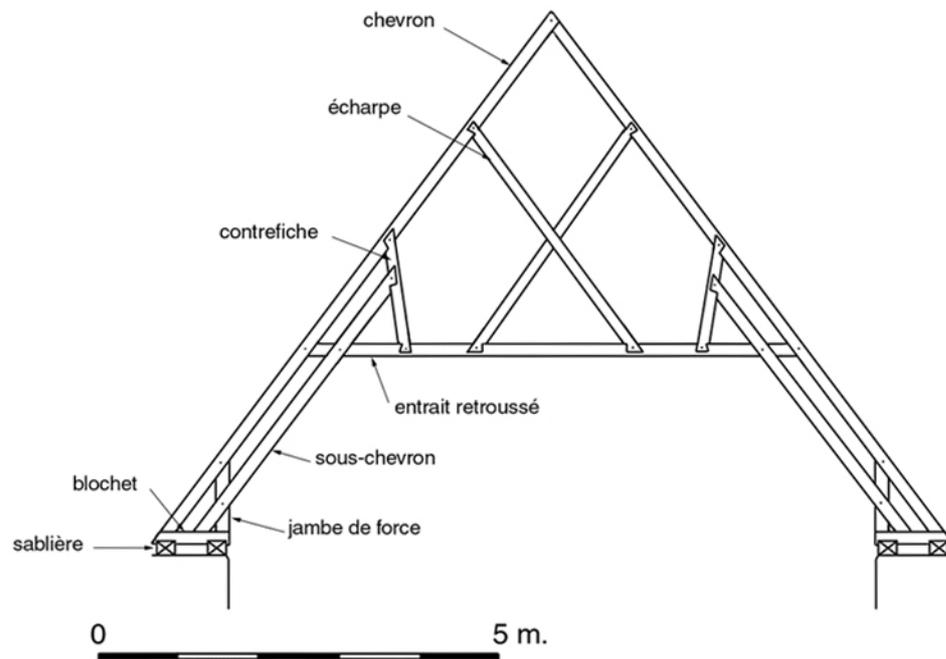
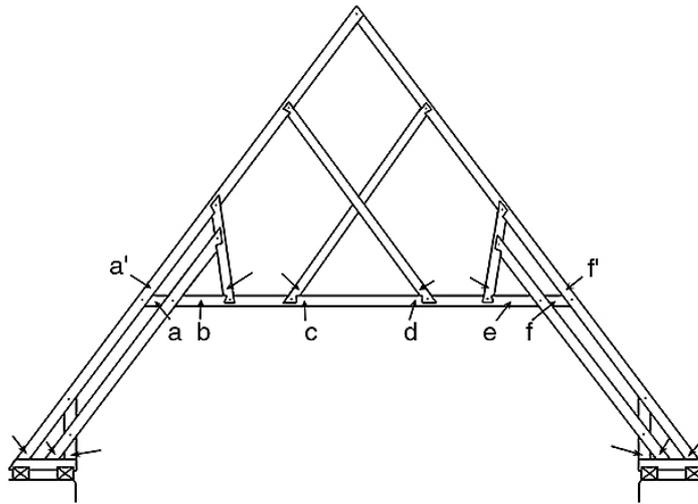


Fig. 7 Vue de la charpente de la nef, vers l'est



Fig. 8 Tableau des marques des fermes de la nef avec schéma de localisation



Ferme	Marque	Description	Chevron nord	Entrait retroussé						Chevron sud
			a'	a	b	c	d	e	f	f'
23		6 coups de ciseau			X					
24		5 coups de ciseau			X					
25		4 coups de ciseau			X					
26	└	Entailles au ciseau			X			X		
27		3 coups de ciseau			X					
28	'	1 coup de ciseau			X					
29	"	2 coups de ciseau		X						
31	ppp	3 encoches sur arête		X						
32		1 entaille d'assemblage au ciseau	X	X						
33	p	1 encoche sur arête		?	?	X	X	?		
34	p	1 encoche sur arête		X						
35		3 entailles au ciseau	X	X						
37		4 griffures au ciseau								
38	X	Rainette						X		
39		1 entaille au ciseau		X						
40		2 entailles au ciseau		X						
41	└	Entailles au ciseau							X	X
43	X	Entailles au ciseau								
44	X	Griffures au ciseau								
46	//	2 griffures au ciseau								
47	oooo	4 encoches au ciseau								
48	X	Griffures au ciseau			X					
49	H	Entailles au ciseau			X					
50	pp	2 encoches sur arêtes								
51	H	Entailles au ciseau								
53	H	Entailles au ciseau								
54	H	Griffures au ciseau			X					
55	H	Griffures au ciseau			X					
56	X	Rainette								
57	X	Rainette			X					
58	ppp	3 encoches sur arête								
59		1 entaille au ciseau								
60		1 entaille au ciseau	X	X				X		
61	X	Entailles au ciseau								
63		3 griffures au ciseau								
64	H	Entailles au ciseau							X	
65	H	Entailles au ciseau							X	

Blanc : absence de marque

Fig. 9 Vue des fermes de la nef contre la tour lanterne



Fig. 10 Coupe longitudinale sud-nord et plan au niveau des entrails de la charpente du croisillon nord

- 1203-1212 (première campagne)
- XVIe siècle
- XIXe siècle
- XIIIe siècle réemployé

0 5 m.

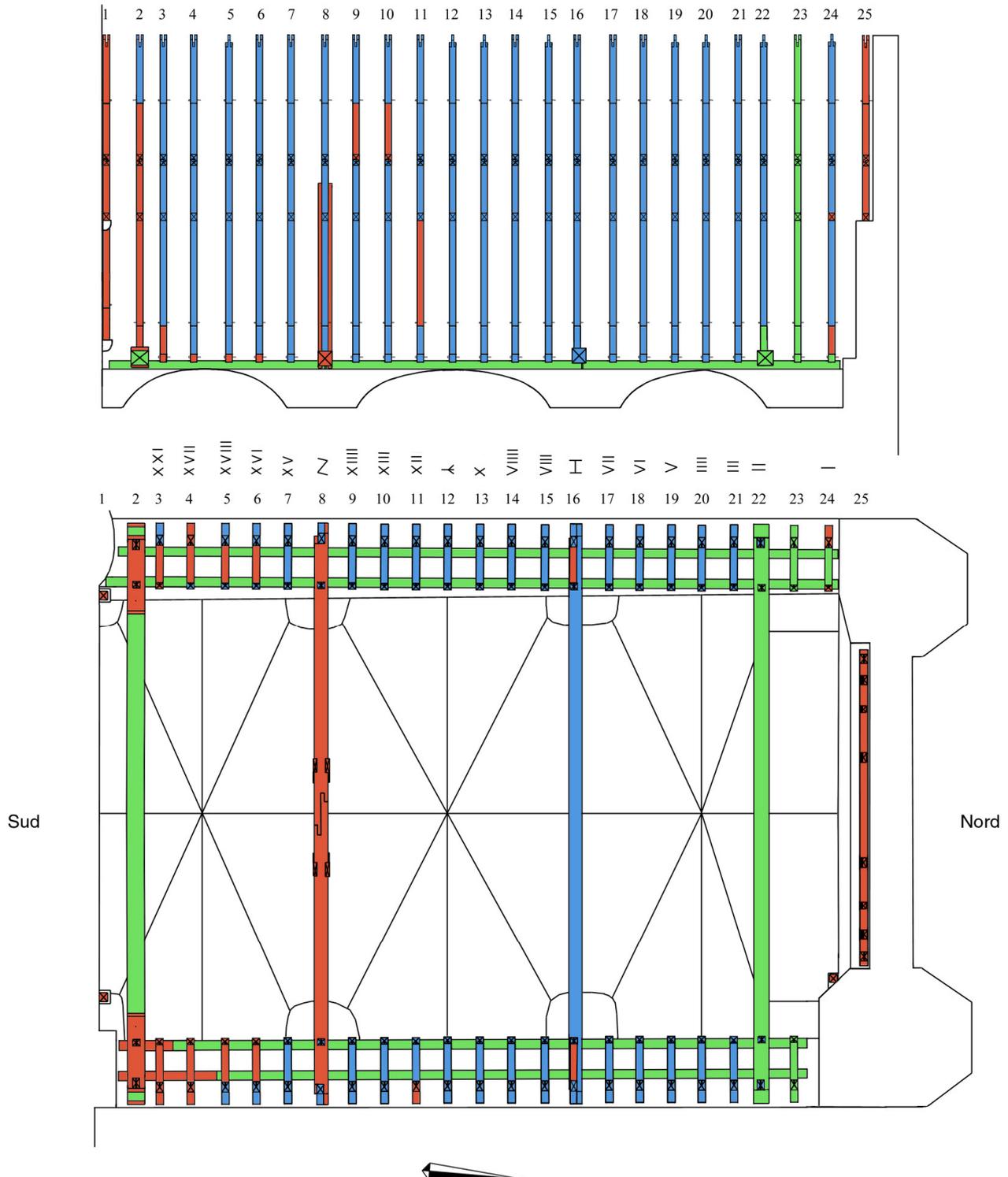


Fig. 11 Fermes du bras nord et vue de l'entrait de F16



Fig. 12 Fermes secondaire et principale du bras nord avec marques d'assemblage

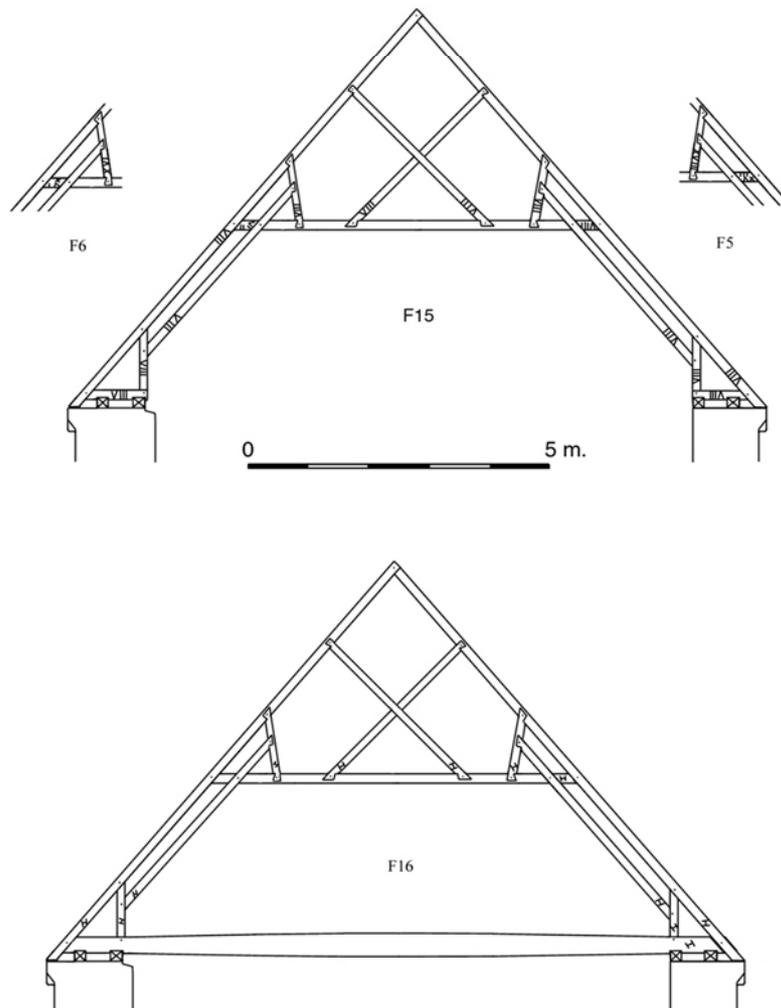


Fig. 13 Superposition des fermes des différents vaisseaux

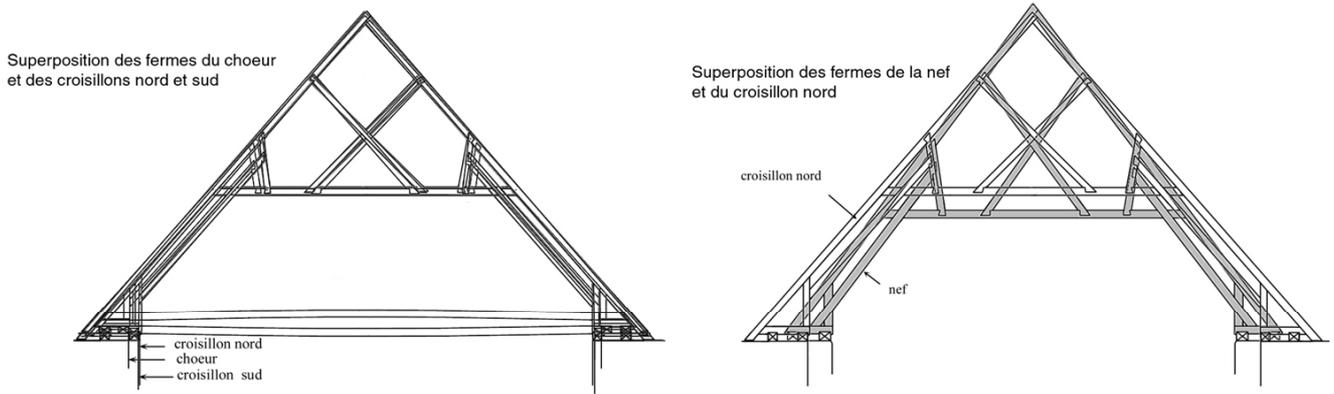


Fig. 14 Restitution des tracés régulateurs

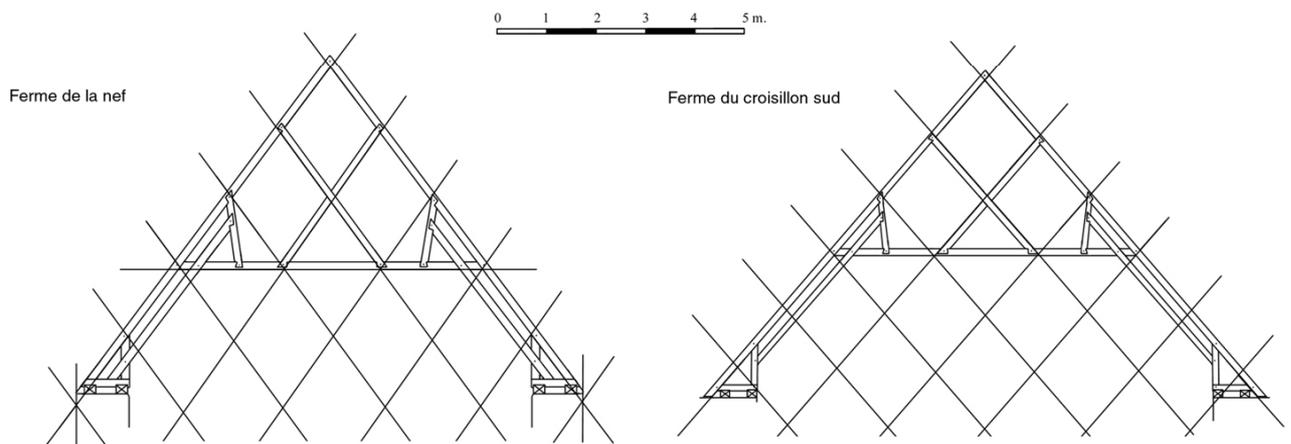
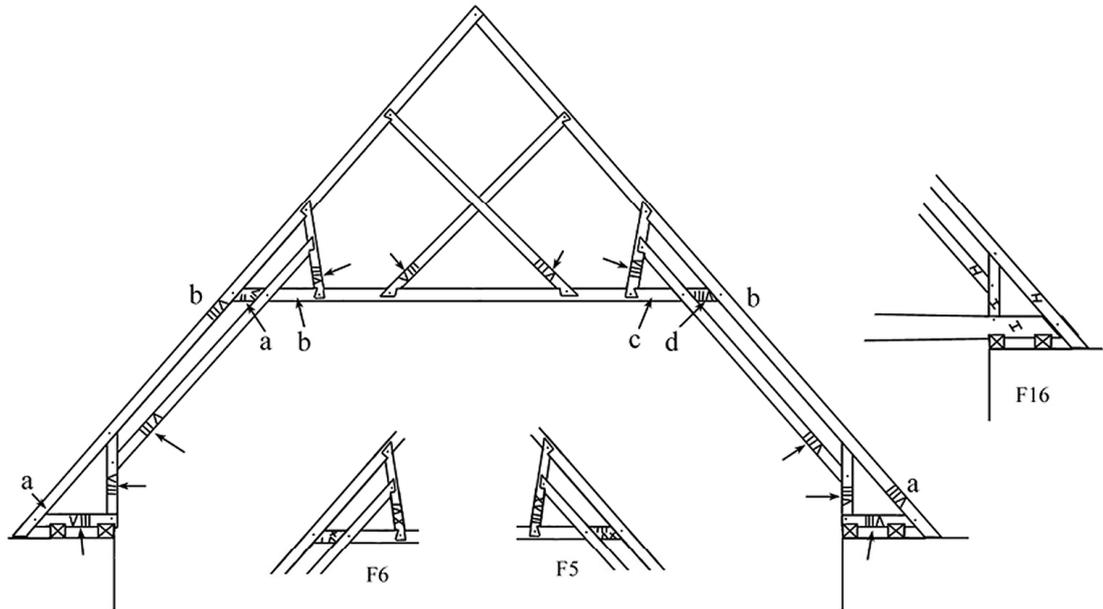


Fig. 15 Tableau des marques des fermes du bras nord avec schéma de localisation



Ferme	Marque	Entrait retroussé				Chevron ouest		Chevron est	
		a	b	c	d	a	b	a	b
1									
2									
3	XXI			X		X		/	
4	XVII			X		/		/	
5	XVIII					X		X	
6	XVI	X				X		X	
7	XV				X	X		X	
8	∩				X	X		X	
9	XIII				X	X		X	X
10	XIII	X			X	X	X	X	X
11	XII	X			X	X	X	X	
12	⋆		X	X		X	X	X	X
13	X		X	X		X	X	X	X
14	VIII				X	X		X	
15	VIII	X			X		X	X	
16	⊥	X			X	X		X	
17	VII				X			X	
18	VI	X			X	X	X	X	
19	V	X			X	X	X	X	X
20	III	X				X	X	X	
21	III		X		X	X	X	X	X
22	II	X			X		X		X
23									
24	I								
25									

Fig. 16 Coupe longitudinale sud-nord et plan au niveau des entrails du bras sud du transept

- 1203-1212 (seconde campagne)
- XVIe siècle
- XIXe siècle
- XIIIe siècle réemployé

0  5 m.

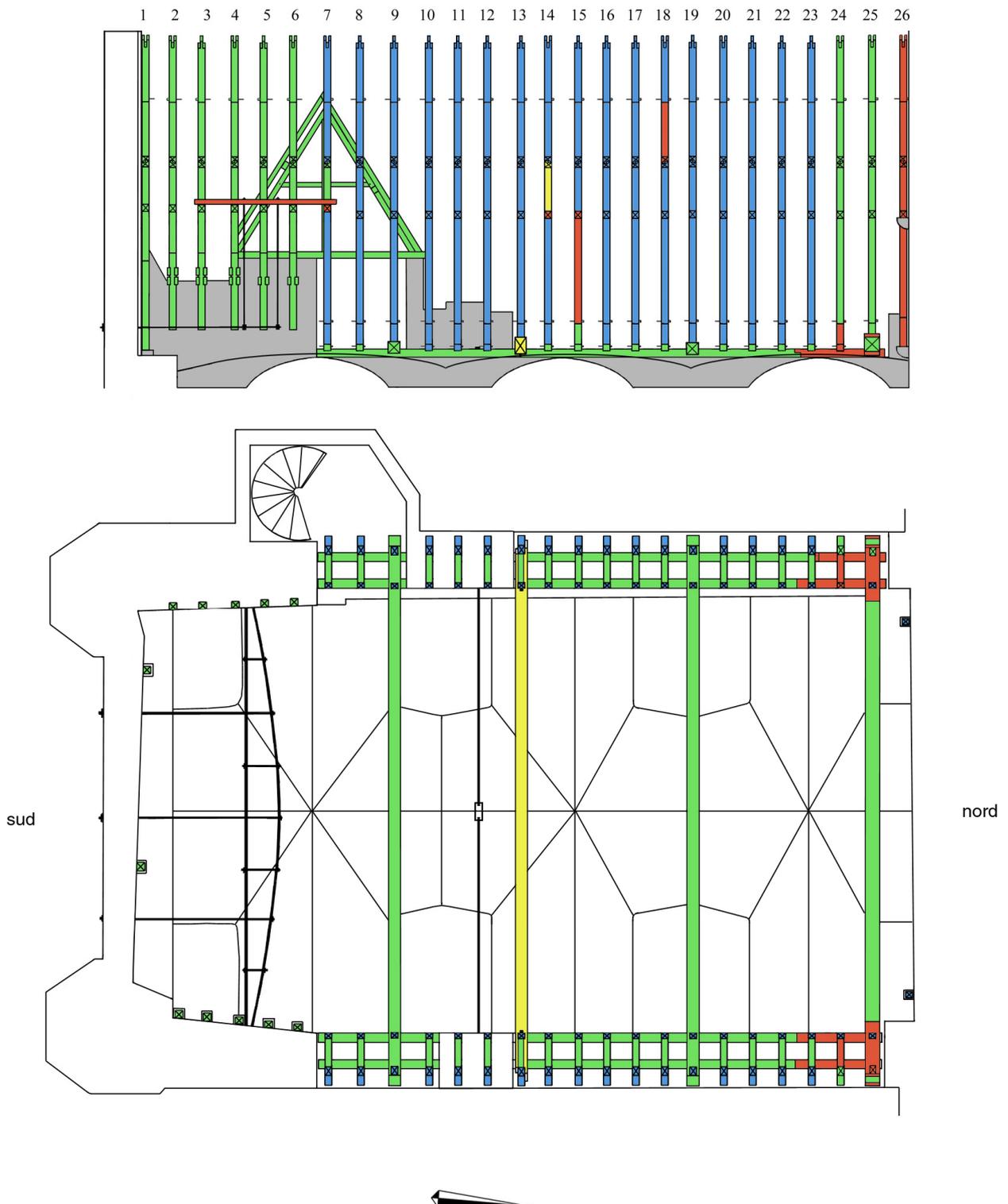


Fig. 17 Ferme secondaire du bras sud avec localisation des marques d'assemblage

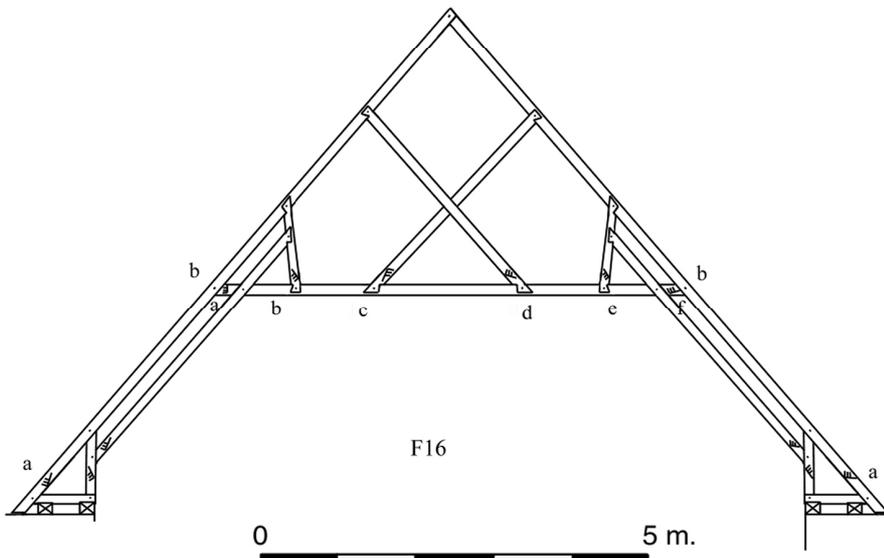


Fig. 18 Tableau des marques d'assemblage

Ferme	Marque	Outil	Entrait retroussé						Chevron ouest		Chevron est	
			a	b	c	d	e	f	a	b	a	b
7	///	Ciseau	■								■	
8	////	Ciseau										
9	⊥	Ciseau										
10	⊥	Ciseau										
11	⊥	Griffure ciseau							■	?	■	?
12	⊥	Grosse rainette										
13	⊥	Grosse rainette										
14	⊥	Grosse rainette	■									
15	⊥	Grosse rainette	■									
16	⊥	Grosse rainette										
17	⊥	Grosse rainette										
18	⊥	Grosse rainette										
19	⊥	Griffure ciseau										
20	⊥	Grosse rainette										
21	⊥	Grosse rainette							?		■	
22	⊥	Grosse rainette										
23	⊥	Grosse rainette							?			

Noir : bois remplacé  
 ? : bois gratté

Fig. 19 Coupe longitudinale ouest-est et plan au niveau des entrails de la charpente du chœur

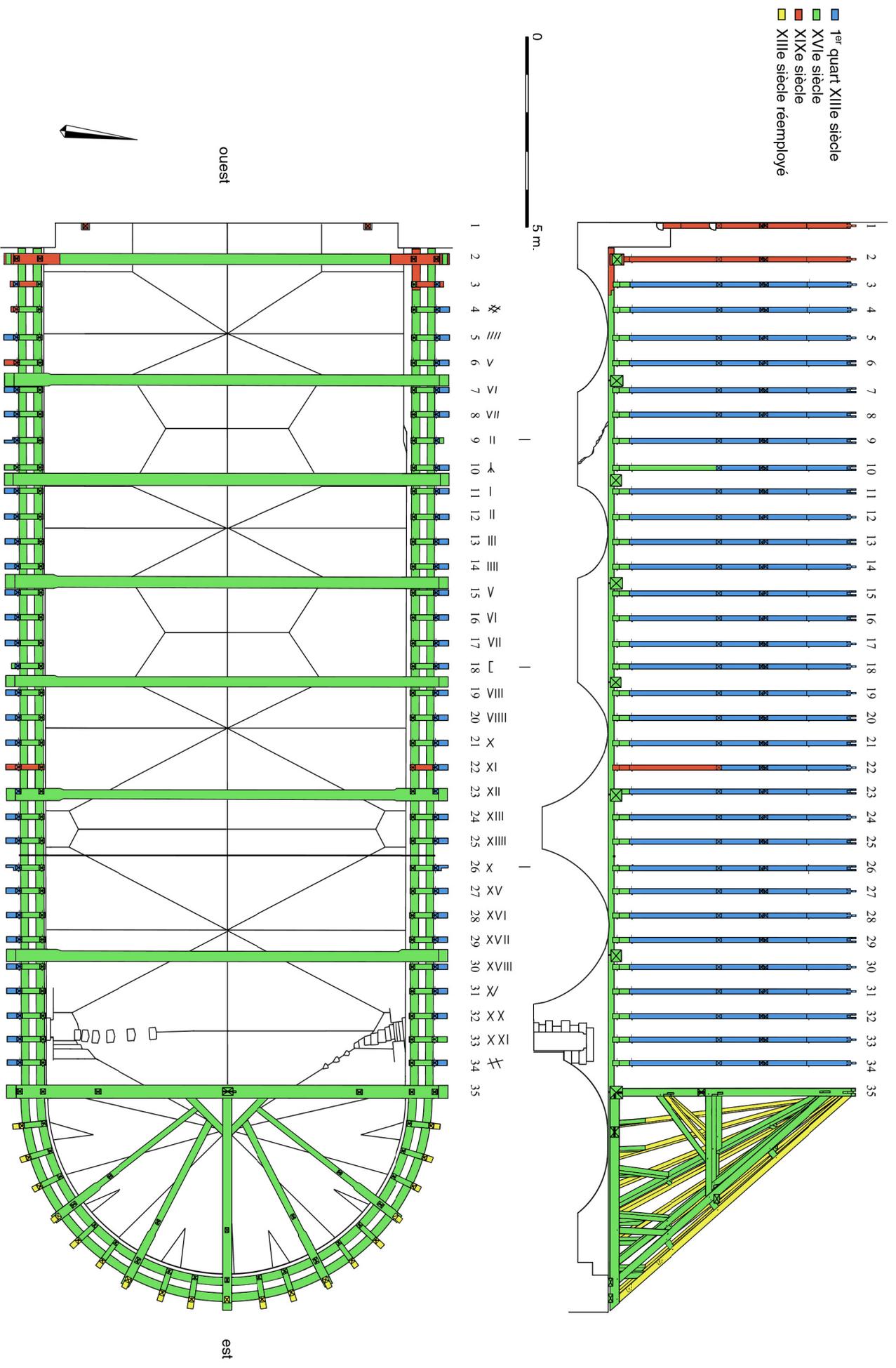


Fig. 21 Ferme secondaire du choeur avec localisation des marques d'assemblage

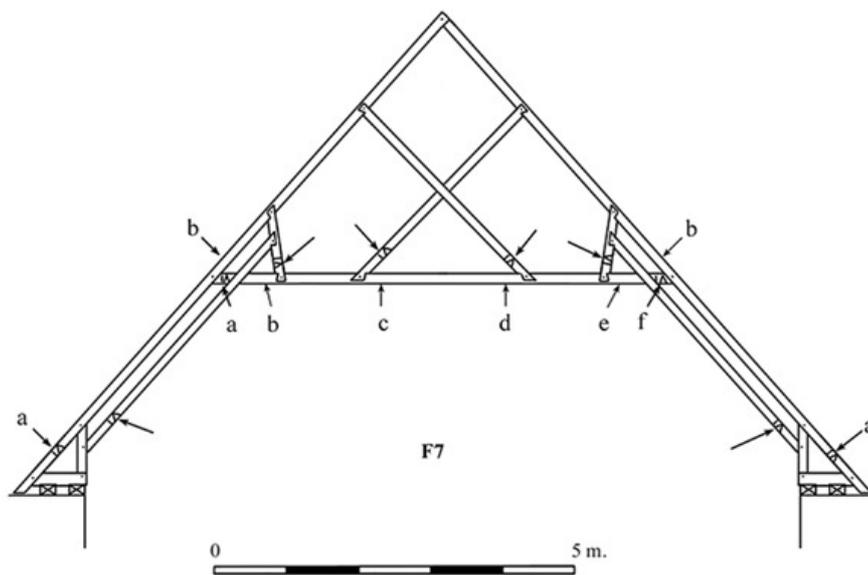


Fig. 20 Vue des fermes du choeur



Fig. 22 Tableau de marquage des fermes du chœur

Ferme	Marque	Entrait retroussé						Chevron nord		Chevron sud	
		a	b	c	d	e	f	a	b	a	b
3											
4	77		X				X	X		■	■
5	///		X				X			■	
6	V		X				X				
7	VI	X					X	X			
8	VII	X					X				
9	II		X				X				
10	^		X				X	X		■	■
11	↑		X				X				
12	II		X				X				
13	III		X				X				
14	IIII		X				X				
15	V	X					X	X			
16	VI		X				X				
17	VII		X				X				
18	┌		X				X				
19	VIII		X				X				
20	VIII		X				X				
21	X		X	X			X				
22	XI	■					X	X		■	■
23	XII		X				X				
24	XIII		X	X			X				
25	XIII		X				X				
26	X		X				X				
27	XV		X				X				
28	XVI		X				X				
29	XVII		X				X				
30	XVIII		X				X				
31	XV		X				X				
32	XX		X				X				
33	XXI		X				■	■			
34	77		X				X				

Fig. 23 Proposition de restitution de la ferme, des demi-fermes et des chevrons de croupe

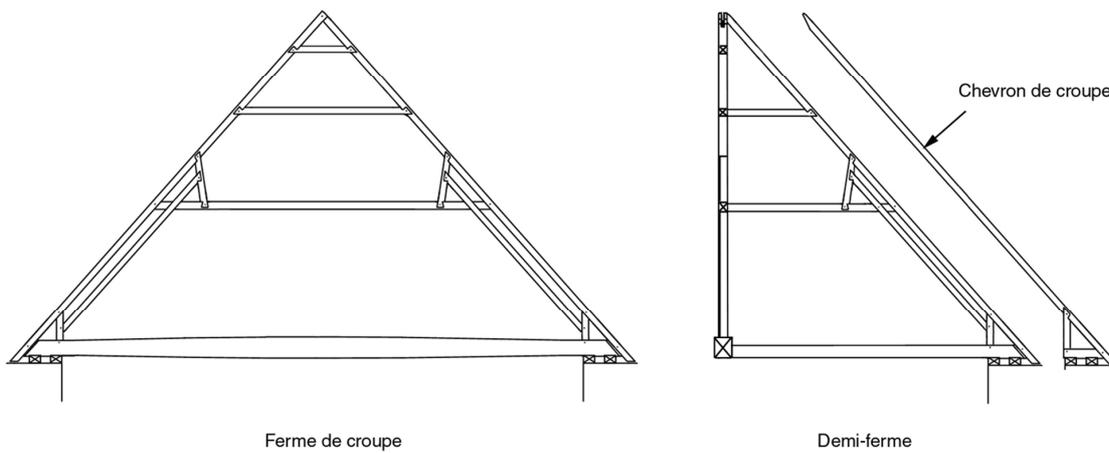


Fig. 24 Charpente de la chapelle nord du déambulatoire

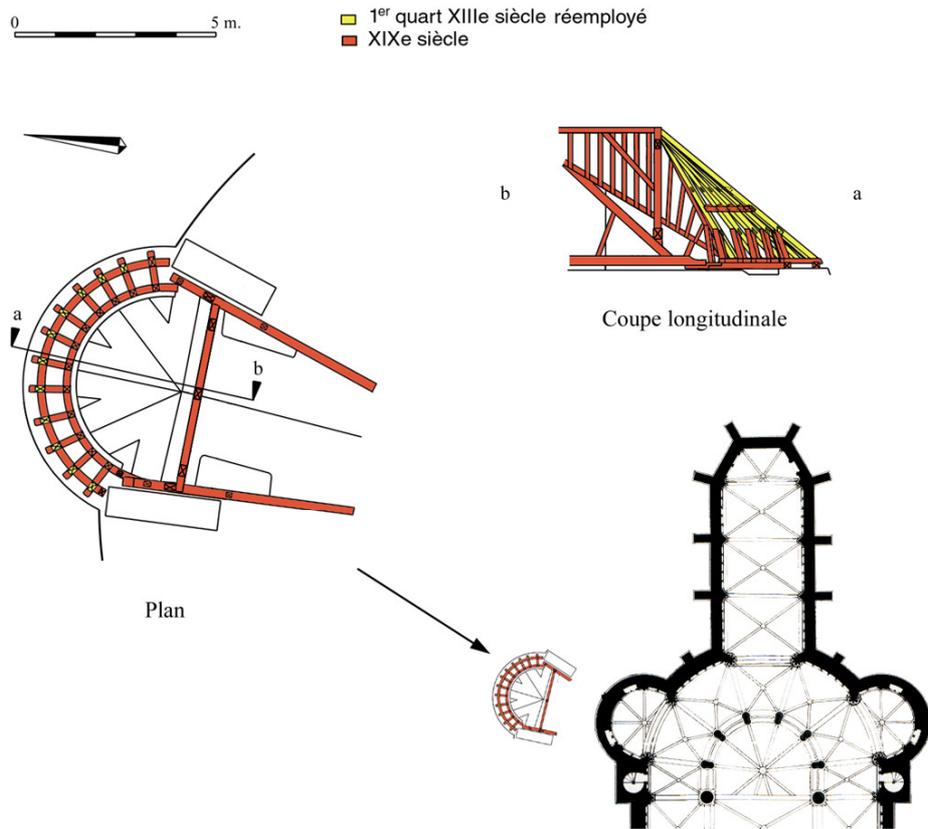


Fig. 25 Charpente de la chapelle nord

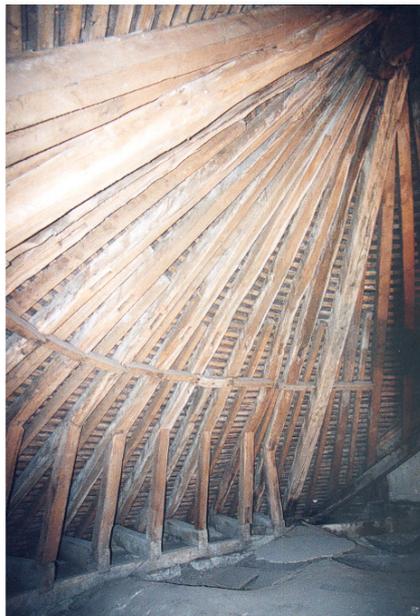


Fig. 26 Tuiles vernissées en réemploi dans les couvertures du croisillon nord



Fig. 28 Chevron de 1182-1183d réemployé au XVIe siècle



Fig. 27 Tuiles vernissées prises dans les maçonneries du XIIIe siècle de la tour lanterne

