



HAL
open science

Etude archéologique des charpentes et des couvertures de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux (Calvados)

Sylvain Aumard, Frédéric Epaud

► **To cite this version:**

Sylvain Aumard, Frédéric Epaud. Etude archéologique des charpentes et des couvertures de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux (Calvados). [Rapport de recherche] CNRS, CITERES-LAT; centre d'étude médiévale d'Auxerre. 2017. hal-01802123

HAL Id: hal-01802123

<https://hal.science/hal-01802123v1>

Submitted on 29 May 2018

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.

Lisieux (14)

Cathédrale Saint-Pierre

Étude archéologique des charpentes et des couvertures



Rapport d'étude archéologique

commandité par la DRAC Normandie – Service régional de l'Archéologie
autorisation : 28-2016-017

par Sylvain Aumard et Frédéric Épaud (CNRS)

*avec les collaborations de
Xavier d'Aire (CEM) et Christophe Perrault (CEDRE)*

Centre d'études médiévales Saint-Germain

2016

SOMMAIRE

* Fiche signalétique.....	p. 2
* Générique de l'opération.....	p. 3
* Localisation du site.....	p. 4
* Extrait cadastral.....	p. 5
* Autorisation de fouille.....	p. 6
* Avis de la CIRA.....	p. 8
* Résultats.....	p. 9
1 – Partie introductive (F. Épaud, S. Aumard)	
1.1 – Le contexte architectural et les recherches antérieures.....	p. 10
1.2 – Charpentes et couvertures : les acquis avant 2016.....	p. 13
1.3 – Problématiques et circonstances de l'étude.....	p. 15
1.4 – Proposition d'étude : descriptif et moyens mis en oeuvre.....	p. 17
2 – La charpente du déambulatoire (F. Épaud)	
2.1 – Le comble : dispositions générales (SA, FE).....	p. 21
2.2 – La charpente.....	p. 21
2.3 – Les réemplois.....	p. 36
2.4 – Les réemplois non datés.....	p. 57
2.5 – Synthèse.....	p. 66
3 – Les couvertures anciennes (S. Aumard)	
3.1 – Protocole d'observation.....	p. 70
3.2 – Le potentiel archéologique.....	p. 74
3.3 – Les espaces à fort potentiel.....	p. 95
3.4 – Synthèse sur le potentiel des couvertures.....	p. 98
3.5 – Perspectives et recommandations.....	p. 104
4 – Conclusions et perspectives.....	p. 107
5 – Bibliographie.....	p. 109
6 – Glossaire simplifié.....	p. 111
7 – Table des illustrations.....	p. 112
8 – Annexes.....	p. 115
- Documentation à la Médiathèque de l'architecture et du Patrimoine (Charenton-le-P.)	
- Rapport d'analyses dendrochronologiques (C. Perrault – CEDRE)	

Fiche signalétique

Région : Normandie

Département : Calvados (14)

Commune : Lisieux

Lieu-dit : cathédrale Saint-Pierre

Site n° / EA : 14 / 366 / 0066

Références cadastrales : année 2014, section AO, parcelles 352

Coordonnées Lambert 93 : X = 497708,78 ; Y = 6897640,63

Protection de l'immeuble : classé MH (liste de 1840)

N° arrêté de désignation du responsable scientifique de l'opération : 28-2016-017

Code opération Patriarche : 163802

Superficie de l'étude : 3000 m²

Nom et adresse du propriétaire du terrain : Mairie, 21 Rue Henry Chéron, 14100 Lisieux

Nom et adresse de l'opérateur en archéologie : Centre d'études médiévales – 3, place du Coche-d'Eau – 89000 Auxerre

Nom du responsable scientifique de l'étude : S. Aumard, associé UMR 9862 ARTeHIS (Dijon)

Nom du co-responsable scientifique : F. Épaud, CNRS, UMR 7324 CITERES (Tours)

Dates d'intervention : du 23 au 27 mai 2016

Mots-clés chronologie : Moyen Âge, Époque moderne

Mots-clés interprétation : charpente, couverture, tuile, collatéraux

Générique de l'opération

Intervenants administratifs : BONNERUE Pierre (CEM) ; LAINE Corinne (CEM) ; DRAC Normandie

Préparation et suivi de l'opération : AUMARD Sylvain (CEM)

Intervenants financiers : DRAC Normandie

Composition de l'équipe d'étude : AUMARD Sylvain (CEM - archéologie) ; ÉPAUD Frédéric (CNRS – archéologie) ; D'AIRE Xavier (CEM – relevés archéologiques) ; PERRAULT Christophe (CEDRE - dendrochronologie)

Rédaction du rapport : AUMARD Sylvain (CEM - archéologie) ; ÉPAUD Frédéric (CNRS – archéologie) ; D'AIRE Xavier (CEM - infographie) ; PERRAULT Christophe (CEDRE - dendrochronologie)

Etat du mobilier : néant

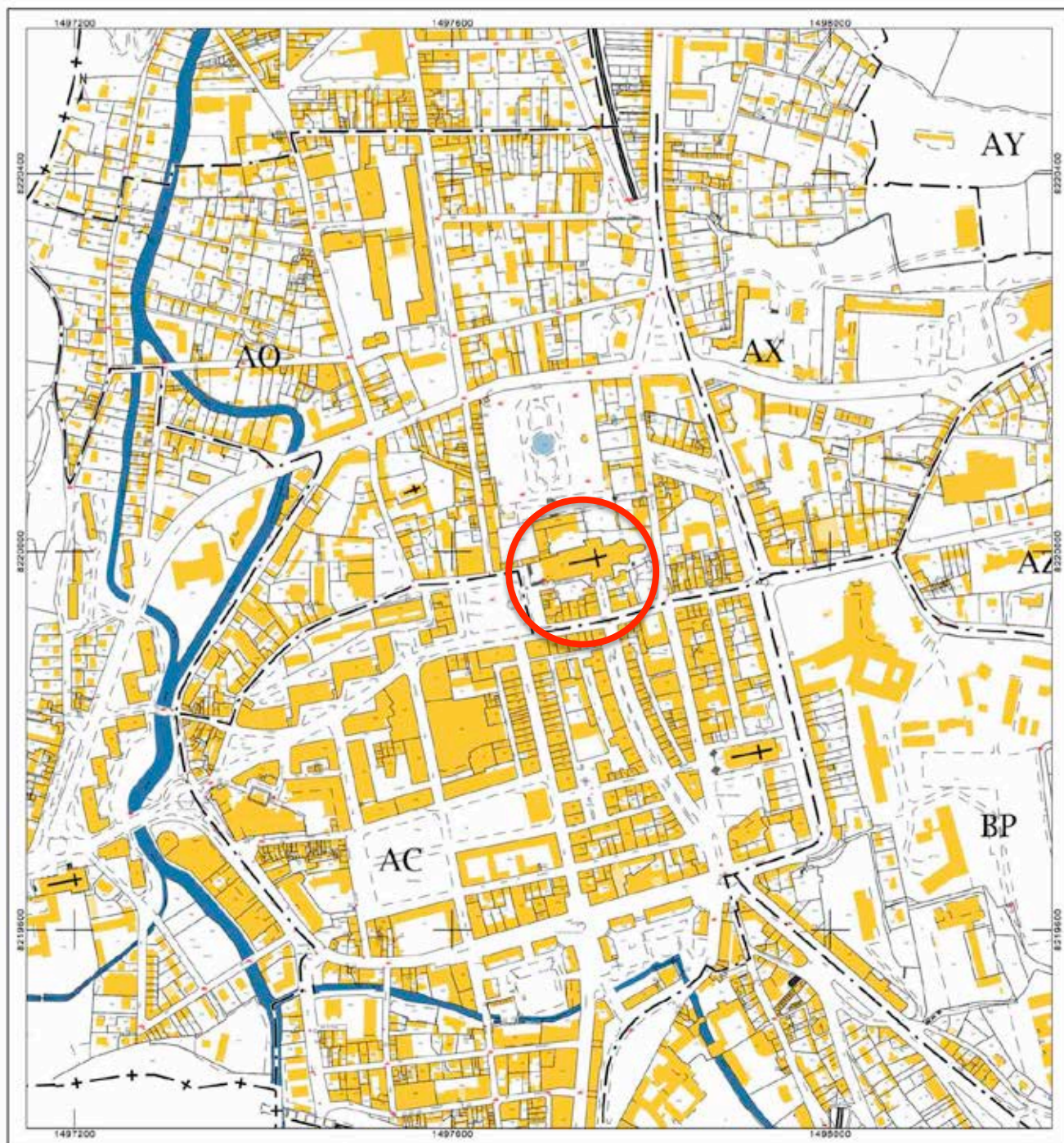
Document Final d'Opération :

Nombre de volume : 1

Nombre de pages : 114 p. (+ 27 p. d'annexes)

Localisation du site





Localisation du site sur matrice cadastrale (source : cadastre.gov)

Autorisation de fouille



Arrêté n° 28-2016-017 du - 4 AVR. 2016
portant autorisation de sondage,

code opération : 163802

La Préfète ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté du 04 janvier 2016 portant délégation de signature générale d'activités de la préfète de région au directeur régional des affaires culturelles de Normandie ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PGR282016000017, de demande d'opération archéologique arrivé le 7 mars 2016 ;

Vu l'avis de la Commission interrégionale de la recherche archéologique Commission Ouest en date des 22 & 23 mars 2016 ;

ARRÊTE

Article 1 - Monsieur **Sylvain AUMARD** est autorisé, en qualité de responsable scientifique, à conduire une opération de sondages à partir de la date de notification du présent arrêté jusqu'au 31 décembre 2016, sis en :

RÉGION : NORMANDIE

- DEPARTEMENT : CALVADOS
- COMMUNE : LISIEUX
- Lieudit ou adresse : cathédrale Saint-Pierre
- Cadastre : Année : 2014, Section : AO, Parcelle(s) : 352

Programme de recherche : 23 - Établissements religieux et nécropoles depuis la fin de l'Antiquité.

Article 2 - prescriptions générales

Les recherches sont effectuées sous la surveillance du conservateur régional de l'archéologie territorialement compétent et conformément aux prescriptions imposées pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

Le responsable scientifique de l'opération informe régulièrement le conservateur régional de l'archéologie de ses travaux et découvertes. Il lui signale immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier. Il revient au préfet de région de statuer sur les mesures définitives à prendre à l'égard des découvertes.

À la fin de l'année civile, le responsable scientifique de l'opération adresse au conservateur régional de l'archéologie, en quatre exemplaires papier plus un exemplaire au format pdf, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes et des photographies nécessaires à la compréhension du texte. L'inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli est annexé au rapport d'opération. Il signale les objets d'importance notable. Il indique les études complémentaires envisagées et, le cas échéant, le délai prévu pour la publication.

Article 3 - destination du matériel archéologique découvert

Le responsable prend les dispositions nécessaires à la sécurité des objets mobiliers. Le mobilier archéologique est mis en état pour étude, classé, marqué et inventorié. Son conditionnement est adapté par type de matériaux et organisé en fonction des unités d'enregistrement. Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel

archéologique découvert au cours de l'opération sont fixés conformément aux dispositions légales et réglementaires et aux termes des conventions passées avec les propriétaires des terrains concernés.

Article 4 - versement des archives de fouilles

L'intégralité des archives accompagnée d'une notice explicitant son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part du responsable de l'opération d'un versement unique. Ce versement est détaillé sur un bordereau récapitulatif établi par le responsable de l'opération, dont le visa par le préfet de région vaut acceptation et décharge. Le lieu de conservation est désigné par le préfet de région.

Article 5 - prescriptions particulières

Néant

Article 6 - Le directeur régional des Affaires culturelles est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à Monsieur Sylvain AUMARD .

Fait à CAEN, le - 4 AVR. 2016

Pour la préfète de la région Normandie,
Préfète de la Seine-Maritime,
et par délégation,
Le directeur régional des Affaires culturelles


Jean-Paul OLLIVIER

Avis de la CIRA

Région : Normandie	Département : Calvados
Commune : Lisieux - cathédrale Saint Pierre	Type et durée de l'opération : SD
Libellé de l'opération :	Responsable scientifique : S. Aumard (coll)
Rapporteur : Y. Henigfeld	Expert extérieur :
Chronologie : Moyen Age	Programme :

Présentation du projet

Déposée par Sylvain Aumard, archéologue au Centre d'Études médiévales d'Auxerre, cette demande s'inscrit dans le cadre d'un projet de restauration des toitures et du grand comble de la cathédrale de Lisieux (Calvados).

Succédant à un premier édifice du XI^e s., la cathédrale Saint-Pierre est construite entre 1140 et 1210. Elle constitue un des plus célèbres monuments du premier âge gothique normand. Remarquablement bien conservées, les charpentes du XII^e siècle ont fait l'objet d'une première étude dans le cadre d'une thèse de doctorat menée par F. Épaud au début des années 2000. Outre la mise en évidence de spécificités dans les techniques de charpenterie, l'étude a permis de préciser le déroulement du chantier depuis la nef (bois abattus à l'automne hiver 1182-1183) jusqu'au chevet (entre 1200 et 1206). En marge de ces recherches, des tuiles médiévales ont été reconnues en position de rempli dans les maçonneries du comble et dans la couverture du transept nord. Partiellement glaçurées, elles font plus de 30 cm de longueur et sont pourvues d'un système de fixation original caractérisé par la présence de perforations destinées au logement de chevilles en bois. Daté de façon imprécise, ce type de matériau de couverture est attesté en Île-de-France, Bourgogne et Franche-Comté du XII^e au XV^e s. En Bourgogne du nord, des produits aux dimensions comparables sont attribués aux XII^e-XIII^e s.

Bien qu'en grande partie étudiée, les charpentes de Lisieux restent en partie inexplorées (ou inaccessibles) en particulier au niveau des versants du grand comble, des collatéraux de la nef et du transept et du déambulatoire.

Or le projet de restauration prévoyant, dans un premier temps, une réfection des charpentes et des couvertures du déambulatoire et dans un second temps, du grand comble, offre l'opportunité de compléter les observations réalisées au début des années 2000 et d'étudier les tuiles médiévales, qu'il est prévu de replacer ensuite à des fins de conservation sur la charpente de la chapelle axiale.

Le dossier accompagnant la demande présentée par Sylvain Aumard au nom du CEM est clair et bien articulé. Il est composé de 3 parties respectivement consacrées à la présentation du monument et des recherches menées sur l'édifice, à la problématique et aux circonstances de l'étude, puis au projet d'intervention et aux moyens mis en œuvre.

Ce dernier prévoit notamment un examen des charpentes et une série de relevés, des prélèvements d'échantillons pour datations dendrochronologiques, ainsi qu'une étude précise des tuiles médiévales.

Pour mener à bien ce travail demandé par la CRMH, le CEM propose de mettre à disposition un archéologue spécialisé dans les couvertures et charpentes médiévales (Sylvain Aumard) et un dessinateur rompu à ce type d'exercice (Xavier d'Aire). Les 2 salariés interviendraient de conserve avec F. Épaud (CNRS) qui serait partie prenante dans l'étude des remplois de charpente et participerait au rapport de fouille. Il est d'ailleurs présenté dans la demande comme co-responsable de l'opération. La datation des bois de charpente serait, quant à elle, confiée à C. Perrault (CEDRE-Besançon)

La demande de subventions adressée au Ministère de la Culture (DRAC/CRMH) s'élève à 12 744,34 €, répartis entre frais de fonctionnement, de personnels et analyses.

Avis du rapporteur
Lecture de l'avis du CRA
Débat scientifique

Avis de la CIRA

Présentée dans un dossier bien argumenté, cette demande qui s'inscrit dans le cadre d'un projet de restauration des toitures et du grand comble de la cathédrale de Lisieux paraît parfaitement justifiée. Elle offrirait l'opportunité de compléter l'étude des charpentes entreprise au début des années 2000 tout en offrant un éclairage précieux sur un type de matériaux de couverture en terre cuite qui reste en grande partie méconnu. Compte tenu de l'intérêt de ce projet, de la qualité du dossier et du profil du demandeur qui présente toutes les compétences requises pour mener à bien cette étude, la Commission émet un avis très favorable à la mise en œuvre de cette opération.

Résultats

Édifiée entre les années 1140 et 1210, la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux est un monument insigne du premier âge gothique normand marqué par le style francilien. Les charpentes du grand comble conservent l'essentiel de leurs dispositions d'origine dont les datations ont été confirmées au début des années 2000, après une première série de relevés par le Centre de recherches sur les monuments historiques vers 1944.

Bien que les investigations aient révélé ces ouvrages comme un des ensembles du XIIe siècle les mieux conservés de France, d'importantes zones d'ombre subsistent à propos des collatéraux et du déambulatoire dont les états médiévaux ont été considérablement remaniés, voire remplacés. D'une manière générale, la question des couvertures n'est pas en reste, car la mise évidence de plusieurs tuiles médiévales montre la possibilité d'interroger les revêtements reçus par les toitures. Ces deux aspects du chantier, la charpente et la couverture, éclairent non seulement la connaissance propre du monument, mais aussi une période clé dans l'évolution des toitures. En amont de futures restaurations et à la demande conjointe de la Conservation régionale des Monuments historiques et du Service régional de l'Archéologie, ces questions ont été reprises dans de nouvelles perspectives.

Le comble du déambulatoire a fait l'objet d'une exploration systématique afin de reconnaître les bois en emploi et les dispositions initiales des charpentes (typologie, tracéologie, dendrochronologie) pour lesquelles il n'existe que très peu de parallèles bien documentés. Selon toute vraisemblance, cet espace est coiffé vers 1218 par un système mixte associant une structure à demi-fermes et pannes au niveau des travées droites et une structure à chevrons formant fermes au niveau du rond-point. L'ensemble connaît ensuite plusieurs phases de modification d'abord en 1380, puis entre 1437 et 1442, avant d'être reconstruit vers 1763.

En outre, la totalité des couvertures hautes et basses a été examinée dans le but d'évaluer leur potentiel en tuiles médiévales afin d'envisager des mesures d'étude et de conservation aux cours des restaurations futures. Si le chœur paraît en conserver de petites quantités, la nef et le transept nord en regroupent assurément les plus fortes concentrations, avec plusieurs milliers de spécimens. Il s'agit pour l'essentiel de tuiles sans crochet munies de deux perforations recevant des chevilles en bois. Des traces de glaçure aux coloris jaune, brun-rouge ou vert-noir montrent qu'elles pouvaient composer une couverture polychrome. Quelques tuiles à crochet anciennes pourraient également faire partie de ce corpus médiéval, mais seule une étude typologique poussée permettrait de connaître véritablement les caractéristiques morphologiques de cet ensemble qu'il conviendra également de soumettre à des analyses archéométriques notamment pour connaître leur période de production. Avant que puissent voir le jour de tels résultats, on est maintenant parfaitement assuré de l'importance du potentiel archéologique des toitures de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux, que l'on peut désormais considérer comme un observatoire privilégié pour la connaissance des charpentes et de leur revêtement à l'aube de la période gothique.

1 – Partie introductive

1.1 – Le contexte architectural et les recherches antérieures

Le plan de la cathédrale gothique reprend vraisemblablement celui de la cathédrale romane, achevée sous l'épiscopat d'Hugues d'Eu (1050-1070), avec un massif occidental à deux tours, une tour-lanterne sur la croisée du transept et un chœur à déambulatoire doté de chapelles rayonnantes, à l'image d'autres églises normandes des années 1060-1070.

Reconstruite probablement sur ses fondations romanes, la cathédrale Saint-Pierre a été érigée en deux campagnes successives dont la première, réalisée dans le premier style gothique français, au début de l'épiscopat de Arnoult (1141-1182), a concerné la nef, le transept et la partie occidentale du chœur. La seconde campagne, de style gothique normand, a porté sur les dernières travées orientales du chevet et sur la façade occidentale dans le premier tiers du XIII^e siècle (ill. 1, 2).

L'attribution de la reconstruction de la cathédrale à l'évêque Arnoult est confirmée par plusieurs documents relatant d'importants travaux sous son épiscopat¹ et sous celui de Robert de Torigni dans un texte reconnaissant le mérite de cet évêque d'avoir réédifié la cathédrale². D'après une première série d'analyses dendrochronologiques réalisées par le laboratoire de Rennes en 2001, les charpentes auraient été achevées entre les années 1180 et 1210. Nous reviendrons plus loin sur ces datations au regard des derniers prélèvements effectués par le CEDRE pour les besoins de cette étude.

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

Si cette première campagne semble homogène architecturalement, on distingue toutefois deux phases qui se démarquent par l'usage de certaines pierres calcaires. En effet, la construction du transept, des deux travées ouest du chœur, de la tour lanterne et de leur voûtement utilise en abondance un calcaire foncé qui est absent dans les maçonneries de la

1 Textes rapportés par G. Huard, *La cathédrale de Lisieux aux XI^e et XIII^e siècles*, in : G. Huard, V. Lahaye, J. Lesquier, *Études Lexoviennes*, Caen et Paris, 1919, t. 2, p. 1-36.

2 *Chronique de Robert de Torigni, abbé du Mont-Saint-Michel*, Éd. L. Delisle, Rouen, Le Brument, 1873, t. II, p. 107.

nef. Il se retrouve aussi dans les dernières travées du chœur de la seconde campagne, mais uniquement de façon résiduelle. D'après la répartition de ce calcaire foncé, la tour lanterne a bien été élevée avec le transept, et non pas après l'achèvement du chœur comme le suggéraient certaines hypothèses³. En effet, cette phase de construction comprend les deux travées ouest du chœur pour assurer le contrebutement de la tour lanterne, avec à la croisée deux puissants piliers orientaux pour la supporter. Il est intéressant de constater que les deux piliers ouest de la croisée, construits avec la nef, sont plus faibles et qu'ils ont été réaménagés lors des travaux du transept. Ils étaient vraisemblablement prévus lors de la première phase pour une voûte de croisée selon le style d'Ile-de-France. Malgré les dimensions réduites de la tour-lanterne, ces piliers ne supportèrent pas son poids et il fallut les reprendre en sous-œuvre d'abord au XVe siècle puis au XIXe siècle⁴.

L'achèvement de cette campagne est marqué dans les maçonneries du chœur, au niveau de la deuxième travée par une rupture d'appareillage qui s'observe parfaitement dans le comble du déambulatoire (ill. 5) jusque dans le haut comble. La poursuite du chantier sur le chœur oriental a été réalisée sous la conduite d'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 de grandes arcades sur des piles rondes similaires, surmontées d'un niveau de fausses-tribunes, non plus ouvertes sur le comble du déambulatoire mais closes d'un mur mince avec triforium uniquement sur l'abside, et un troisième niveau de fenêtres hautes, avec des voûtes barlongues quadripartites épaulées par des arcs boutants d'une seule volée. Le style normand se manifeste ici par la modénature avec notamment des chapiteaux au tailloir circulaire à la retombée des voûtes, par la présence de tourelles d'escalier à la naissance du rond-point, un mur épais sur le rond-point caractérisé par une galerie de circulation devant les fenêtres hautes et un 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 contre le mur de cloisonnement de ces baies aveugles.

3 A. Erlande-Brandenburg, La cathédrale de Lisieux. Les campagnes de construction, in : *132^e Congrès archéologique de France (Bessin et Pays d'Auge, 1974)*, Paris, Société Française d'Archéologie, 1978, p. 157.

4 C. Vasseur, *Études historiques et archéologiques sur la cathédrale de Lisieux*, Caen, 1881, p. 30-38.

Ces traits architecturaux très proches de ceux du chevet de Saint-Étienne 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. Ce changement de style peut être attribué à la nomination du nouvel évêque Jourdain du Hommet (1201-1218).

Le terme de cette campagne est marqué par la reprise du massif occidental et la construction des deux tours qui témoignent d'une plus grande maîtrise de la stylistique normande avec de longues lancettes à arcs aigus et une profusion décorative de quadrilobes et de rosaces taillés dans le nu du mur, relativement proches du bras sud du transept de Bayeux. Il convient de placer ce chantier et donc l'achèvement de la cathédrale gothique sous l'épiscopat de Guillaume de Pont-de-l'Arche (1218-1250). La tour nord conserve encore sa toiture d'origine avec une charpente à portique à quatre pans vraisemblablement du début du XIIIe siècle en attendant une datation dendrochronologique pour le confirmer. À noter que les charpentes de toiture de tour du XIIIe siècle sont rarissimes dans l'état actuel des connaissances.

Quelques modifications intervinrent aux siècles suivants avec l'adjonction de chapelles aux bas-côtés de la nef dans la première moitié du XIVe siècle, la consolidation des piliers de la croisée vers 1424⁵ et la reconstruction de la chapelle axiale du chœur vers 1435 par l'évêque Pierre Cauchon. Entre 1503 et 1506, le bras sud du transept fut renforcé par deux puissants contreforts sur la façade sud, réunis par une grande arcade et surmontés d'une galerie, et la voûte sud fut refaite. Les voûtes de la dernière travée du chœur et de l'abside ont également été reconstruites au XVe ou au XVIe siècle d'après leur clé en sautoir.

En 1554, la partie supérieure de la tour sud de la façade occidentale s'effondra, provoquant d'importants dégâts sur l'avant-nef et les quatre premières travées de la nef dont les voûtes furent refaites aussitôt après entre 1556 et 1559⁶. La reconstruction de la tour fut entreprise dans un style archaïsant imitant le gothique primitif et fut achevée dans les années 1588⁷. Malgré cet effondrement, le beffroi d'origine subsiste encore au second niveau de la tour avec une charpente conservée sur plus de 12 m d'élévation. Un échantillonnage

⁵ *Ibid.*, p. 36-37.

⁶ *Ibid.*, p. 59.

⁷ *Ibid.*, p. 72-73.

dendrochronologique très limité, réalisé cette année à titre exploratoire, tend à indiquer une datation pour le XIII^e siècle avec une reprise au cours du XV^e siècle, mais une véritable campagne d'analyse plus exhaustive est maintenant indispensable pour valider cette hypothèse⁸, d'autant plus que ce type de beffroi est extrêmement rare en France, seuls trois ouvrages de ces dimensions étant en effet connus pour cette période⁹.

D'importants travaux de restauration au XIX^e siècle affectèrent les différentes parties de l'édifice. Sur la façade, les portails latéraux, les voûtes sous les deux tours, la baie surmontant le portail central furent refaits entre 1840 et 1858, tout en assurant la consolidation des deux tours qui présentaient de nombreux désordres¹⁰. Entre 1840 et 1842, le bras sud du transept fut consolidé et de nombreux autres contreforts et arcs-boutants repris vers 1853-1856. Entre 1869 et 1874, les travaux de restauration se portèrent sur le chevet en de nombreux endroits. Enfin, vers la fin du XIX^e siècle, la tour-lanterne et sa voûte furent consolidées¹¹.

1.2 – Charpentes et couvertures : les acquis avant 2016

La cathédrale de Lisieux conserve presque la totalité de ses charpentes d'origine sur les grands vaisseaux de la nef, des deux bras du transept, du chœur. Cet exceptionnel état de conservation explique sans nul doute l'intérêt précoce du site pour les chercheurs et des historiens de la construction. Dès les années 1920-1930, les combles du monument semblent avoir été visités par l'architecte Henri Deneux qui fait plusieurs fois mention de ces ouvrages dans son article fondateur sur l'évolution des charpentes paru en 1927. Malgré la seconde Guerre mondiale, l'intérêt pour ces structures ne faiblit pas, puisque le Centre de recherches sur les Monuments historiques en réalise plusieurs relevés en 1944¹². Il faudra pourtant attendre le début des années 2000 pour que ces données fassent l'objet d'une étude archéologique globale et à part entière, complétée d'analyses dendrochronologiques, à l'occasion d'une thèse de doctorat sur les charpentes romanes et gothiques en

⁸ Une datation dendrochronologique repose en effet sur un minimum de 10 à 15 échantillons issus de bois contemporains et d'une structure supposée homogène. Datations suggérées par l'analyse des bois N et O.

⁹ Cathédrale de Bayeux, fin du XII^e siècle ; église abbatiale de Saint-Pierre de Chartres, fin du XII^e siècle et cathédrale de Bourges, 1270.

¹⁰ V. Hardy (abbé), *La cathédrale Saint-Pierre de Lisieux*, Paris, Louis Serbat, 1917, rééd. 1926 (Petites monographies des grands édifices de la France), p. 40 ; A. Erlande-Brandenburg, *op. cit.*, p. 170.

¹¹ *Ibid.*

¹² Anonyme, *Charpentes, XII^e s.*, Paris, Ministère de la Culture - CRMH, 1972, 39 p. (Albums du Centre de recherches sur les monuments historiques).

Normandie¹³. Intégrées au vaste corpus publié dans le cadre de la synthèse sur les charpentes du nord et de l'ouest de la France¹⁴, ces études se sont focalisées uniquement sur le grand comble, mais nullement sur les parties basses, nettement moins bien conservées.

Les analyses dendrochronologiques de 2001 ont non seulement confirmé la mise en oeuvre ancienne des parties hautes, mais elles ont également permis de préciser le déroulement du chantier, un peu atypique, commençant par la nef et se terminant par le chevet¹⁵ : abattage des bois en automne-hiver 1182-1183 pour la nef, entre 1192 et 1202 pour le bras nord du transept, entre 1199-1208 pour le bras sud et entre 1200 et 1206 pour le chœur. Elles ont également permis de restituer la place de ces ouvrages non contreventés dans l'évolution des techniques de charpenterie en mettant en exergue leurs originalités, d'une conception associant sous-chevrons, entrain retroussé, contrefiches et écharpes croisées (ill. 3). Faisant suite à des désordres structurels, toutes les charpentes du grand comble auraient été reprises au cours du XVI^e siècle, principalement au niveau leur assise (sablères et entrains). Elles conservent ainsi leurs dispositions d'origine et semblent avoir très peu soufferts de remaniements ultérieurs.

Jusqu'à présent, les combles des collatéraux (nef et transept), des chapelles et du déambulatoire ont fait l'objet d'une approche très limitée en raison des nombreuses modifications dont ils ont fait l'objet, notamment aux XVIII^e-XIX^e siècle. De nombreux remplois médiévaux épars sont issus des structures originelles disparues. Seul ouvrage reconnu en place, une série de chevrons du XII^e siècle a été étudiée dans le comble coiffant l'absidiole nord et figure parmi les rares ensembles à enrayure documentés à ce jour pour des périodes aussi anciennes¹⁶. Les premières analyses dendrochronologiques réalisées en 2001 sur ces bois laissaient envisager une réalisation entre 1196 et 1206.

¹³ Thèse soutenue en 2002 publiée sous le titre F. Épaud, *De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie*, Caen, Publications du CRAHM, 2007 p. 351-388 ; Id., Les charpentes des XII^e-XIII^e siècles de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux, *Mémoires de la Société des Antiquaires de Normandie*, 2006, XXXVIII, p. 67-103.

¹⁴ P. Hoffsummer (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle : typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Paris, Editions du Patrimoine, 2002, p. 179 ; Id., *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Grand Ouest de la France : typologie et évolution analyse de la documentation de la Médiathèque de l'architecture et du patrimoine*, Turnhout, Brepols, 2011, p. 100.

¹⁵ Beaucoup d'entreprises de cette importance commencent en général par le chœur et les espaces liturgiques associés.

¹⁶ F. Épaud, *op. cit.*, p. 387.

Parmi les autres structures charpentées d'origine, la cathédrale de Lisieux conserve vraisemblablement aussi le beffroi de la tour sud, la toiture de la tour nord et de la croisée (cf. supra).

En marges de ces recherches, des tuiles médiévales ont été mises en évidence, en remploi dans diverses maçonneries du comble et au sein de la couverture du transept nord (ill. 4). Il s'agit pour partie de productions caractérisées par un format important (plus de 30 cm de longueur), un pureau glaçuré et un système de fixation prévu pour des chevilles en bois (perforations larges). D'une manière générale, ces productions ne sont pas précisément datées car peu de recherches sont consacrées à l'évolution des matériaux de couverture. Toutefois, d'après des découvertes en Ile-de-France, Bourgogne et Franche-Comté, ce mode de fixation jalonne une grande partie du Moyen Âge, du XIIe au XVe siècle¹⁷. Des typologies aux dimensions semblables ont été datées des XIIe-XIIIe siècles en Bourgogne du Nord d'après un corpus important soumis à des analyses en laboratoire¹⁸.

1.3 – Problématiques et circonstances de l'étude

Bien que déjà étudiées en grande partie, les charpentes de la cathédrale de Lisieux suscitent toujours une attente forte de la communauté scientifique concernant en particulier les endroits demeurés jusqu'à présent inexplorés ou inaccessibles : structures des collatéraux de la nef et du transept, du déambulatoire et des chapelles ; tuiles remployées dans les couvertures ou stockées sur les reins de voûtes, etc. C'est pourquoi toute intervention en restauration sur ces parties fera inexorablement rejaillir de nouvelles données potentiellement palpables au moment des travaux. L'actualisation de ces connaissances doit nécessairement se faire dans la continuité des recherches antérieures et notamment avec les mêmes méthodes et protocoles scientifiques et, si possible, avec les mêmes acteurs. Elle bénéficie autant au chercheur qu'au restaurateur qui doit pouvoir compter sur une

¹⁷ Chapelot J., Chapelot O., Rieth B. (éd.), *Terres cuites architecturales médiévales et modernes en Ile-de-France et dans les régions voisines*, Caen, Publications du CRAHM, 2009, 454 p. notamment contribution de Y. Jeannin, N. Bonvalot, Terre cuite architecturale en Franche-Comté : un aperçu de la question, p. 355-384.

¹⁸ S. Aumard, *Les tuiles des monuments de l'Yonne : conservation et connaissance de la terre cuite architecturale médiévale*, rapport inédit de PNRCC du ministère de la Culture, Auxerre, CEM, 2010, 197 p. ; Id., *Approches archéologiques des couvertures*, in : C. Sapin (éd.), *Saint-Étienne d'Auxerre : la seconde vie d'une cathédrale*, Paris, Picard, 2011, p. 303-333 ; S. Aumard, A. Ben Amara, S. Büttner, N. Cantin, A. Zink, É. Porto, *Les premières tuiles plates en Auxerrois (XIIe-XIIIe siècles) : approches typologiques et archéométriques*, in : F. Thuillier (dir.), *Tuileries et productions tuilières*, à paraître.

documentation à jour. D'une manière générale, les questions de conception et d'évolution des toitures au cours du XII^e siècle constituent un axe de recherche fécond et la connaissance des matériaux de couverture médiévaux souffre de lacunes importantes qu'un monument comme la cathédrale de Lisieux est susceptible de pallier de manière significative.

À la demande de la Ville de Lisieux (maitre d'ouvrage), un projet de restauration des toitures du grand comble et du déambulatoire a été étudié en 2015 par l'agence Guillaume Trouvé (Architecte du Patrimoine) sous le contrôle de la Conservation régionale des Monuments historiques de Normandie (CRMH). Celui-ci prévoit en priorité une réfection des charpentes et couvertures du déambulatoire (tranche ferme) puis, dans un second temps, celles du grand comble (tranches conditionnelles). Les partenaires du projet souhaitent que ces travaux bénéficient d'un accompagnement archéologique tant pour compléter la connaissance des charpentes que celles des couvertures. Une fois identifiées, triées, étudiées, les tuiles médiévales seraient en outre replacées en conservation sur la toiture de la chapelle axiale.

La visite et réunion sur place du 8 janvier 2016 en présence de la Ville, de la CRMH, de la maîtrise d'oeuvre, du Service régional de l'archéologie (DRAC) et de Frédéric Épaud (CNRS, Tours), a confirmé la présence :

- de nombreux bois médiévaux en remploi dans la charpente du déambulatoire qu'il sera nécessaire de relever et de faire dater par dendrochronologie ;
- de tuiles médiévales en quantité variable sur la plupart des versants du grand comble et pas seulement sur ceux du transept nord, ainsi que parmi les débris jonchant les voûtes.

D'un commun accord, les objectifs de l'étude archéologique visaient :

- pour le comble du déambulatoire (tranche ferme 2016) : à recueillir, en amont des interventions des entreprises, les informations pouvant disparaître et permettre la compréhension des dispositions d'origine, principalement par l'examen, le relevé et la datation des remplois médiévaux ; et, accessoirement, à repérer et prélever les rares tuiles médiévales encore préservées.
- pour le grand comble (tranches conditionnelles à venir) : à évaluer le potentiel archéologique des couvertures dans le but de faciliter leur prise en charge scientifique dans la programmation administrative et financière des futures tranches conditionnelles ; il sera

nécessaire de localiser les secteurs où des tuiles médiévales ont été remployées, d'estimer leur quantité, leur état de conservation, ainsi que la diversité des typologies, l'objectif final étant d'établir les parts respectives des matériaux pouvant être réutilisés à l'avenir (toit de la chapelle axiale) et ceux nécessitant des prélèvements destinés aux études en laboratoire.

1.4 – Proposition d'étude : descriptif et moyens mis en oeuvre

Agréé en archéologie préventive pour les périodes médiévales et modernes, le Centre d'études médiévales d'Auxerre est régulièrement sollicité dans le domaine de l'archéologie du bâti, en amont de projets de restauration. L'analyse des charpentes et des couvertures y occupent une place à part entière et participent de ses compétences reconnues par la communauté scientifique. À ce titre, il a contribué à faire progresser la connaissance des matériaux de couverture médiévaux en Bourgogne du Nord par l'étude de grandes séries de tuiles prélevées sur les toits de plusieurs monuments en restauration, notamment les cathédrales d'Auxerre et Sens¹⁹.

Sur le terrain

- déambulatoire
 - examen des charpentes et sélection des emplois remarquables
 - relevé des emplois remarquables (tachéomètre, photogrammétrie)
 - selon état de la documentation ancienne, relevé partiel d'une travée de maçonnerie en vue de la restitution de la charpente (une coupe ou plus)
 - prélèvement pour datations dendrochronologiques (sous-traitance CEDRE)
 - recherche de tuiles médiévales par examen de la couverture en sous-face
- grand comble
 - localisation en plan des concentrations de tuiles médiévales
 - caractérisation sommaire des typologies
 - estimation par échantillonnage des quantités
 - estimation par échantillonnage de l'état de conservation

¹⁹ *Ibid.* ; S. Aumard, A. Ben Amara, S. Büttner, N. Cantin, Ph. Lanos, Ph. Dufresne, A. Zink, É. Porto, La couverture monumentale en chantier. Les cathédrales d'Auxerre et Sens d'après les données archéologiques, archéométriques et historiques, in : F. Duperroy, Y. Desmet (dir.), *Les couvertures médiévales : images et techniques*, Colloque international (Tournai, 22-23 avril 2015), Namur, SPW éditions, 2016, p. 181-193.

Au bureau

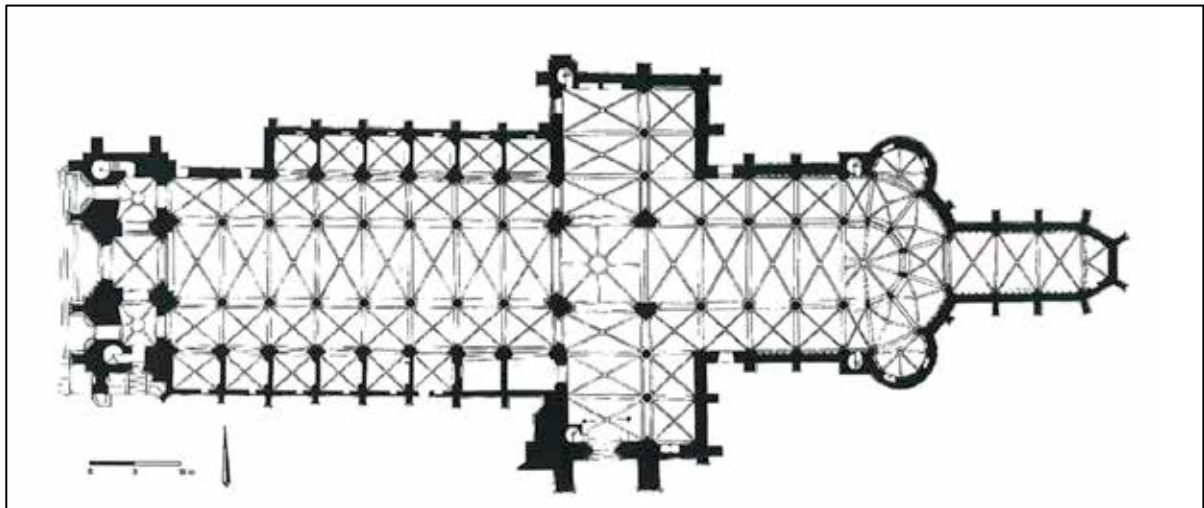
- infographie
 - mise au net des données graphiques sur les emplois
 - proposition de restitution de la charpente du déambulatoire
 - cartographie des concentrations de tuiles (grand comble)
- dendrochronologie (sous-traitance CEDRE)
 - acquisition et traitement des données
 - proposition de datation
- rédaction d'un rapport
 - la charpente du déambulatoire : acquis et argumentation de restitution
 - les tuiles du grand comble : présentation et description des données (par espace) ; comparaison sommaire avec référentiels régionaux
 - recommandations pour les futures tranches de travaux : proposition d'un protocole d'intervention sur les couvertures (modalités de tri-sélection des tuiles médiévales, étude, analyses, conditionnement) ; observations complémentaires éventuelles.

Pour mener à bien la demande de la CRMH, le Centre d'études médiévales d'Auxerre a mis à disposition un archéologue spécialisé dans les couvertures et charpentes et un dessinateur durant 5 jours sur site et durant 5 jours pour synthétiser les données. De manière à optimiser les coûts et la coordination, les deux salariés sont intervenus de pair durant la même semaine, en présence de F. Épaud. Suite aux discussions du 8 janvier la prise en charge de l'étude a été assurée par la CRMH de Normandie.

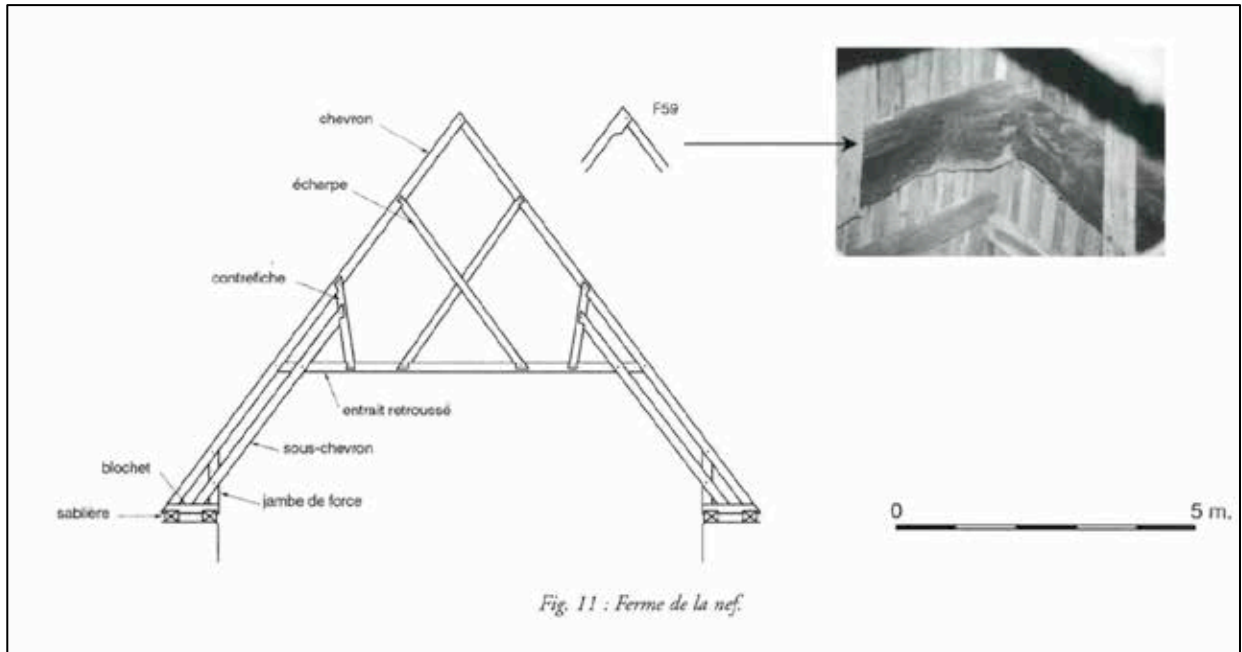
En marge de ces investigations, une exploration succincte de la documentation conservée à la Médiathèque de l'architecture et du Patrimoine (Charenton-le-Pont) a été réalisée. Il s'agissait d'en reconnaître l'importance concernant les restaurations des toitures et d'identifier les éventuels documents apportant des éléments de compréhension décisifs : photographies, plans de l'existant, etc.



III. 1 – La nef, vue vers le choeur (cl. CEM-Auxerre).



III. 2 – Plan de la cathédrale Saint-Pierre (F. Épaud 2007, p. 352).



III. 3 — Charpente de la nef : élévation d'une ferme (F. Épaud 2007, p. 360).



III. 4 — Tuiles médiévales découvertes dans le comble du transept nord au début des années 2000 (F. Épaud 2007, p. 385).

2 – La charpente du déambulatoire

2.1 – Le comble : dispositions générales

Le comble du déambulatoire est continu sur les bas-côtés du chevet. Il réunit sous une même toiture inclinée à 42° les charpentes des bas-côtés orientaux des bras nord et sud du transept, celles des travées droites du chœur, du rond-point et des deux chapelles latérales. Ces charpentes sont adossées aux murs gouttereaux du chevet et du transept dont l'ensemble des constructions est daté stylistiquement de la première moitié du XIIIe siècle. Le plan du déambulatoire montre clairement la rupture entre les deux campagnes de construction au droit des 2^{ème} et 3^{ème} travées droites du chœur, marquée en élévation par un coup de sabre dans les assises (ill. 5), le remplacement des grandes baies géminées ouvertes sur le comble par un mur mince et le changement stylistique des sculptures. La lecture succincte des élévations a aussi livré des éléments susceptibles de confirmer les premières datations apportées par la dendrochronologie entre 1196 et 1206. Il en est ainsi des éléments de couchis retrouvés sous les arcs de décharge des baies géminées du transept nord et soumis à analyse dendrochronologique (ill. 7, 8, 9). Bien que leur datation soit de mauvaise qualité (niveau C) du fait qu'il s'agit de pièces en bois de hêtre dont on dispose très peu de référentiels dendroclimatiques, il semblerait que leur mise en œuvre puisse être placée à l'extrême fin du XIIe siècle, au plus tôt dans les années 1190.

Dans l'axe du déambulatoire, le raccord avec la chapelle est perturbé en raison de la reconstruction de celle-ci au XVe siècle. La toiture de cette chapelle axiale est surélevée par rapport à celle du déambulatoire mais son accès est possible depuis ce dernier.

2.2 – La charpente (ill. 10)

Les charpentes couvrant les bas-côtés du transept et du déambulatoire sont structurellement homogènes, avec des demi-fermes identiques, semblant appartenir à la même phase de construction datée par dendrochronologie de 1763, comme l'attestent par ailleurs les techniques de charpenterie mises en œuvre typiques de cette période (cf. *infra*). Deux échantillons dendrochronologiques (bois A et I) prélevés dans des poteaux dans les travées 3 et 29 attestent en effet un abattage en 1762-1763. Cette charpente comprend dans sa structure une grande quantité de bois en réemploi dont nous verrons le détail plus loin. Une importante phase de reprise en sous-œuvre de la charpente est visible sur la plupart des demi-fermes, datable du milieu du XXe siècle d'après les traces de sciage

mécanique présentes la plupart du temps sur les entrails ou, dans une moindre mesure, sur les arbalétriers ou les poteaux (tabl. 1).

La charpente actuelle est une structure à fermes et pannes comprenant 31 demi-fermes définissant autant de travées (T) d'un bout à l'autre du comble (ill. 6). Sa mise en œuvre en 1763 est attestée par les analyses dendrochronologiques, notamment par la datation du cambium du bois A (cf. annexe). Les demi-fermes sont disposées au revers des murs pleins du chevet, dans la mesure du possible, notamment sur le transept et les deux premières travées du chœur pour dégager l'ouverture des grandes baies sur le comble. Ce choix explique donc que le plan de la charpente présente une alternance de travées courtes et de travées longues. Les deux plus longues travées sont situées au droit des deux escaliers du chœur, à la naissance du rond-point, en raison de l'impossibilité d'y insérer des entrails.

Les demi-fermes comprennent chacune un entrail, un poteau adossé au mur et un arbalétrier assemblé en tête au poteau et en pied dans l'entrail, raidi par une jambe de force et un faux entrail (ill. 11). Les entrails sont soit ancrés dans le mur, soit assis sur une cale en bois ou bien posés directement sur l'appui maçonné des grandes baies ouvertes sur le comble. À l'autre extrémité, les entrails sont calés sur un cours unique de sablières. Tous les assemblages sont à tenon et mortaise. Certains d'entre eux sont embrevés comme ceux des têtes d'arbalétriers dans le poteau. Sur les bas-côtés du transept et les travées droites du chœur, les arbalétriers portent deux cours de pannes, calées sur des échantignoles, tandis qu'en tête des poteaux file un cours de pannes faîtières assemblées à ces derniers par tenon mortaise (ill. 12). Deux liens obliques assemblés aux flancs des poteaux et en tête dans les pannes faîtières assurent le contreventement de la charpente.

Dans les demi-fermes, la présence d'un faux entrail, et non pas d'une contrefiche qui aurait été plus judicieuse, peut surprendre car la reprise des charges est relativement inefficace. Ce choix peut s'expliquer par une volonté de libérer l'espace afin de garantir la circulation dans le comble, ce qui aurait été plus difficile avec des contrefiches venant s'assembler en pied de poteau.

À l'angle des toitures des bas-côtés orientaux du transept et des travées droites du chœur, au droit de la noue, la charpente présente au nord et au sud deux principes structurels différents. Au nord, une demi-ferme (F27) similaire aux autres est disposée à l'angle des toitures, avec un arbalétrier constituant la noue, raidie par un faux entrail et une jambe de force. L'entrail (plus précisément le coyer) vient s'assembler dans un gousset, lui-même

assemblé aux flancs des entrants des demi-fermes mitoyennes. Au sud (ill. 13), la noue est portée par la croisée des pannes, elles-mêmes en appui sur une potence (traverse soutenue par une contrefiche) assemblée au poteau d'angle. Ce dispositif libère l'espace en supprimant l'entrant sous la noue. La demi-ferme précédente F4 a son entrant (coyer) assemblé à un gousset, lui-même assemblé à deux entrants mitoyens. Le choix de ce dispositif relativement complexe a été conditionné par l'extrados particulièrement surélevé de la voûte maçonnée de la croisée d'angle, qui empêchait toute possibilité de disposer un entrant à la base de la charpente. On constate que ce dispositif a été fortement restauré au XXe siècle mais sans que la structure d'origine en soit changée.

Au droit des escaliers du chœur, au départ du rond point, l'espacement entre les demi-fermes qui encadrent ces massifs de maçonnerie est très important, en raison de l'impossibilité d'y placer des demi-fermes intermédiaires. Du fait de ces longues portées, dans la travée nord, la panne s'est rompue, d'autant plus qu'il s'agissait d'un réemploi déjà fragilisé par les nombreuses mortaises qu'il possédait, et qu'elle n'était pas soulagée par un second rang de pannes comme dans les travées précédentes. Au sud, les pannes ont déjà été remplacées lors des rénovations du XXe siècle.

Au droit de la chapelle axiale, les deux demi-fermes encadrant l'ouverture du toit sur celui de la chapelle (dites « demi-fermes d'axe ») sont différentes des autres par la présence d'un entrant disposé plus haut, reposant sur l'entablement du mur occidental de la chapelle (ill. 14). Ces entrants présentent par ailleurs une surépaisseur vers leur ancrage dans le mur du chœur afin de répondre plus efficacement aux charges du poteau. Leur arbalétrier n'est pas raidi du fait de leur courte longueur.

Toujours dans le rond-point, les demi-fermes situées entre les chapelles latérales et la chapelle axiale ne portent qu'une seule panne (bois 14) et celle-ci présente une courbure naturelle très prononcée afin que le chevronnage puisse s'adapter à la circonvolution de la toiture (ill. 15). La section de ces pannes est trapézoïdale afin d'être adaptée au plan des chevrons, de l'entrant et de l'arbalétrier des demi-fermes d'axe qui les portent à leur extrémité orientale.

Les toitures semi-circulaires des deux chapelles latérales (ill. 16) sont chacune encadrées de deux demi-fermes, lesquelles portent transversalement une ferme triangulée comprenant deux arbalétriers, un entrant et un poinçon, disposée transversalement à elle. Sur cette ferme de croupe, vient s'appuyer un chevronnage rayonnant (ill. 17) dont la tête est

encastrée dans une pièce de bois curviligne (ill. 18). Au nord comme au sud, ces chevrons comportent des mortaises ou des entailles vides, attestant de leur réemploi.

Tous les bois sont en chêne. Les bois verts utilisés pour la mise en œuvre de la charpente sont tous équarris à la hache. Nombre d'entre eux présentent des courbures naturelles. La plupart des réemplois sont également équarris à la hache, excepté ceux postérieurs au XIVe siècle. Seuls les bois appartenant à la reprise du XXe siècle sont des éléments exclusivement débités à la scie mécanique ou, plus rarement, à la scie de long (ill. 19). La plupart des bois présentent sur leur surface un dépôt blanchâtre lié à l'humidité, sans que cela n'ait altéré physiquement le matériau (ill. 20). Il s'agit d'une réaction biochimique de surface liée au manque de ventilation du comble, relativement fréquente dans les charpentes de toitures.

De F1 à F5, les bois verts utilisés au XVIIIe siècle sont de section moyenne tandis qu'à partir de F6, leur section devient plus forte avec des entrails de 30 x 30 cm et des poteaux de 20 x 22 cm en moyenne, témoignant d'un changement dans l'approvisionnement en bois d'œuvre à partir de cette ferme.

Les demi-fermes sont toutes numérotées avec des marques en chiffres romains, inscrites sur la face tournant dans le sens antihoraire (face nord pour les celles des bas-côtés du transept, face est pour celles situées au sud du chœur et face ouest pour celles situées au nord). Elles sont inscrites au pied de chaque pièce principale des demi-fermes, au ciseau, à la rainette ou au crayon (ill. 21). Cette diversité des marquages, par l'utilisation d'outils différents, est typique de l'époque moderne. Seules quelques demi-fermes isolées sont dépourvues de marques, peut-être du fait de l'effacement du marquage au crayon. Ce marquage présente plusieurs séries numérotées relativement courtes, allant généralement du sud vers le nord (ill. 10). La plus longue concerne les demi-fermes du bas-côté sud du transept avec une série de 1 à 5 (comprenant probablement aussi F5). La plus courte correspond aux demi-fermes F7-F8. Ces courtes séries renseignent sur le fonctionnement du chantier puisqu'à chaque série correspond un lot homogène de demi-fermes exécutées par une même équipe de charpentiers. Cette charpente aurait donc été réalisée par autant d'équipes qu'il y a de séries de marque, c'est-à-dire 8. Il est probable aussi que la mise en œuvre de ces 8 lots de demi-fermes, exécutées en même temps que les pannes et le chevronnage, se soit étalée sur deux ou trois années, justifiant ainsi ces nombreuses séries.



III. 5 — Déambulatoire : césure entre les maçonneries des deux campagnes du chevet. À g., mur sud, à dr., mur nord (cl. F. Épaud, CNRS ; S. Aumard, CEM).



III. 6 — Déambulatoire : versant nord de la charpente (cl. F. Épaud, CNRS).

SUD

NORD



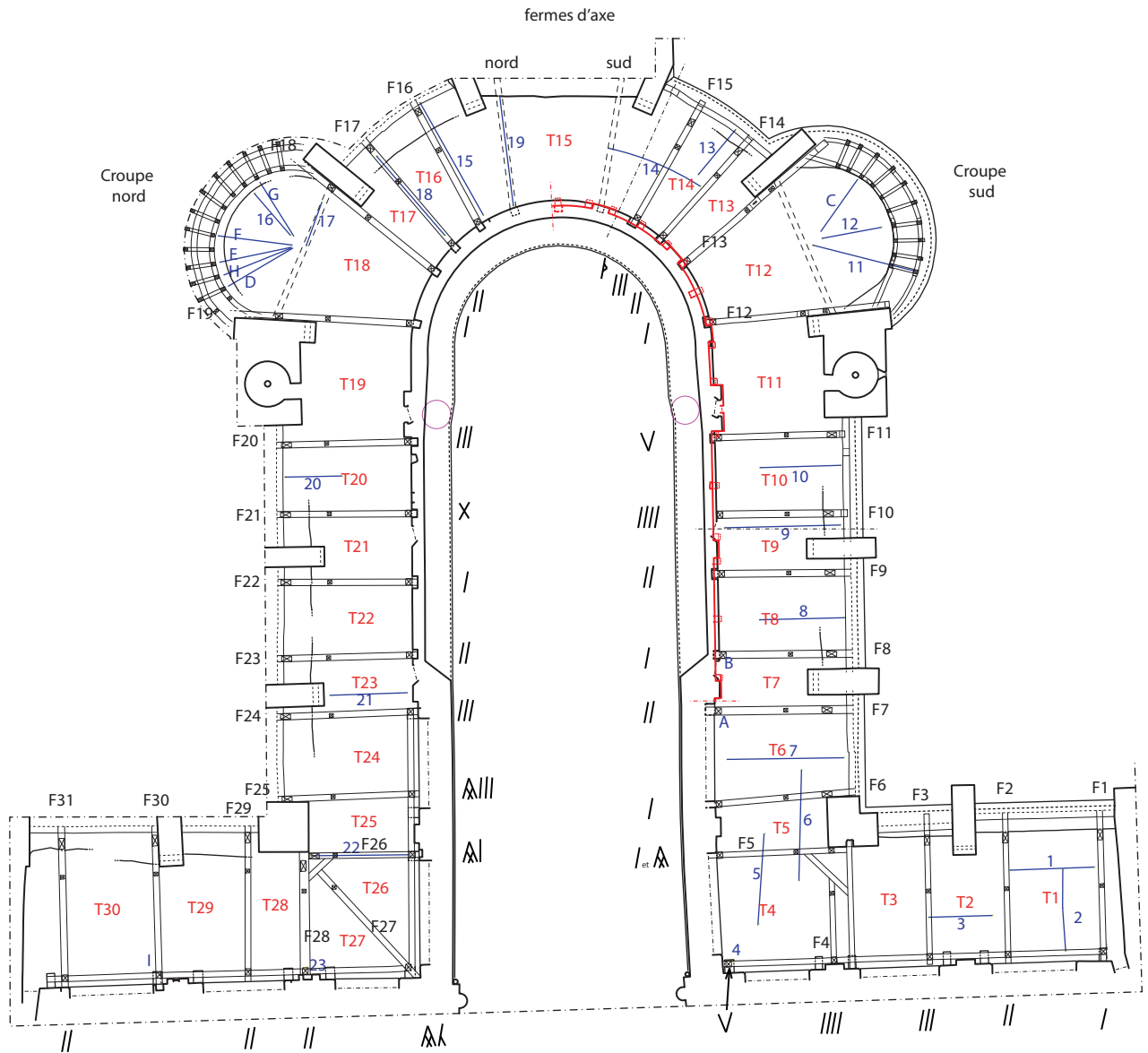
III. 7 - Déambulatoire, Travée 30 : arc de décharge au revers d'une baie du triforium, avec emplacement des couchis prélevés (dessin X. D'Aire, CEM).



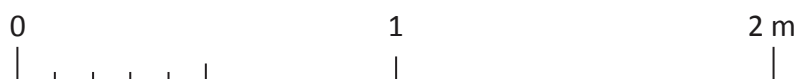
III. 8 — Déambulatoire, travée 30 : arc de décharge au revers d'une baie du triforium, couchis en place (cl. F. Épaud, CNRS).

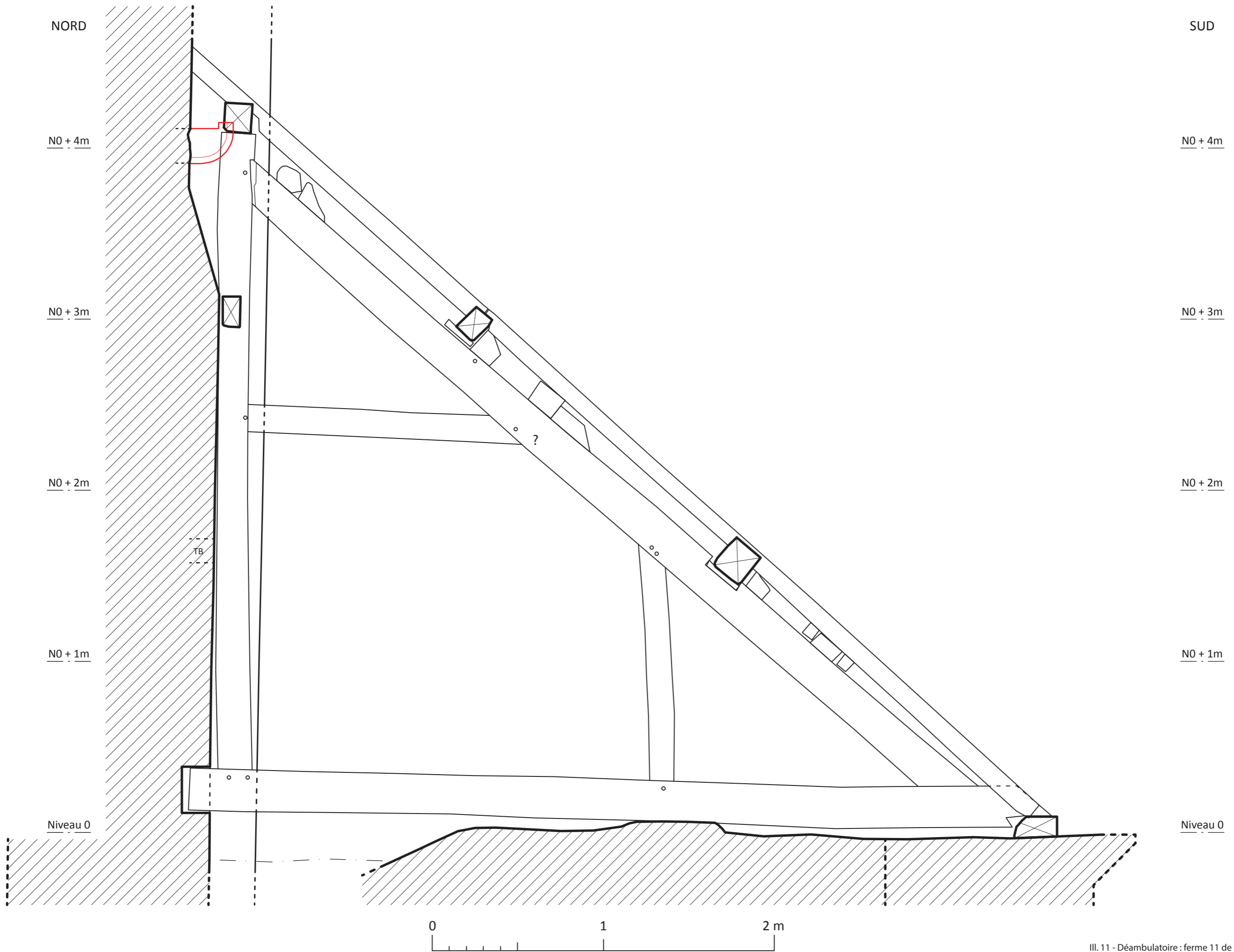


III. 9 — Déambulatoire, travée 30 : couchis déposés pour analyse dendrochronologique (cl. S. Aumard, CEM).



5 : n° de bois prélevé par dendrochronologie







III. 12 — Déambulatoire : faîtage de la charpente (cl. F. Épaul, CNRS).



III. 13 — Déambulatoire, travée 4 : enrayure de raccord avec le collatéral du transept sud (cl. F. Épaul, CNRS).



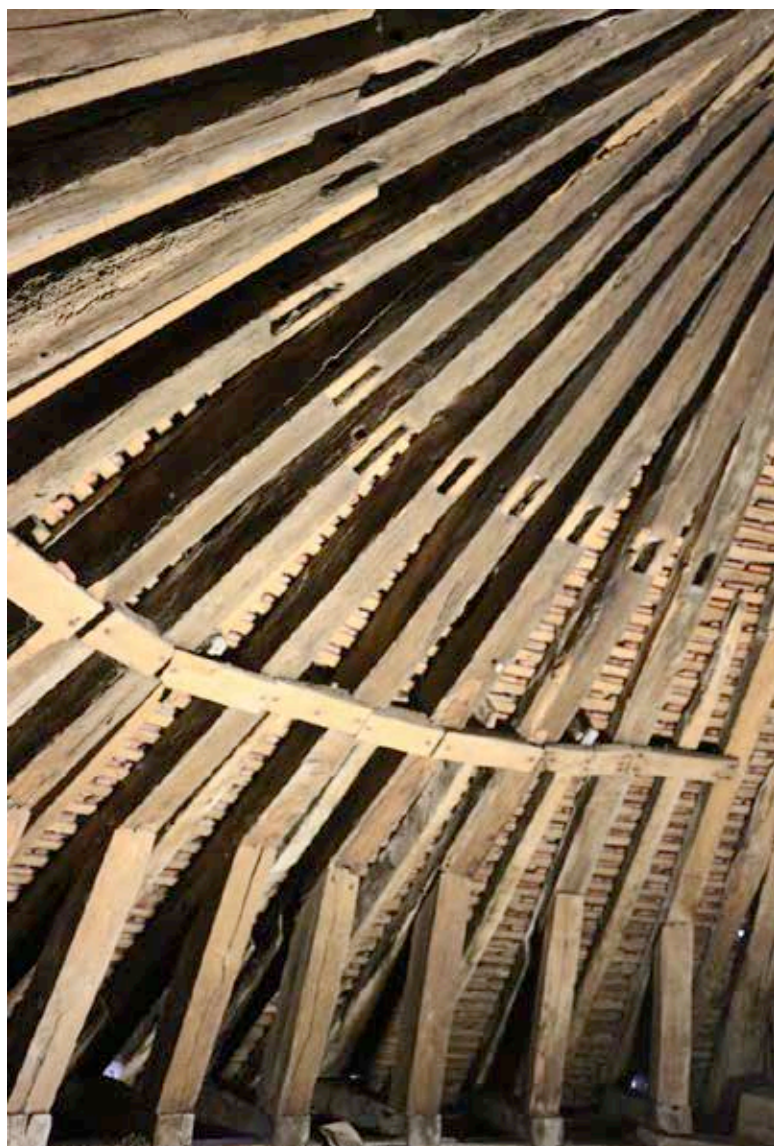
Ill. 14 — Déambulatoire, travée 15 : ferme d'axe nord (cl. F. Épaud, CNRS).



Ill. 15 — Déambulatoire, travée 16 : panne courbe de section trapézoïdale (cl. F. Épaud, CNRS).



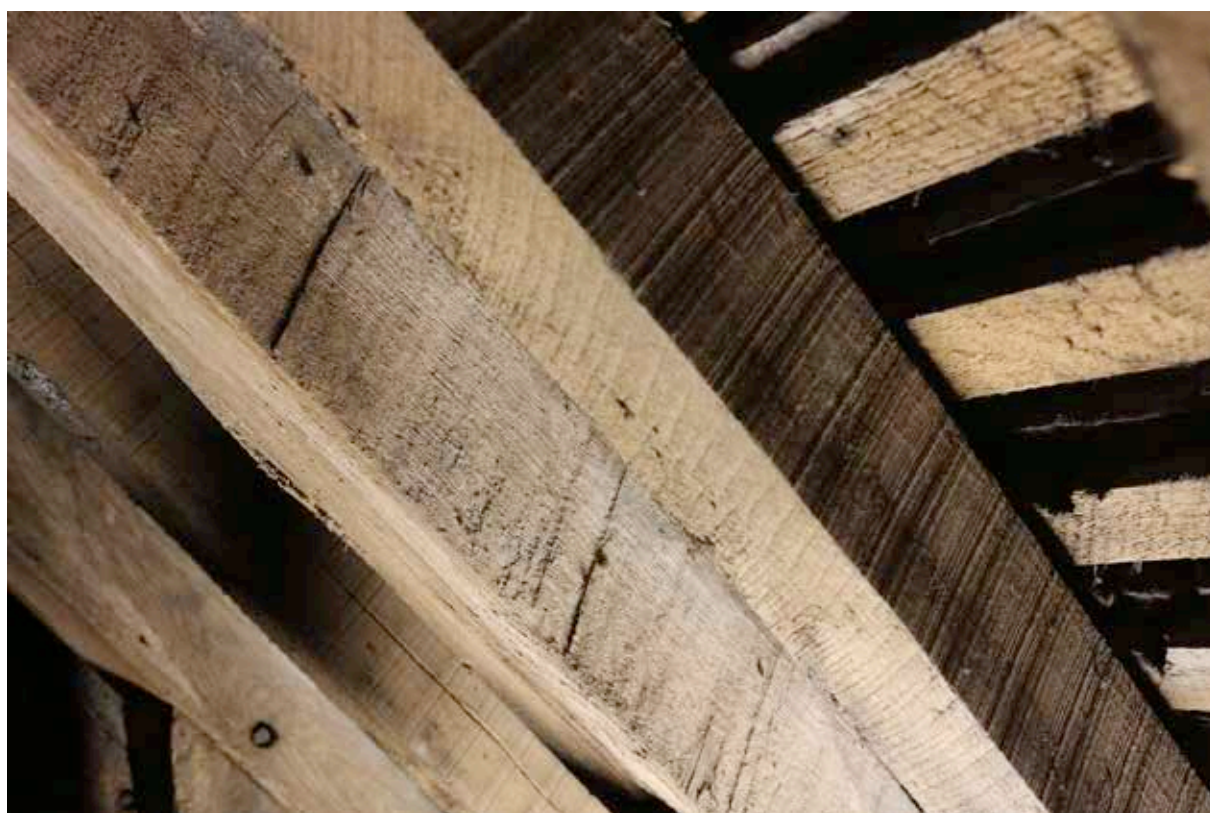
Ill. 16 — Déambulatoire, travée 18 : absidiole nord (cl. F. Épaud, CNRS).



Ill. 17 — Déambulatoire, travée 18 : chevronnage en réemploi de l'absidiole nord (cl. F. Épaud, CNRS).



Ill. 18 — Déambulatoire, travée 18 : tête de croupe, absidiole nord (cl. F. Épaud, CNRS).



Ill. 19 — Déambulatoire : à droite, chevron scié mécaniquement ; à gauche, chevron débité à la scie de long (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 20 — Déambulatoire : dépôt blanc sur les bois (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 21 — Déambulatoire : marques au ciseau et à la rainette (cl. F. Épaud, CNRS).

		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
Ferme	Entrait	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O
	Poteau	R	R	R	R	O	O	O	O	O	O	X	O	O	R	O	R
	Arbalétrier	X	X	O	R	O	X	O	O	O	O	X	O	X	O	O	O
	Faux entrain	R	R	R	R	R	R	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O
	Jambette	R	R	R	R		R	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
Pannes		R	R	X	R	R	O	O	O	R	R	X	O	O	O	O	O
Chevrons		RX	RX	X	X	R	R	R	R	R	R	XR	X	RX	R	OR	RX

Croupes :

		nord	sud
Ferme de croupe	Entrait	O	X
	Poinçon	O	O
	Liens	R	O
Chevrons de croupe		R	ROX

		nord	sud
Ferme d'axe	Entrait	R	R
	Poteau	R	X
	Arbalétrier	R	O

		F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30	F31
Ferme	Entrait	O	O	O	O	O	O	O	O	X	R	O	R	O	O	O
	Poteau	O	O	O	O	O	O	O	O	R	R	X	R	R	O	O
	Arbalétrier	R	O	O	O	O	O	O	O	X	R	X	R	O	O	O
	Faux entrain	O	O	O	O	O	O	O	O	R	R	R	?	O	R	O
	Jambette	O	O	O	O	O	O	O	O	R	R	R	?	O	R	O
		T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31
Pannes		O	O	RO	RO	O	RO	O	OR	RO	O	O	O	O	O	O
Chevrons		RO	OR	X	RX	O	RX	RO	OR	X	X	X	X	X	X	X

R : réemploi mis en place en 1763

O : bois vert de 1763

X : bois vert du XXe siècle

F1 : ferme 1

T1 : travée comprise entre F1 et F2

Tabl. 1 — Déambulatoire : tableau de localisation des réemplois.

2.3 – Les réemplois

Cette charpente a été réalisée avec de nombreux bois anciens en réemploi, tous en chêne, en complément de bois verts, abattus pour cette construction. Ces réemplois sont localisés majoritairement dans le chevronnage, et aussi dans les pannes et les demi-fermes. Le tableau de localisation des réemplois (tabl. 1) montre que leur présence coïncide globalement avec les séries numérotées du marquage. La plus forte concentration des réemplois est située dans les charpentes des bas-côtés du transept, au nord comme au sud, concordant chacune avec une série, notamment au sud. Les travées droites du chœur en sont globalement dépourvues, excepté dans le chevronnage et quelques pannes. Il serait logique d'interpréter cette répartition par une utilisation en priorité en début d'un chantier, notamment pour les fermes et les pannes, pour ensuite compléter l'approvisionnement en bois verts pour l'ossature tout en continuant d'utiliser les réemplois pour le chevronnage, plus facile à mettre en place. Ainsi, on comprend que cette charpente aurait été commencée par les deux bas-côtés du transept, avec une forte consommation de réemplois. La suite du chantier concernerait les travées droites du chœur avec des bois verts pour les fermes. Il y a ainsi de fortes raisons de croire que ces bois réemployés proviennent de l'ancienne charpente du déambulatoire qui aurait été démontée progressivement. En effet, les réemplois du chevronnage des deux croupes s'adaptent parfaitement aux croupes actuelles et il serait logique que ces anciens chevrons aient été réemployés peu après leur dépose, dans la continuité du chantier.

Les réemplois se caractérisent par leur morphologie (type de pièce, section, assemblages...) et par leur datation dendrochronologique qui permettent de les regrouper en lots distincts. Concernant les datations, 32 échantillons ont été prélevés sur les bois du déambulatoire dont 25 sur des réemplois. Parmi ces derniers, seuls 20 ont donné une fourchette de datation qui a pu être précisée à l'année près pour 7 bois du fait de la bonne conservation du cambium. Les réemplois sont en effet difficilement datables avec précision du fait des nombreuses retailles liées à leurs réutilisations. Ces datations permettent de distinguer nettement 3 lots de bois distincts :

- 1- Les bois abattus entre 1437 et 1442 (bois datés n° 1, 2, 12, C),
- 2- Les bois abattus en 1379-1380 (bois datés n° 8, 9, 10),
- 3- Les bois abattus entre 1215 et 1218 (bois datés n° 6, 7, 11, 13, D, E, F, G, H, 20)

Seul le bois n° 19 échappe à ces trois lots avec un abattage postérieur à 1470.

Des relevés ont été faits sur les bois les plus représentatifs et les plus complets de ces 3 lots. Ils concernent donc des bois qui étaient suffisamment longs et qui présentaient plusieurs mortaises ou entailles qui autorisaient une restitution de leur fonction première. Nous présentons ci-dessous les bois datés et relevés pour chacun des trois lots.

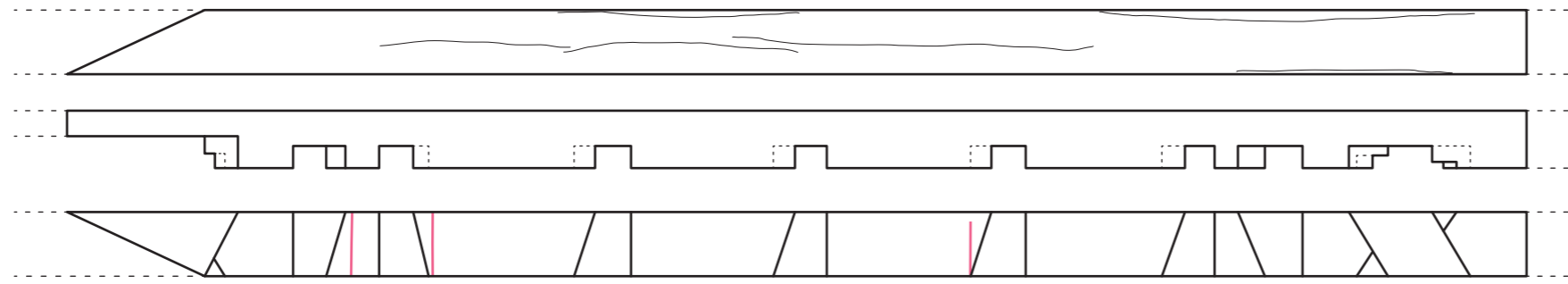
Les bois abattus entre 1437 et 1442 : bois datés n° 1, 2, 12, C (ill. 22)

Bois 1 : utilisé comme panne inférieure entre F1 et F2 (ill. 23), il présente une section de 19 x 17 cm pour presque 4 m de long (incomplet). Il s'agit d'un bois de brin (conservant le cœur du chêne) équarri à la doloire. Il conserve sur l'une de ses faces une série d'entailles à mi-bois en demi-queue d'aronde, larges de 15 cm et espacées de 42 cm, qui s'intercale entre deux entailles plus complexes aux extrémités (celle de gauche est amputée), lesquelles se définissant comme une double entaille à mi-bois croisée de plan décalé. Les premières servent indéniablement à l'assemblage de gros blochets pour la base d'un chevron assemblé à une jambe de force, tandis que les secondes correspondent vraisemblablement à l'assemblage d'un entrain. Nous avons donc ici affaire à une sablière basse qui servait à la fixation d'entrains et de blochets d'une travée. Celle-ci comprenait deux fermes à entrain espacées de 3,30 m, entre lesquelles s'inséraient 5 chevrons à jambe de force et blochet. On observe deux entailles à mi-bois supplémentaires à proximité des entailles des entrains, qui peuvent s'expliquer par une erreur de taille, ce qui est fréquent sur les sablières.

Les tracés de piquage (tracés préparatoires à la taille des assemblages) au droit des entailles sont bien conservés. Ils ont été réalisés au traceret (petite pointe métallique). Il n'existe aucune marque d'assemblage d'origine.

Bois 2 : utilisé comme chevron dans la travée 1 (ill. 24), ce bois appartient à une série de plusieurs chevrons en réemplois dont seul celui-ci a été prélevé pour datation. Il s'agit d'un bois de brin équarri à la doloire, de 15 x 12 cm de section, présentant beaucoup d'aubier avec des flaches importants (surfaces courbes du chêne non supprimées à l'équarrissage). Il présente deux trous de chevilles qui ont pu servir à sa fixation par chevillage sur une panne. Ce bois correspond sans aucun doute à un ancien chevron.

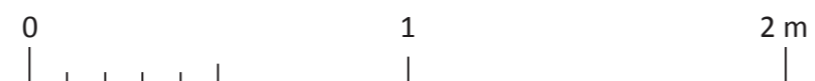
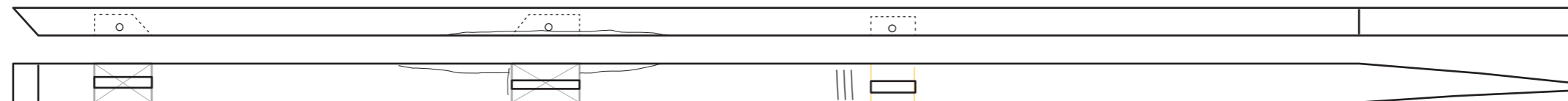
Bois 1



Bois 2



Bois 12





III. 23 — Déambulatoire, travée 1 : bois 1 (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 24 — Déambulatoire, travée 1 : bois 2 (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 25 — Déambulatoire, absidiole sud : bois 12 (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 26 — Déambulatoire : bois débités à la scie de long (cl. F. Épaud, CNRS).

Bois 12 : avec le bois C également daté mais non relevé, ce réemploi est situé dans la croupe absidiale sud. Il appartient à la série des 9 chevrons en réemplois de cette croupe, réutilisés en tant que chevrons presque dans leur position d'origine (ill. 25). Ils présentent tous les mêmes caractéristiques, à savoir une section de 10 x 14 cm en moyenne et une série de trois mortaises destinées à leurs raidisseurs. Deux de ces mortaises sont actuellement réutilisées dans leur position actuelle pour un blochet et une jambe de force. À l'origine, des mortaises étaient destinées à l'assemblage d'un blochet à la base, d'une jambe de force, comme actuellement, et en partie médiane pour un entrain retroussé qui devait s'assembler dans le faux entrain d'une ferme de croupe, selon un système de chevrons-formant-fermes. Ce chevron est équarri à la hache mais d'autres chevrons de cette même série sont débités à la scie de long (ill. 26). Ils conservent un marquage des mortaises destinées aux entrains retroussés (mortaises non réemployées) sous la forme de chiffres romains inscrits au crayon (ill. 27). Ces marques s'insèrent dans une série numérotée de 1 à 9. Là encore, le tracé de piquage au traceret est conservé au droit des mortaises (ill. 27).

Outre ces bois datés, il est fort possible que d'autres réemplois appartiennent à cette série de bois datés entre 1437 et 1442. Ces bois peuvent donc être débités à la scie de long ou équarris à la hache, être marqués au crayon et présenter des piquages au traceret. Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de restituer précisément la structure de la charpente. On sait seulement qu'il s'agissait d'une structure à travée de 3,30 m avec des fermes à entrain et des chevrons distants de 42 cm, possédant à leur base un blochet et une jambe de force. Il est cependant probable qu'il s'agissait d'une structure à fermes et pannes puisque les chevrons étaient chevillés à des pannes. La croupe absidiale sud était à chevrons-formant-fermes, comme décrite ci-dessus.

Les bois abattus en 1379-1380 : bois n° 8, 9, 10 (ill. 28)

Bois 8 : Ce bois appartient à un lot homogène de chevrons de forte section dans les travées 8, 9 et 10, tous taillés dans des réemplois équarris à la hache (ill. 29). Tous ces bois proviennent de bois de brin retaillés et raccourcis par nécessité de les fixer aux pannes et aussi pour faciliter leur manutention. Ce bois est donc incomplet et privé de ses extrémités. Long de 4 m environ, pour une section de 16 x 17 cm, ce bois de brin présente une série de quatre mortaises dont trois à gorge inclinée et une droite. Deux ont leur gorge inclinée vers

la mortaise droite, ce qui pourrait correspondre à l'assemblage de deux liens obliques sur un poteau tenonné perpendiculairement à ce bois. Cette pièce pourrait donc logiquement être une ancienne panne faîtière ou une lierne axiale soutenue par un poteau et contreventée par des liens obliques. Les mortaises à gorge inclinée seraient destinées à ces liens et la mortaise droite au poteau. Aucune entaille n'a cependant été observée sur la face opposée aux mortaises comme le suggérerait cette fonction, pour l'assise des chevrons. Un tracé de lignage au graphite est visible le long du bois (ill. 30). Identique à ceux connus pour le XIII^e siècle, ce tracé réalisé au cordeau, était destiné à définir l'épaisseur des mortaises à tailler sur cette face selon un axe commun. De même, les tracés de piquage au traceret sont aussi visibles au droit des mortaises. Aucune marque d'assemblage n'a été observée.

Bois 9 : Long de 5 m environ, pour une section de 17 x 17 cm, ce bois de brin équarri *a minima* à la hache, conservant beaucoup d'aubier, ne présente qu'une seule mortaise en pied (ill. 31). Il est réemployé actuellement en tant que chevron dans la travée 9. La mortaise présente l'originalité d'avoir une double gorge inclinée pour l'assemblage d'une pièce oblique. Ce type de mortaise est relativement rare dans les techniques de charpenterie médiévale. L'absence d'autre mortaise suggère que ce bois peut être un ancien chevron, raidi par une jambe de force en pied. Son aspect blanchâtre ne correspond pas à un dépôt volontaire de chaux ou d'un autre produit de traitement, mais plutôt à une réaction biochimique de sa surface liée à l'humidité ou au manque de ventilation. Ce blanchiment superficiel n'est aucunement préjudiciable pour le bois sur le plan sanitaire.

Bois 10 : Long de 4 m, de 12 x 14 cm de section, ce bois actuellement utilisé comme chevron dans la travée 10 présente sur deux faces une série de trois à quatre mortaises (ill. 32). La première face montre quatre mortaises droites, plus ou moins équidistantes, tandis que la seconde face présente trois mortaises dont deux avec une gorge inclinée, et un chevillage double pour l'une d'entre elle, qui pourrait convenir pour une tête d'une forte pièce oblique. Aucune marque ni trace de lignage n'ont été relevées.

Cette pièce pourrait convenir pour un poteau d'une demi-ferme, adossé au mur, avec en tête la mortaise pour un gros arbalétrier. En effet, l'inclinaison de la gorge de cette longue mortaise, doublement chevillée, correspond à une poutre inclinée de 40° environ, comme la pente actuelle de la toiture. Et il est dès lors probable que la mortaise située en-dessous, à

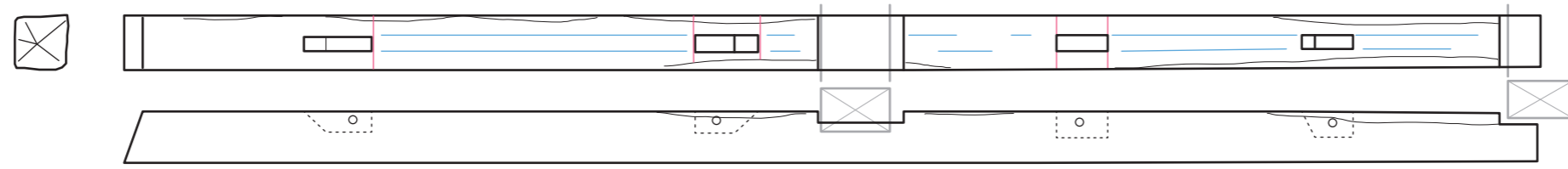
gorge inclinée également mais dans le sens inverse, corresponde à une contrefiche pour consolider l'assemblage de l'arbalétrier au poteau. La mortaise située encore en-dessous serait pour un entrain retroussé ou un faux entrain. Les quatre mortaises et l'amorce d'une cinquième en tête située sur la face latérale pourraient correspondre à un pan de bois, difficilement restituable et dont la fonction serait peut-être de clore les grandes baies de la tribune.

Ce bois est contemporain des deux précédents et appartient donc à la même charpente. Les autres bois appartenant à ce lot sont situés dans les travées 8, 9 et 10, du fait de leur ressemblance avec ces derniers (aspect, section...). La plupart ont été recoupés et ne permettent pas de compléter les observations pour une éventuelle restitution précise de la charpente. Quoiqu'il en soit, ce lot de bois semble provenir d'une charpente à fermes et panes, semblable à l'actuelle, avec des demi-fermes contenant poteau, arbalétrier, contrefiche et entrain retroussé, pour soutenir des pannes qui tenaient des chevrons raidis en pied par une jambe de force. Un pan de bois pourrait avoir été fixé directement aux poteaux de ces demi-fermes pour clore les grandes baies de la tribune. Ce lot ne contient cependant pas beaucoup de bois, pas suffisamment pour correspondre à une charpente complète de déambulatoire, seulement peut-être quelques travées.

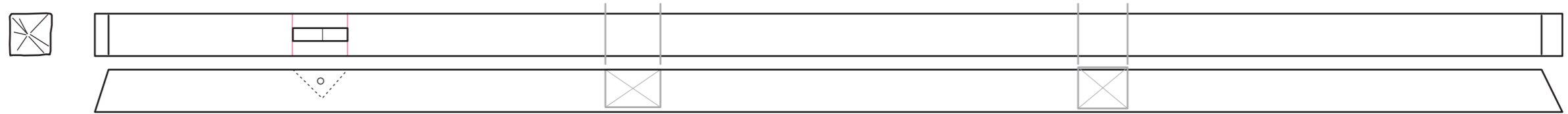


III. 27 — Déambulatoire : chevron de la croupe sud, marquage au crayon et tracés de piquage (cl. F. Épaud, CNRS).

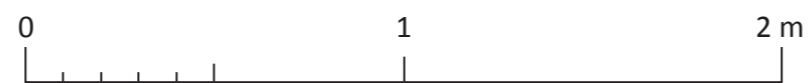
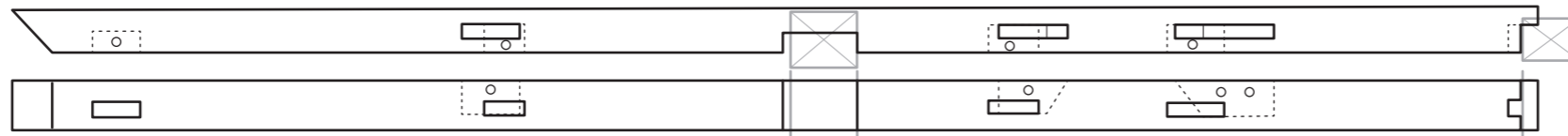
Bois 8



Bois 9



Bois 10



III. 29 — Déambulatoire, travée 8 : bois 8 (cl. F. Épaul, CNRS).



III. 30 — Déambulatoire, travée 8 : bois 8,
lignage au graphite (cl. F. Épaul, CNRS).

Ill. 31 — Déambulatoire, travée 9 : bois 9,
chevron à côté de la ferme (cl. F. Épaul, CNRS).



Ill. 32 — Déambulatoire, travée 10 : bois 10
(cl. F. Épaul, CNRS).

Les bois abattus entre 1215 et 1218 : bois datés n° 6, 7, 11, 13, D, E, F, G, H, 20 (ill. 33)

Il s'agit d'un lot relativement important de bois en réemploi, dispersés dans la charpente actuelle. Ils sont faciles à repérer grâce à leurs entailles à mi-bois, leur qualité d'exécution, un équarrissage très fin, sans défaut, une couleur de surface assez foncée.

Bois n°6 : Utilisé comme panne dans la travée 6, daté précisément grâce à son cambium de 1217-1218 (mise en œuvre probable en 1218), ce bois de brin équarri à la hache est l'un des rares à être complet de bout en bout (ill. 34, 35). Long de 4 m environ, pour une section de 17 x 20 cm, il présente une forte courbure naturelle qui se prête généralement aux arbalétriers pour lutter contre les charges des pannes. Effectivement, il présente à chaque extrémité un tenon avec un talon fortement incliné pour l'assemblage à un entrait et un poteau qui étaient tous deux taillés dans des bois courbes également puisque ces talons ne sont pas orthogonaux. Au milieu de la pièce, une large entaille à mi-bois, adjointe à une mortaise (ill. 35) suggère l'assemblage d'une panne, encastrée à mi-bois, et de son échantignole pour la soutenir. Sur la face opposée, une mortaise devait servir pour l'assemblage d'une contrefiche destinée à reprendre les charges de la panne. Aucune marque d'assemblage, ni trace de lignage ou piquage n'ont été observées. Cet ancien arbalétrier permet la restitution d'une demi-ferme complète (ill. 36). Celle-ci comprenait un entrait, un poteau (contreventé ou non par des liens obliques), un arbalétrier raidi par une contrefiche. Un unique cours de pannes, encastrées dans une entaille de l'arbalétrier, soutenait le chevonnage. Une échantignole permettait de mieux caler ces pannes sur l'arbalétrier.

Bois n°7 : Utilisé comme chevron dans la travée 6, ce bois appartient à un lot d'une dizaine de gros chevrons réemployés similaires (ill. 37). Faute d'aubier, il manque des cernes pour situer précisément sa date d'abattage (dernier cerne en 1201) mais il convient de le raccorder à la phase de 1218. Long de 6,30 m pour une section homogène de 15 x 17 cm, ce bois de brin équarri à la hache correspond à un ancien chevron. Il présente, en sous-face actuelle, deux larges entailles pour l'insertion des pannes actuelles. L'une des entailles est chevillée avec une cheville encore présente. Il est probable que ces deux entailles aient été taillées en 1763 avec une cheville servant à caler le chevron sur la panne mais il n'est pas interdit de penser que ces entailles soient antérieures puis retaillées dernièrement. Sur sa

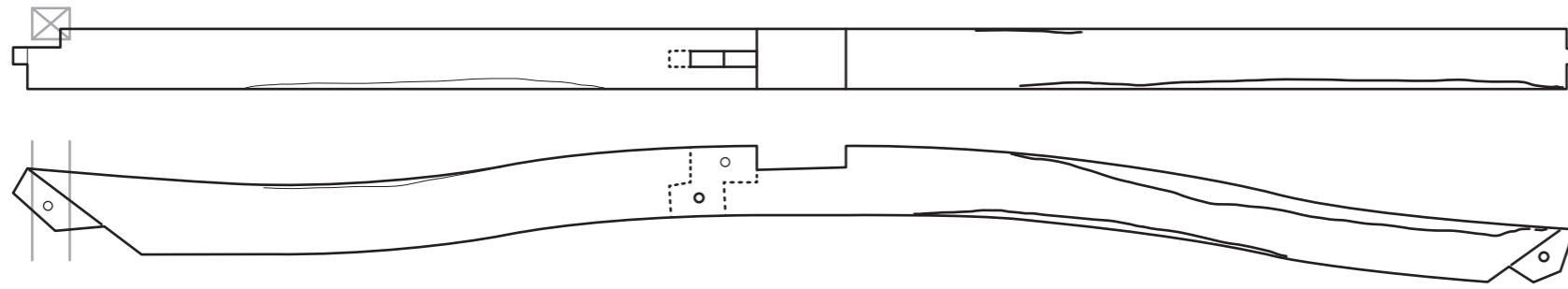
face latérale, en pied de pièce, on relève une mortaise à double gorge pour une jambe de force comme sur le chevron de 1380 (bois 9). Sa face opposée montre d'ailleurs une multitude de clous qui témoigne d'un lattis de couverture, fonctionnant donc avec cette mortaise, et non avec les entailles.

L'hypothèse la plus probable est de considérer que cette mortaise ainsi que les clous correspondent à l'utilisation première du chevron. Ce chevron, raidi en pied par une jambe de force, appartiendrait donc à une structure à fermes et pannes, puisqu'il aurait été en appui sur des pannes, et non assemblés en partie haute à des raidisseurs de fermes secondaires.

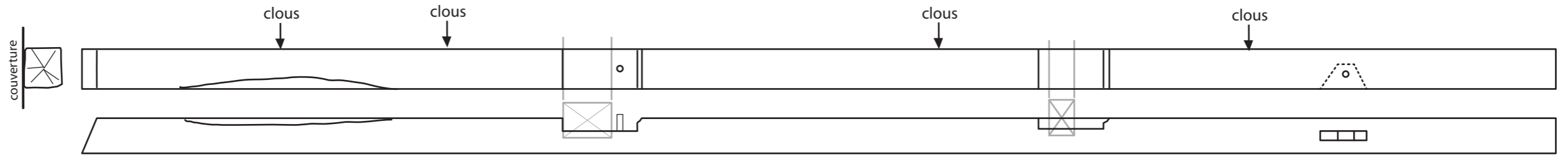
Bois 11 : Ce bois appartient au chevronnage de l'absidiole sud (ill. 38). Faute d'aubier, le dernier cerne est daté de 1201, ce qui place sa mise en œuvre dans le premier tiers du XIIIe siècle, vraisemblablement au cours de la phase datée de 1218. Il correspondrait donc au seul bois conservé du chevronnage d'origine de la croupe puisque tous les autres chevrons sont datés de 1442 (bois 12 et C). Au XVe siècle, les charpentiers auraient donc réutilisés ce bois, puis une nouvelle fois en 1763. Ce bois se distingue des autres chevrons du XVe siècle par des assemblages typiques du XIIIe siècle. Long de 5,30 m pour une section de 12 x 14,5 cm, ce bois de brin équarri soigneusement à la hache conserve trois assemblages d'origine taillés sur la face la plus large : une mortaise en pied, actuellement réutilisée pour un blochet et destinée à l'origine pour un blochet, une entaille à mi-bois pour la tête d'une jambe de force, et une mortaise en partie haute pour l'assemblage d'un entrait retroussé. La partie haute du chevron est taillée en biais sur 1,50 m de longueur pour pouvoir l'appliquer contre les autres têtes de chevrons au faitage. Cette pièce est donc presque complète et appartenait à une demi-ferme constituée d'un chevron, d'un blochet, d'une jambe de force et d'un entrait retroussé qui devait s'assembler dans une ferme de croupe. La croupe d'origine était donc une structure à chevrons-formant-fermes constituée d'une dizaine de demi-fermes identiques à celle-ci, dont les entrails retroussés formaient une enrayure compacte venant s'assembler dans une ferme de croupe, à l'emplacement de la ferme de croupe actuelle. Le prolongement du chevron au-delà de l'assemblage du blochet, venant donc presque en contact avec l'entablement du mur, rappelle la disposition des chevrons des charpentes XIIe-XIIIe siècles des grands vaisseaux du même édifice.

Aucune marque d'assemblage n'a été observée.

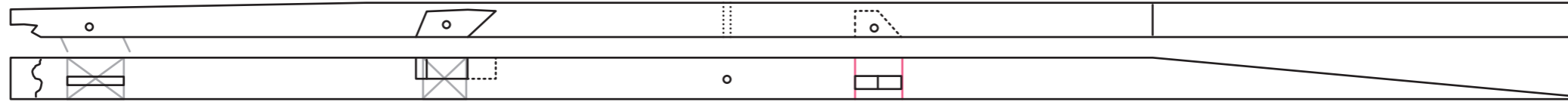
Bois 6



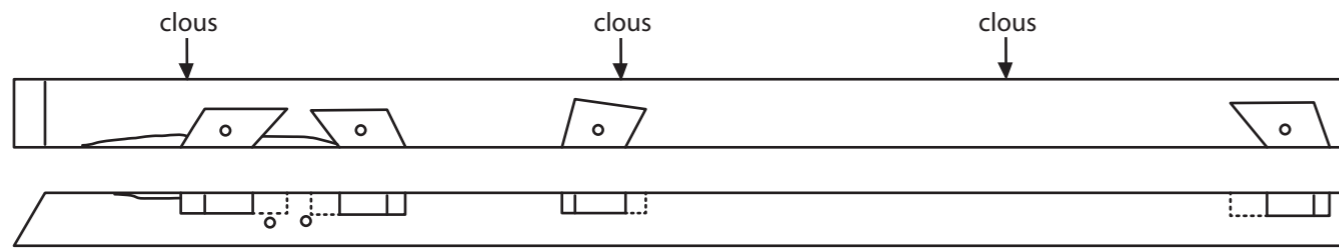
Bois 7



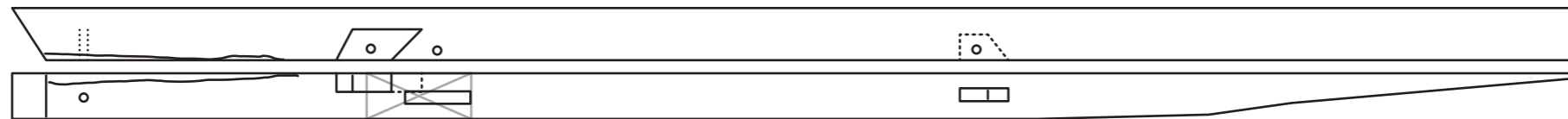
Bois 11



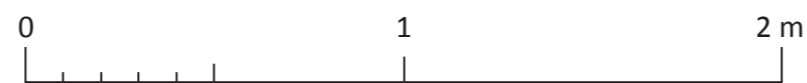
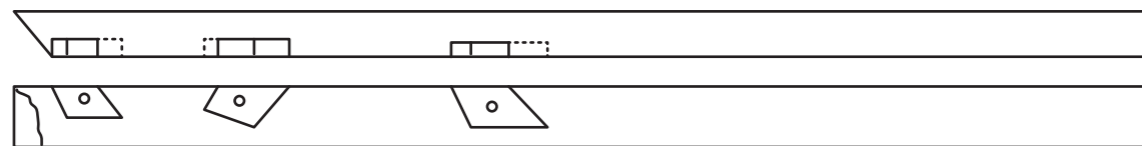
Bois 13



Bois 16



Bois 20





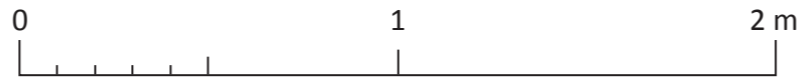
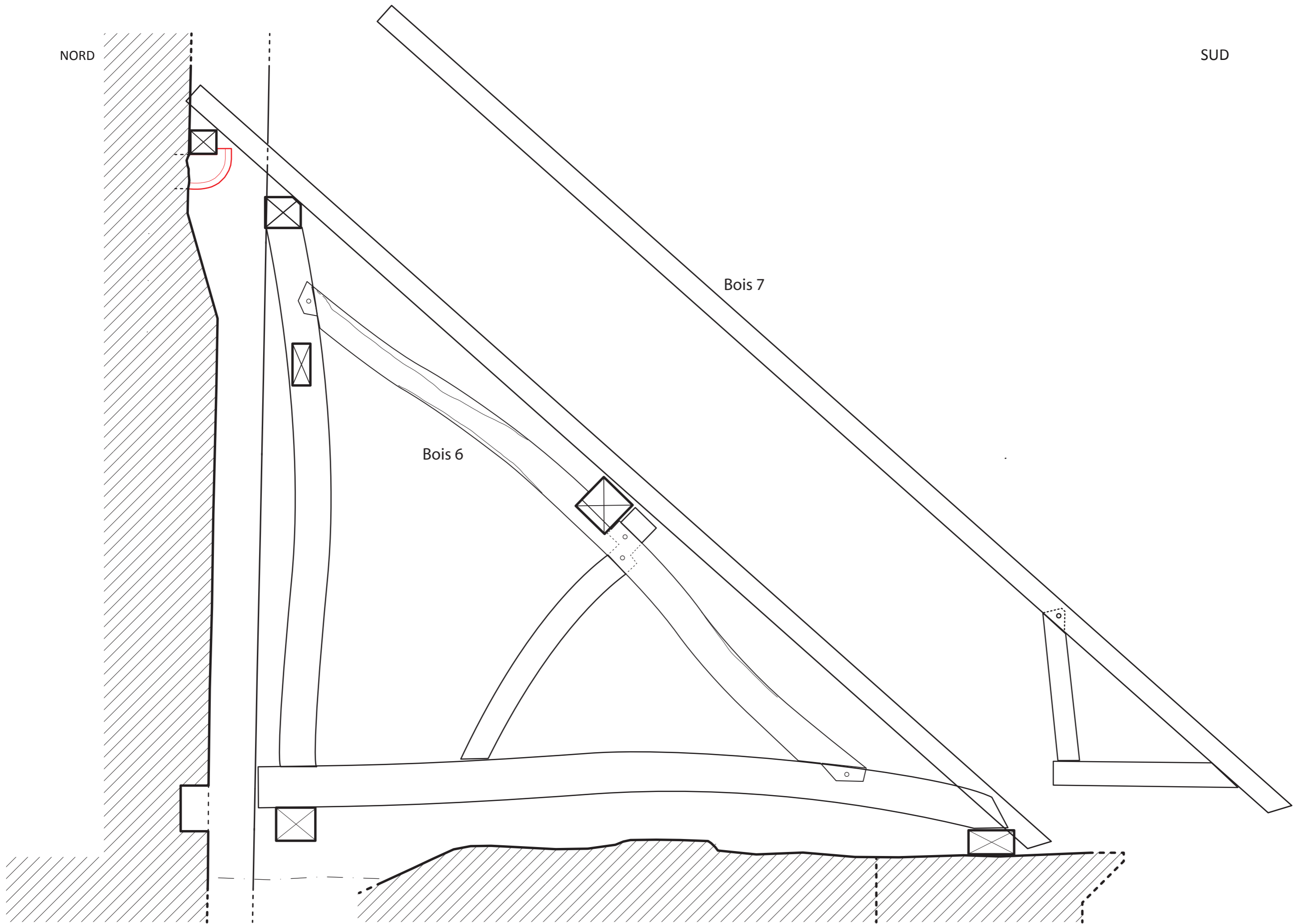
III. 34 — Déambulatoire, travée 6 : bois 6, 1218 (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 35 — Déambulatoire, travée 6 : bois 6, détail d'assemblage (cl. F. Épaud, CNRS).

NORD

SUD



Ill. 37 — Déambulatoire, travée 6 : bois 7 (cl. F. Épaul, CNRS).



Ill. 38 — Déambulatoire, absidiole sud : bois 11 (étiqueté à droite - cl. F. Épaul, CNRS).

Bois 13 : Utilisé comme chevron dans la travée 14 (ill. 39, 40), ce bois est long de 3,50 m pour une section rectangulaire de 14 x 18 cm. Son dernier cerne est daté de 1205 ce qui, en absence d'aubier, le place très probablement dans la phase des bois de 1218, ou du moins dans le premier tiers du XIIIe siècle. Équarri à la hache, ce bois de brin présente sur sa face la plus large quatre entailles à mi-bois. En face latérale, la surface est recouverte de clous d'un ancien lattis de couverture. Cette pièce correspond donc à un ancien chevron d'une demi-ferme qui peut être en partie restituée (ill. 42). Celle-ci comportait vraisemblablement un entrait, un poteau, un chevron raidi en pied par une jambe de force, un poteau et un faux entrait. Un étrésillon renforçait l'assemblage du poteau au chevron comme on en observe dans les charpentes du grand vaisseau. D'autres propositions de restitution sont possibles mais celle-ci semble la plus plausible vu les autres structures du XIIIe siècle de cette cathédrale.

Le bois n°20, plus court, est identique au bois 13, avec une même section, des clous en face supérieure, et trois entailles à mi-bois disposées de la même façon. Son dernier cerne mesuré (1206) le place aussi dans le premier tiers du XIIIe siècle. Il appartenait à une autre demi-ferme identique à celle-ci.

Ce type de demi-fermes se distingue donc de celui identifié précédemment (fig. 30) avec le bois 6. Il est en effet probable qu'une structure à panne existait sur les travées droites du chœur et qu'une charpente à chevrons-formant-fermes, faite d'une succession de demi-fermes, était disposée dans le rond-point en raison de la difficulté de disposer de bois courbes pour les pannes.

Bois 16, D, E, F, G, H : L'absidiole nord conserve en réemploi une série de 11 chevrons dont la plupart présentent les mêmes entailles vides selon des dispositions identiques (ill. 17). Les datations dendrochronologiques de certains d'entre eux ont permis de considérer ces bois comme appartenant à la phase d'origine avec des abattages situés dans le premier tiers du XIIIe siècle. Si la plupart ont perdu leur aubier, le bois G qui a conservé son cambium date cet ensemble de l'automne-hiver 1214-1215.

Tous ces bois sont identiques. Le relevé du bois 16 montre un bois de brin équarri à la hache de 14 x 16 cm de section, long de 4,60 m, avec une entaille à mi-bois en pied et une mortaise

vide en partie haute. Ce chevron était donc raidi en pied par une jambe de force, assemblée par mi-bois, et par un entrait retroussé assemblé par tenon-mortaise. Amputé en pied, ce bois pouvait avoir une mortaise en pied pour l'assemblage du blochet, comme dans l'absidiole sud. Comme dans cette dernière, ce chevron définissait une demi-ferme qui se juxtaposait aux autres pour constituer une croupe à chevrons-formant-fermes. L'enrayure des entrails retroussés venait s'assembler dans une ferme de croupe. Les charpentes des deux absidioles étaient donc identiques. Le marquage des assemblages est conservé sur tous ces chevrons au droit de la mortaise pour l'entrait retroussé (ill. 41). Il s'agit d'un marquage qui mélange les signes particuliers non numériques (croix, double et triple croix, V renversé barré) à des marques numériques utilisant la succession de traits. Ce type de marquage est identique à celui utilisé là aussi dans les grandes charpentes du même édifice, indiquant qu'il s'agirait du travail effectué par les mêmes équipes de charpentiers.



Ill. 39 — Déambulatoire, travée 14 :
bois 13, entailles à mi-bois (cl. F.
Épaul, CNRS).

III. 40 — Déambulatoire, travée 14 :
bois 13 (cl. F. Épaud, CNRS).

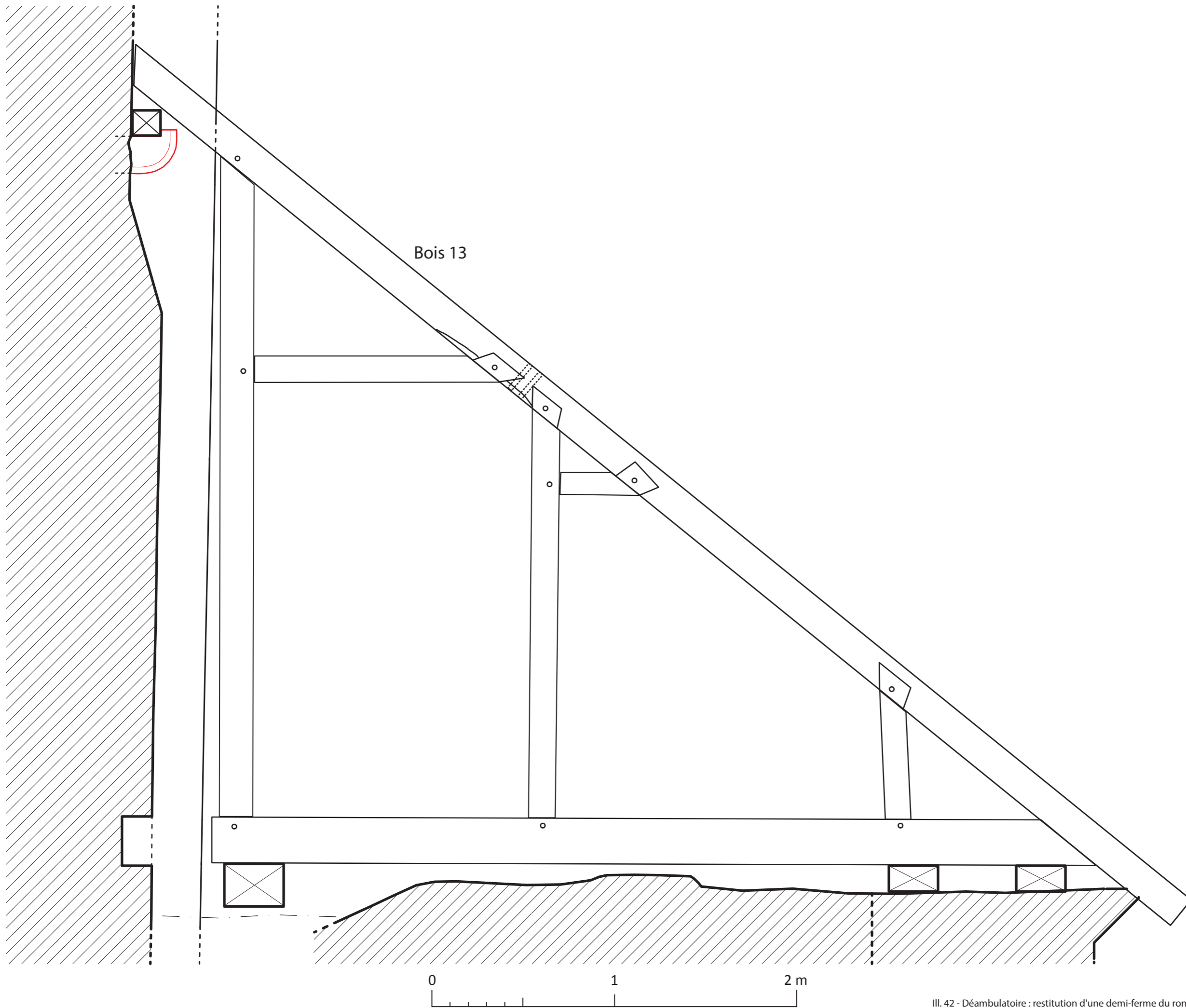


III. 41 — Déambulatoire : bois E,
absidiole nord, marque d'assemblage,
1215 (cl. F. Épaud, CNRS).



NORD

SUD



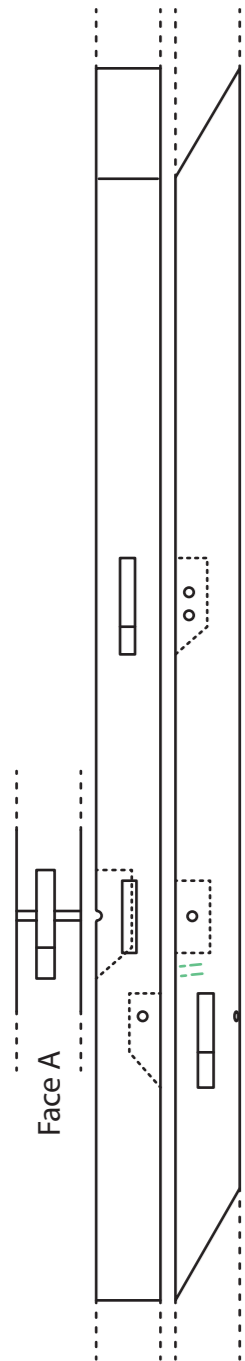
2.4 – Les réemplois non datés

Une quantité non négligeable des bois réemployés ne rentre pas dans les lots précédents qui sont tous attribuables à une structure et à une date dendrochronologique. La datation de ces bois a échoué ou n'a pu être entreprise. Cependant, certains d'entre eux, en raison de la présence d'entailles d'assemblage et d'un état de conservation remarquable ont été relevés (ill. 43, 44). Pour la plupart d'entre eux, il n'est pas possible de les intégrer dans les 3 lots précédents, du fait de leurs différences structurelles. Il est probable que ces bois ne proviennent pas de la charpente du déambulatoire mais d'autres bâtiments, et qu'ils aient été rapportés sur ce chantier en 1763 pour compléter les approvisionnements en bois d'œuvre. Leur analyse en sera donc plus courte.

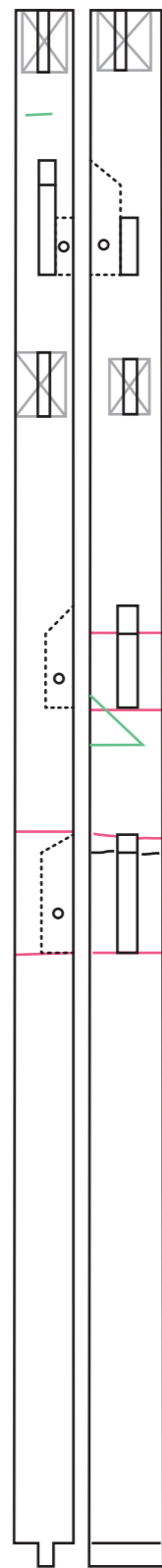
Bois 3 : panne supérieure dans T2. Bois de brin équarri, de 17 x 17 cm de section, amputée aux deux extrémités (ill. 45). La face A a été rééquarrie, amputant de moitié la mortaise. Ce bois peut provenir du déambulatoire en position de poteau de demi-ferme, avec les deux mortaises latérales à gorge inclinée pour des liens obliques de contreventement d'une faîtière, assemblée en tête du poteau, et les deux autres pour un faux entrain et une contrefiche.

Bois 4 : Poteau d'angle du bras sud et de la première travée droit du chœur (ill. 46). Bois de brin équarri, de 16 x 20 cm de section, il montre des mortaises vides dont trois sur la même face. Il est possible qu'il puisse s'agir d'un ancien poteau mais l'orientation des gorges des mortaises et leur distribution ne permettent de faire aucune proposition de restitution cohérente. Il porte la marque d'assemblage V.

Bois 5 : Il s'agit d'un bois complet, utilisé comme panne supérieure dans T5, équarri à la hache, de 17 x 20 cm de section et de 4 m de long (ill. 47). Tenonné à chaque bout, avec un talon biais au bout supérieur, il présente trois grandes mortaises à gorge inclinée, et deux petites droites. En raison des deux grandes mortaises présentes sur deux faces opposées, à proximité d'un about, ce bois devait s'intégrer dans une structure plus grande que celle du déambulatoire, comme un beffroi ou un pan de bois à plusieurs niveaux.



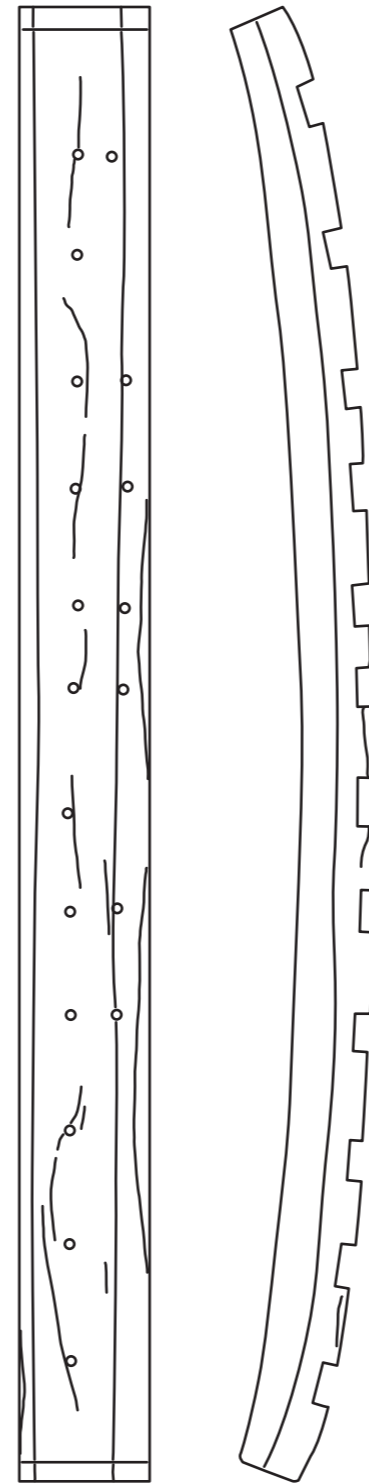
Bois 3



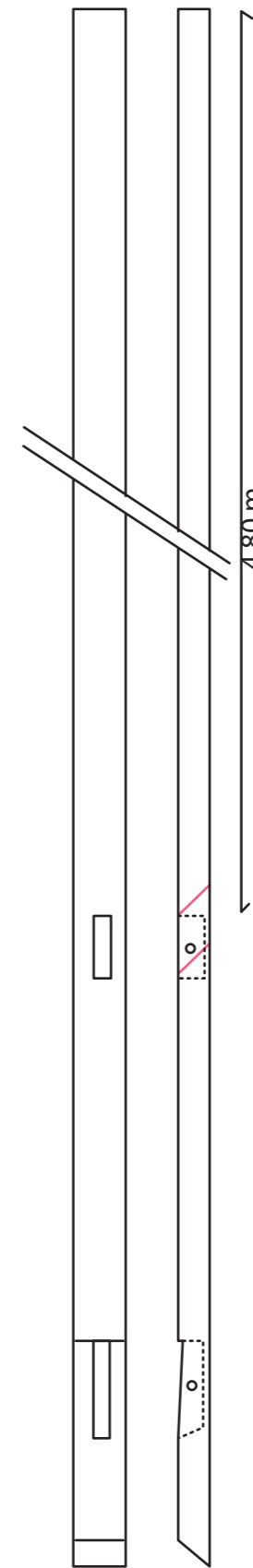
Bois 4



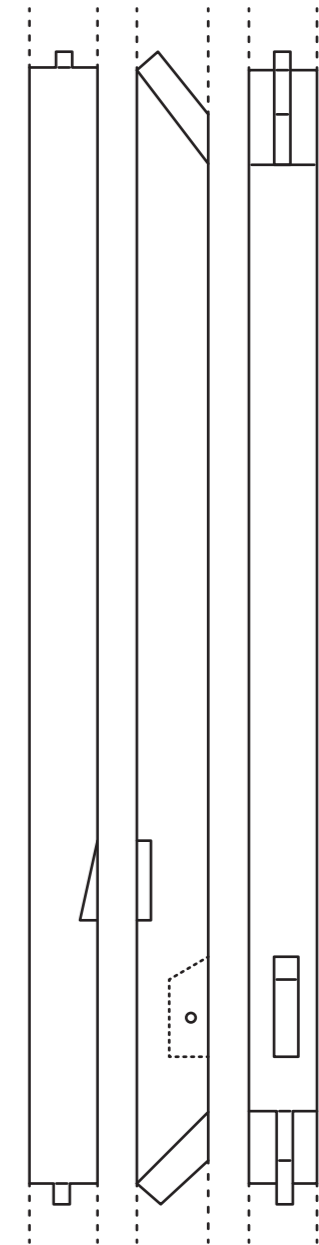
Bois 5



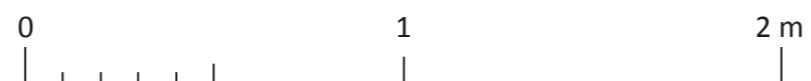
Bois 14



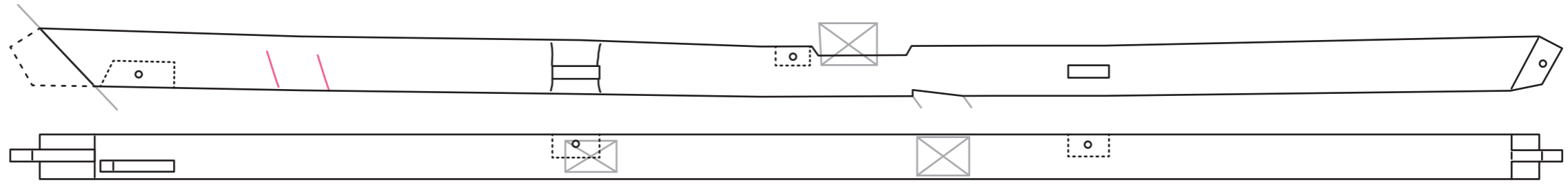
Bois 15



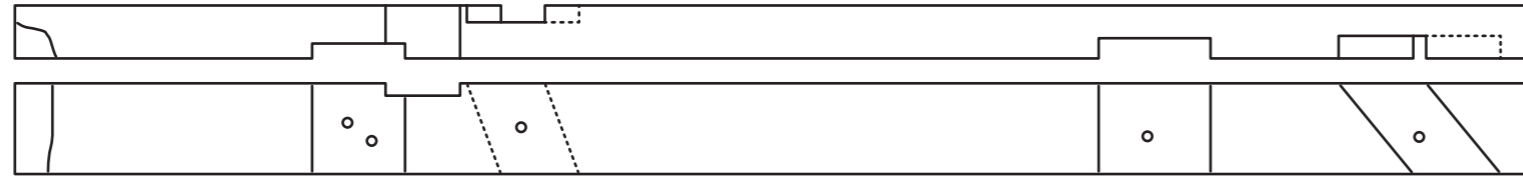
Bois 17



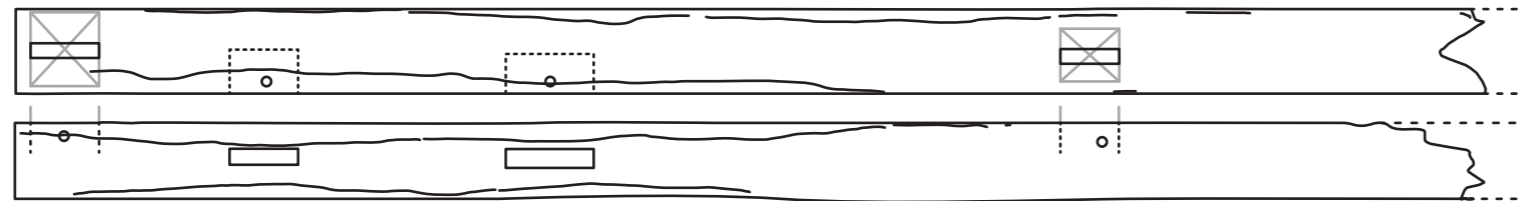
Bois 18



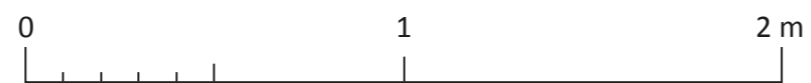
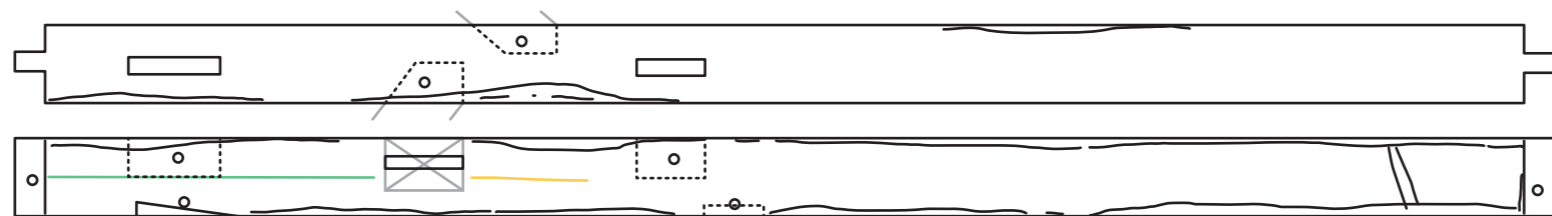
Bois 21



Bois 22



Bois 23



III. 45 — Déambulatoire, travée 2 : bois 3 (cl. F. Épaul, CNRS).



III. 46 — Déambulatoire, travée 4 : bois 4 (cl. F. Épaul, CNRS).



III. 47 — Déambulatoire, travée 5 : bois 5 (cl. F. Épaul, CNRS).



III. 48 — Déambulatoire, travée 18 :
bois 17 (cl. F. Épaul, CNRS).

Bois 14 : Considérée à tort au début de l'étude comme un réemploi, cette panne située dans T14-15 se rencontre aussi à l'identique dans T15 et T16 pour soutenir les chevrons dans les travées courbes du rond-point (ill. 15). Il s'agit d'un bois taillé et mis en œuvre en 1763 pour les besoins de la charpente actuelle. Ces deux bois restent tout de même exceptionnels de par leur courbure naturelle très prononcée sur 4 m de long et leur section trapézoïdale de 18 x 35 cm. Cette section permet de caler la pièce sur le faux entrain et l'arbalétrier des demi-fermes tout en s'adaptant au plan du chevronnage. Sa taille et son équarrissage « à vue » ont dû être particulièrement complexes en raison d'une courbure précise à respecter pour qu'il puisse reprendre le chevronnage rayonnant du rond-point. Ces deux bois exceptionnels, rarissimes en charpenterie, témoignent de la difficulté à réaliser une structure à panne sur un espace curviligne. Cela permet de comprendre pourquoi la charpente d'origine, d'après les propositions de restitution faites précédemment, était à chevrons-formant-fermes dans le rond-point, avec une succession de fermes rapprochées, alors qu'une charpente à fermes et pannes couvrirait les travées droites.

Bois 15 : Chevron dans T15. De 15 x 9 cm de section, ce bois présente deux faces sciées de long, avec deux mortaises dont une à embrèvement sur la face la plus large. Il est probable qu'il puisse s'agir d'un ancien chevron mais son débit à la scie de long ne permet pas de l'attribuer à une charpente antérieure au XVe siècle.

Bois 17 : Utilisé comme contrefiche dans la ferme de croupe, ce bois de brin équarri de 18 x 18 cm de section conserve une mortaise à gorge inclinée et, sur la face opposée, une entaille d'assemblage à mi-bois d'une sablière (ill. 48). En conséquence, la mortaise pourrait convenir à un arbalétrier, ce qui ferait de ce bois un entrain d'une demi-ferme. Faute de datation et d'autres entailles, il n'est pas possible de proposer d'hypothèse quant à son attribution à une charpente médiévale ou moderne.

Bois 18 : Utilisé en tant qu'arbalétrier dans la ferme 17, ce bois équarri conserve plusieurs mortaises sur trois faces, dont une seule sur la face inférieure, à proximité de l'about (ill. 49). La disposition des assemblages et leur rareté sur une telle longueur permettent d'affirmer que ce bois ne provient pas du déambulatoire mais d'une charpente plus grande. Il confirme

ainsi le fait que d'autres bois venus d'autres charpentes démontées, ont été rassemblés pour compléter les approvisionnements en bois verts et en réemplois.

Bois 21 : Utilisé comme chevron dans T25, ce bois a été débité à la scie de long pour l'adapter à la charpente actuelle (ill. 50). Originellement, ce bois de 4 m de long, devait avoir une section de 24 x 20 cm. Il présente sur trois faces des larges entailles droites et obliques à mi-bois, à rives parallèles. Là encore, il est difficile d'attribuer ce réemploi à la charpente du déambulatoire. Il doit provenir d'une structure tridimensionnelle type beffroi ou maison en pan de bois de grande dimension.

Bois 22 : Réemployé en tant qu'entrait dans la demi-ferme 26, ce bois de brin équarri à la hache de 20 x 22 cm ne présente pas assez d'entailles ou de mortaises vides (seulement deux mortaises droites sur la même face) pour proposer une restitution (ill. 51). Quoi qu'il en soit, ce bois pourrait convenir pour un entrait du déambulatoire.

Bois 23 : Réutilisé comme poteau dans la demi-ferme 28, ce bois montre sur sa face cachée contre le mur deux mortaises vides d'un premier emploi, situées à peu près au droit des assemblages de l'arbalétrier et de son faux entrait, sur la face opposée (ill. 52). De plus, il est possible que les deux mortaises pour les liens obliques soient réemployées. Ce poteau aurait donc été réemployé dans sa position initiale, en l'ayant retourné, pour une charpente semblable à l'actuelle. Soit celle-ci a été entièrement déposée puis remontée à l'identique en réemployant les mêmes bois lors des travaux du XIXe siècle, soit ce bois appartient à une charpente antérieure identique à celle mise en œuvre en 1763.

L'analyse de ces réemplois non datés permet donc de conclure à l'existence d'un quatrième lot de bois provenant de charpentes extérieures au déambulatoire, et certainement de la cathédrale, lors de la mise en œuvre de la charpente actuelle en 1763.



III. 49 — Déambulatoire, ferme 17 : bois 18 (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 50 — Déambulatoire, travée 25 :
bois 21 (cl. F. Épaud, CNRS).



III. 51 — Déambulatoire, ferme 26 : bois 22 (cl. F. Épaul, CNRS).



III. 52 — Déambulatoire, ferme 28 :
bois 23 (cl. F. Épaul, CNRS).

2.5 – Synthèse

L'étude de la charpente du déambulatoire et des bois réemployés a permis de mettre en évidence un certain nombre de faits qui facilitent la compréhension de cette charpente et des structures qui l'ont précédées.

La charpente actuelle du déambulatoire et des bas-côtés du transept a été mise en œuvre en 1763 avec une grande quantité de bois de réemploi provenant, en majeure partie, de la charpente antérieure, mais aussi d'un stock de pièces issues d'autres charpentes. L'étude du marquage et des sections des bois montre que ce chantier a fait intervenir plusieurs équipes de charpentiers, probablement sur deux ou trois ans. La charpente a été montée d'abord par l'ouest, sur les bas-côtés du transept, en évoluant vers l'est, et en démontant progressivement la charpente médiévale. Les anciens bois furent réutilisés massivement dans ces premières parties, dans les demi-fermes et le chevronnage à l'ouest, avant de les compléter par des bois verts pour les demi-fermes à l'est.

L'étude de ces réemplois montre que la charpente d'origine qui a été démontée en 1763 avait été remaniée une première fois en 1380, puis une seconde fois entre 1437 et 1442. Cette dernière reprise a concerné toute la croupe de l'absidiole sud, qui a été refaite quasiment à l'identique par rapport à celle d'origine du XIIIe siècle, ainsi qu'une ou plusieurs travées droites avec la mise en place d'une structure à ferme et panne (voir plus haut).

La reprise de 1380 semble avoir été aussi ponctuelle. Elle aurait concerné une ou plusieurs travées droites, vers l'ouest, avec la mise en place d'une charpente à fermes et pannes proche de l'actuelle charpente avec des demi-fermes contenant poteau, arbalétrier, contrefiche et entrain retroussé pour soutenir des pannes qui tenaient des chevrons raidis en pied par une jambe de force. Un pan de bois a été fixé directement aux poteaux de ces demi-fermes pour clore les grandes baies de la tribune sur les premières travées du chœur ou du transept.

Enfin, les bois de la charpente d'origine ont permis de proposer une restitution assez fiable des structures gothiques. On distingue deux ensembles. Un premier sur les travées droites avec une structure à fermes et pannes (ill. 36) avec des demi-fermes comprenant un entrain, un poteau, un arbalétrier raidi par une contrefiche. Un cours unique de pannes, encastrées dans une entaille de l'arbalétrier, soutenait à mi portée les chevrons, eux-mêmes raidis par une jambe de force et un blochet. Une échantignole retenait ces pannes sur l'arbalétrier. Les

corbeaux présents en haut des gouttereaux (ill. 53) étaient destinés à porter un faîtage entre les contreforts plats pour l'appui des têtes du chevronnage. Les demi-fermes devaient s'implanter au droit des contreforts.

Le deuxième ensemble concerne les travées du rond-point avec une charpente à chevrons-formant-fermes (ill. 42), constituée d'une succession de demi-fermes identiques comprenant chacune un entrain, un poteau, un chevron, un potelet et des raidisseurs secondaires. Ce type de charpente se justifiait ici en raison des difficultés à réaliser une structure à panne sur un espace courbe (comme l'attestent les pannes curvilignes de la charpente moderne).

Enfin, les charpentes des absidioles nord et sud, refaites au sud entre 1437 et 1442, étaient également à chevrons-formant-fermes. Leur croupe était constituée d'une dizaine de demi-fermes identiques, comprenant des chevrons raidis par une jambe de force assemblée à mi-bois, un blochet et un entrain retroussé assemblé à tenon-mortaise. Ces entrains retroussés formaient une enrayure dense qui s'assemblait dans une ferme de croupe, à l'emplacement de la ferme de croupe actuelle. Les chevrons se prolongeaient au-delà du blochet comme on le voit dans les charpentes d'origine des hauts vaisseaux du même édifice.

Il est à noter que pour les travées droites du déambulatoire la présence d'une charpente à fermes et pannes est tout-à-fait exceptionnelle vue sa datation. Sa mise en œuvre en 1218 fait de cette structure la plus ancienne charpente à ferme et panne connue actuellement en France, avec celle de la grange du Val-de-la-Haye (Seine-Maritime) entre 1216 et 1220. La plupart d'entre elles se diffusent vers le milieu du XIIIe siècle, essentiellement en Ile-de-France²⁰.

Les datations de la charpente du déambulatoire permettent-elles de mieux comprendre l'évolution du chantier de la cathédrale gothique ?

Les analyses réalisées en 2001²¹ ont proposé un abattage des bois de la charpente de la nef en 1183, ceux du bras nord entre 1192 et 1202, du bras sud entre 1199 et 1208, du chœur entre 1200 et 1206, et de l'absidiole nord du déambulatoire entre 1196 et 1206. Ces analyses, faites avec les protocoles de l'époque peuvent être remises en question en raison des progrès que la dendrochronologie a connus ces dernières années, avec notamment le prélèvement systématique des derniers cernes d'aubier et du cambium qui manquaient dans la plupart des cas.

²⁰ F. Épaud, *De la charpente romane...*, 2007.

²¹ V. Bernard et Y. Le Digol, *Rapport d'étude dendrochronologique*, Rennes 2, 2001.

En effet, les datations faites au cours de notre étude ont permis de mieux caler la date de mise en œuvre du déambulatoire en 1218 (bois 6, automne hiver 1217-1218). Un bois (bois G) daté de l'automne hiver 1214-1215, venant de l'absidiole nord, suppose soit un chantier étalé sur deux ans, soit un stockage des bois dans l'attente du chantier en 1218, hypothèse que nous retiendrons. Il convient toutefois de rester prudent sur la date d'achèvement de cette charpente vue la faible quantité des prélèvements.

Un complément d'analyse a été fait sur les bois du haut vaisseau du chœur, donnant un abattage à l'automne-hiver 1212-1213 et à l'automne-hiver 1215-1216. Idem sur le bras nord du transept avec un bois daté de l'automne hiver 1205-1206. Ces résultats restent provisoires dans l'attente d'une véritable campagne de datation avec d'avantage d'échantillons. Il n'est pas possible en effet de valider une date sur une aussi grande charpente sur la base de quelques échantillons isolés. Il faut plusieurs dizaines de carottages, prélevés avec cambium, pour valider une datation fiable.

On s'oriente donc vers un vaste chantier du chevet vers 1218, avec probablement une construction conjointe des charpentes du déambulatoire et du haut vaisseau, soit peu après la mise en place des charpentes sur les deux bras du transept, peu après 1206. La pose des charpentes du déambulatoire pourrait peut-être avoir été faite juste après celle du haut vaisseau en raison de la présence des échafaudages, du risque de chute des matériaux et pour faciliter la manutention des engins et des bois. Les bois de ces ouvrages peuvent logiquement être disponibles plusieurs années avant leur mise en œuvre, et avoir été stockés dans l'attente du chantier. À l'heure actuelle, de tels constats sur l'exécution des toitures basses sont très rares pour les parties orientales des églises²².

Il reste donc à compléter les observations sur les grandes charpentes de la cathédrale avec de nouvelles datations dendrochronologiques pour avoir plus de précisions sur la mise en œuvre de ces ouvrages et la date d'achèvement des différentes parties de l'édifice gothique. Rappelons que la cathédrale de Lisieux est dans l'état actuel des connaissances l'édifice gothique le plus complet de France puisqu'elle conserve la quasi totalité de ses charpentes d'origine avec des ouvrages des XIIIe-XIIIe siècles en place sur la nef, les deux bras du

²² Des hypothèses semblables ont été récemment formulées dans le cas du chevet de la cathédrale d'Auxerre et restent à soumettre à l'analyse dendrochronologique des vestiges de la charpente du déambulatoire : S. Aumard, *Auxerre, Cathédrale Saint-Étienne : couvertures du déambulatoire. Rapport de suivi archéologique*, Auxerre, CEM, 2016, 53 p.

transept, le chœur, et probablement aussi avec des structures restant à étudier pour le beffroi de la tour sud, la toiture de la tour nord et celle de la croisée.



III. 53 — Déambulatoire : corbeau en partie haute du rond-point (cl. F. Épaud, CNRS).

3 – Les couvertures anciennes

3.1 – Protocole d’observation

Les critères

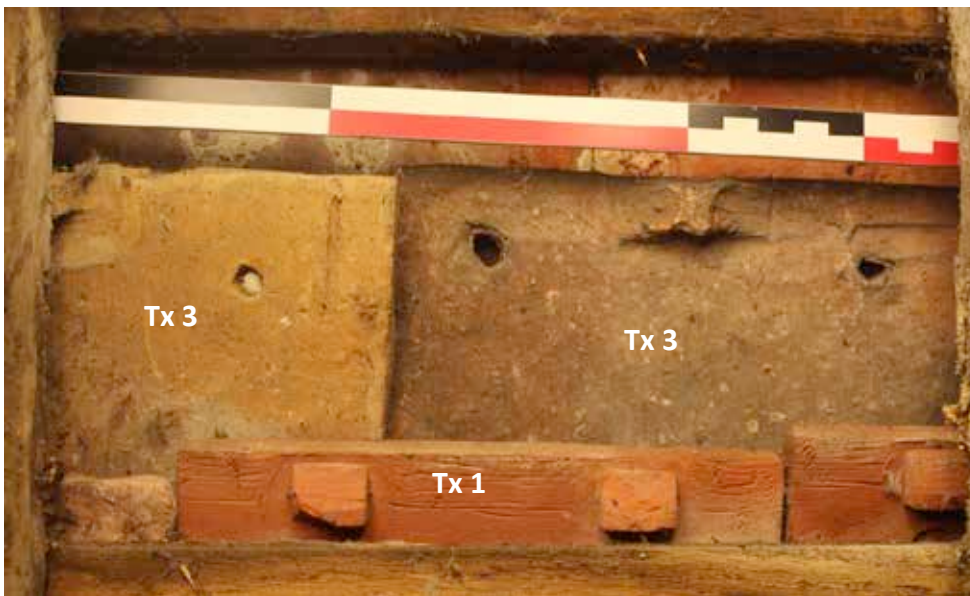
Les critères de recherches se basent sur les acquis réunis depuis plus d’une dizaine d’années dans le domaine de l’archéologie du bâti et notamment celle des couvertures. La connaissance des tuiles médiévales a progressé de manière significative en Bourgogne du Nord par l’étude typologique et archéométrique croisée de grandes séries et par les données des contextes sédimentaires synthétisées pour le Bassin parisien et l’est de la France (cf. *supra*). S’il demeure encore aujourd’hui difficile de définir fiablement les caractéristiques générales des productions tuilières médiévales, plusieurs indices peuvent toutefois servir de critère : système de fixation atypique (grosses perforations pour des chevilles en bois ou gros crochet disposé dans les angles), format important, façonnage soigné. La pertinence de l’utilisation de ces indices à Lisieux est confortée par la découverte de tuiles sans crochet au début des années 2000 dans le comble du transept nord²³. En dehors de ces critères, l’identification des productions médiévales s’avère très difficile, voire impossible, sans le recours à l’archéométrie, notamment dans le cas des typologies munies d’un crochet, extrêmement répandues et déclinées sous une très grande diversité.

Ces contraintes expliquent donc l’aspect déséquilibré de la typologie élaborée au cours de ce diagnostic avec, d’un côté, des tuiles aisément remarquables et probablement d’origine médiévale et, de l’autre, des tuiles d’apparence très communes et peu profitables à la démarche (tabl. 2 ; ill. 54, 55). Afin d’éviter toute confusion possible entre acquis et incertitudes, ces dernières ont été regroupées sous une appellation spécifiques (Tx) assortie d’un numéro. Cette catégorie regroupe aussi bien des productions industrielles pressées mécaniquement à la filière ne pouvant remonter au delà de la fin du XIXe siècle, comme des productions artisanales entièrement fabriquées à la mains dont la chronologie peut varier de l’Ancien Régime à l’Entre deux guerres, sans toutefois exclure totalement le Moyen Âge. Leur prise en compte est toutefois nécessaire pour rendre compte des réfections anciennes ou récentes.

²³ F. Épaud, *op. cit.*, p. 385.

Type provisoire	Dénomination	Période
Sans crochet brut	Sans crochet, 1 ou 2 perforations, pureau brut	Moyen Âge
Sans crochet glaçuré	Sans crochet, 2 perforations, pureau glaçuré	Moyen Âge
À crochet brut	Avec un crochet façonné avec soin, pureau brut	Moyen Âge
À crochet glaçuré	Avec un crochet, pureau glaçuré	Moyen Âge
Tx1	Tuile à crochet pressée mécaniquement, 1 à 3 crochets	XXe s.
Tx2	Tuile à crochet pressée manuellement, sans trou	Moderne ?
Tx3	Tuile à crochet pressée manuellement, 1-2 trous fort (5-10 mm)	Moderne ?
Tx4	Tuile à crochet pressée manuellement, crochet échancré	Moderne ?
Tx5	Idem Tx4, crochet nettement plus échancré	Moderne ?
ind	Non déterminé	

Tabl. 2 Typologie provisoire des tuiles construite au cours du diagnostic des couvertures.



III. 54 — Déambulatoire :
tuiles à crochet de type
Tx1, Tx2 et Tx3 (cl. S.
Aumard, CEM).



III. 55 — Déambulatoire :
tuiles à crochet de type
Tx4 (cl. S. Aumard, CEM).

Les observations

Afin de répondre aux objectifs de l'opération, tous les combles de la cathédrale Saint-Pierre ont fait l'objet d'un examen afin de rechercher des indices de couverture ou de tuiles médiévales. Si la sous-face des versants de toiture a constitué un secteur privilégié des investigations, d'autres voies n'ont pas été en reste : débris sur reins de voûtes et arases des murs ; stocks de tuiles ; remplois dans les maçonneries.

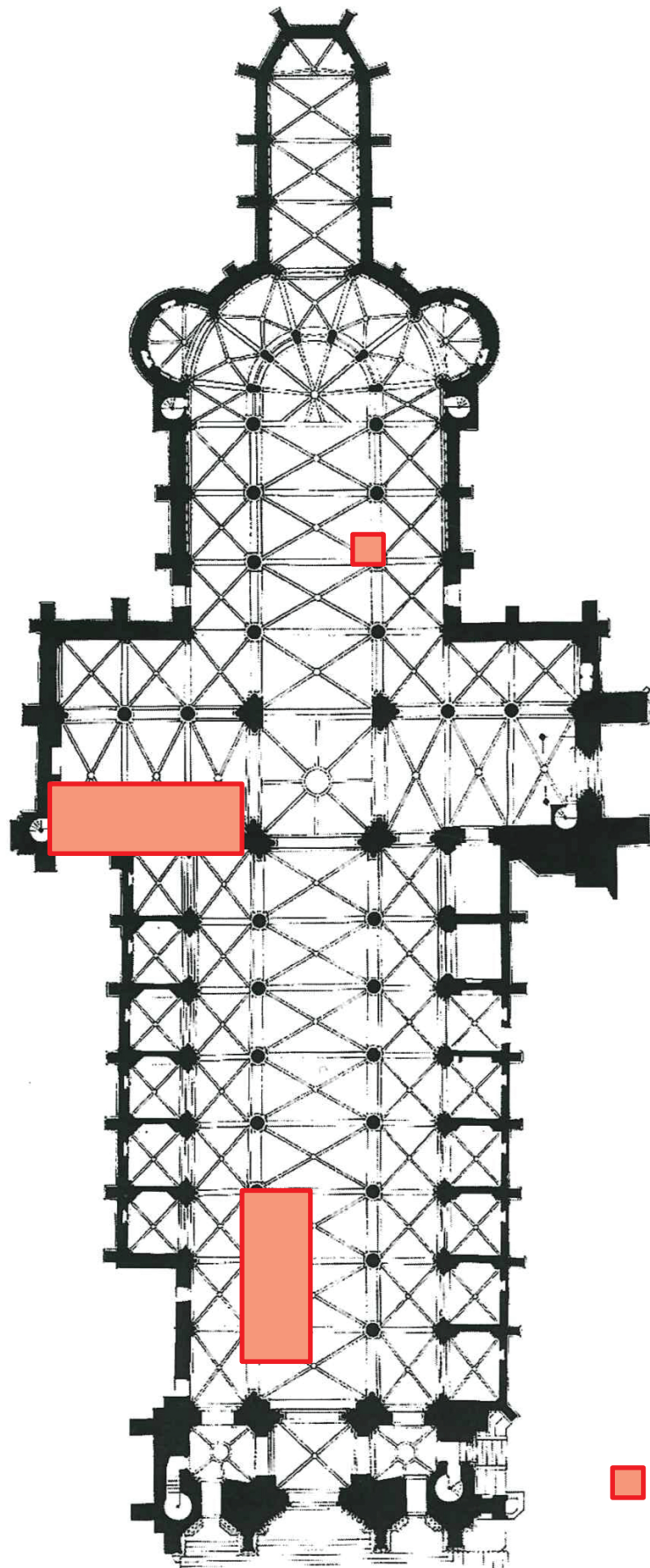
La sous-face des couvertures a été étudiée en suivant ces conditions :


- examen systématique à la lampe-phare de chaque travée de ferme, du pied au faîtage ;
- examen approfondi à partir de secteurs privilégiés, accessible à hauteur d'homme, depuis les entrants et le sommet des voûtes ;
- annotation des informations par travée de charpente en respectant la trame et la numérotation des fermes définie au début des années 2000 ;
- quantification des tuiles estimée à vue et annotée graduellement : quelques exemplaires ou faible ((x) ou x) ; moyen (xxx) ; fort/exclusif (xxxx) .

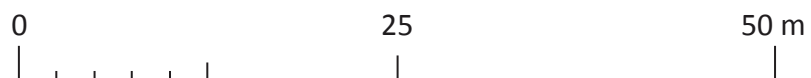
Les zones à fortes densités en tuiles médiévales ont fait l'objet d'observations complémentaires, plus fines et par sondages :

- un sondage s'entend comme la partie d'une travée de charpente facilement accessible à l'observation visuelle, soit environ sur 50x100 cm (0,5 m²) ;
- une travée sur deux (ou quatre) a été sondée selon leur accessibilité ;
- des comptages de tuiles ont été réalisés selon une typologie provisoire (tabl. 9 et 10) ;
- une caractérisation sommaire a été entreprise à partir des largeurs (seule dimension accessible).

Pour les stocks de tuiles présents sur les voûtes ou sur les arases, l'acquisition des données morphométriques a été limitée à un échantillonnage de 10 à 15 unités.



 Forte concentration en tuiles médiévales.



3.2 – Le potentiel archéologique (ill. 56)

Le chœur

La couverture (ill. 57 ; tabl. 4)

L'examen systématique de la couverture du chœur montre clairement une partition entre les trois travées occidentales (F1 à F15) intégralement reprises au cours du XXe siècle avec des tuiles industrielles (Tx1) et les autres travées (F15 à F35 + abside) composées d'une grande majorité de tuiles à crochet pressées manuellement (types Tx2 à Tx5). Ces dernières sont associées dans une moindre mesure à des spécimens de type Tx1, probablement introduits en repiquage au moment de la réfection des parties occidentales.

Cet examen a aussi permis de déceler en pied de versant sud, une concentration d'une vingtaine de tuiles médiévales parmi lesquelles on peut identifier un type sans crochet à 2 trous et quelques exemplaires à crochet latéral ou décentré (ill. 58, 59 ; tabl. 3). Ces derniers appartiennent possiblement à des typologies médiévales encore largement méconnues, parfois mises en évidence en Ile-de-France et en Bourgogne du Nord avec de notables différences au niveau de la morphologie du crochet : ici, à Lisieux, pincé en pointe ; ailleurs, pincé large ou avec multiples facettes. Ces tuiles à crochet anciennes montrent de toute évidence que d'autres indices de ce type figurent parmi les typologies pressées manuellement où ils sont difficiles à mettre en évidence.

<i>Versant sud :</i>	<i>F 17-F18</i>	<i>F18-F19</i>	<i>F19-F20</i>
<i>Sans crochet, 2 trous</i>	6	10	8
<i>Crochet latéral</i>	0	1 ?	2

Tabl. 3 – Chœur, versant sud : effectifs des tuiles supposées médiévales.

Reins de voûtes et arases de murs

Aucun indice remarquable.

Élévations

Aucun indice remarquable.

Potentiel archéologique du secteur

- Fort : en pied de versant sud, de F17 à F20 (20 à 30 tuiles)
- Faible : de F15 à F35 + abside ; prévoir dépose avec surveillance archéologique ponctuelle
- Inexistant : de F1 à F15

CHOEUR

Ferme	Travées		Tuiles MA	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Divers
F1-F7	T1	T1 nord		xxxx					(1)
		T1 sud		xxxx					(1)
F7-F10/11	T2	T2 nord		xxxx					
		T2 sud		xxxx					
F10/11- F14/15	T3	T3 nord		xxxx					
		T3 sud		xxxx					
F14/F15- F18/F19	T4	T4 nord		x	xxx				
		T4 sud	(x)	x	xxx				
F18/19-F23	T5	T5 nord		x	xxx				
		T5 sud	(x)	x	xxx				
F23-F29/30	T6	T6 nord		x	xxx				
		T6 sud		x	xxx				
F29/30-F35	T7	T7 nord		x	xxx				(2)
		T7 sud		x	xxx				(2)
Abside				x	xxx				

(1) fermes d'épures F3 et F4

(2) ferme d'épure F34

Tabl. 4 — Chœur : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).



III. 58 — Chœur, versant sud : tuiles médiévales, type sans crochet (cl. S. Aumard, CEM).



III. 59 — Chœur, versant sud : tuiles médiévales (?), type à gros crochet (cl. S. Aumard, CEM).

Le bras nord du transept (*ill. 60 ; tabl. 5*)

La couverture

L'examen systématique de la couverture du transept nord montre une composition très différente des versants : à l'est, intégralement repris à une époque récente avec des tuiles industrielles (Tx1), à l'ouest, presque exclusivement constitués de tuiles médiévales sans crochet (*ill. 61-66*). La forte concentration de ces dernières ne semble pas fortuite et serait à relier à l'aspect récent de la volige (sciage mécanisé) traduisant une repose après tri-sélection visant à regrouper les tuiles les plus anciennes. Les caractéristiques de ces matériaux sont détaillées dans une partie spécifique (*cf. infra*)

Reins de voûtes et arases de murs

Une dizaine de tuiles médiévales entre les pieds de ferme, surtout côté ouest (type sans crochet à 2 perforations, pureau brut ; *cf. caractérisation infra*).

Élévations

4 ou 5 tuiles en remploi dans le pignon nord (type sans crochet à 2 trous en partie basse de l'élévation, indéterminé en partie haute).

Potentiel archéologique du secteur

- Fort : versant ouest en intégralité ; prévoir dépose avec surveillance archéologique continue.
- Inexistant : versant est en intégralité

TRANSEPT NORD

Ferme	Travées	Tuiles MA	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Divers
F1-F8	T1	xxxx						(1)
	T1 ouest T1 est			xxxx				
F8-F16	T2	xxxx						
	T2 ouest T2 est			xxxx				
F16-F22	T3	xxxx						(2)
	T3 ouest T3 est			xxxx				
F22-F25	T4	xxxx						
	T4 ouest T4 est			xxxx				
Pignon nord								(4)

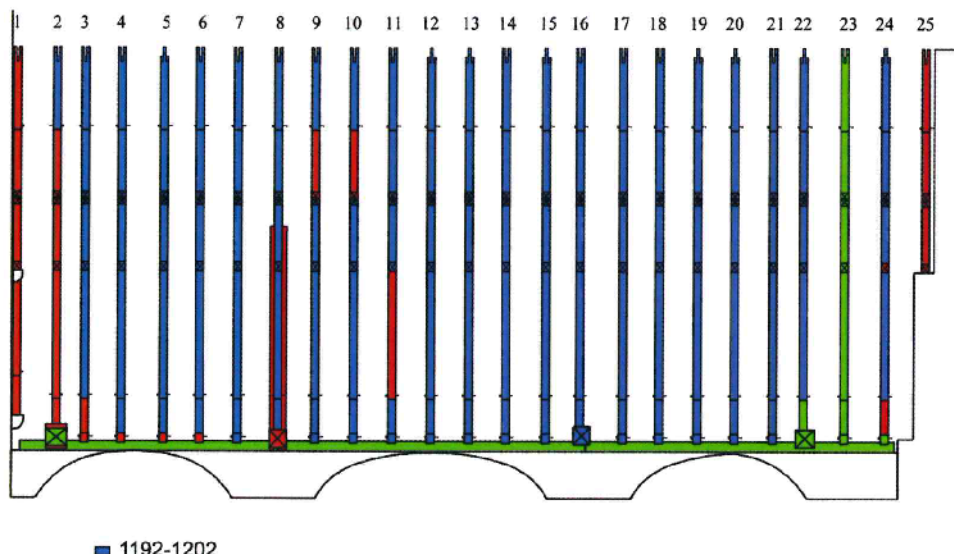
(1) entre blochets F5-F6 : 3 tuiles médiévales (type sans crochet, 2 trous)

(2) entre blochets F20-F21 : 3 tuiles médiévales (type sans crochet, 2 trous)

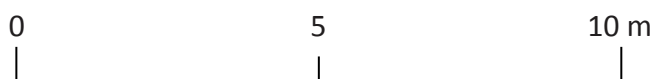
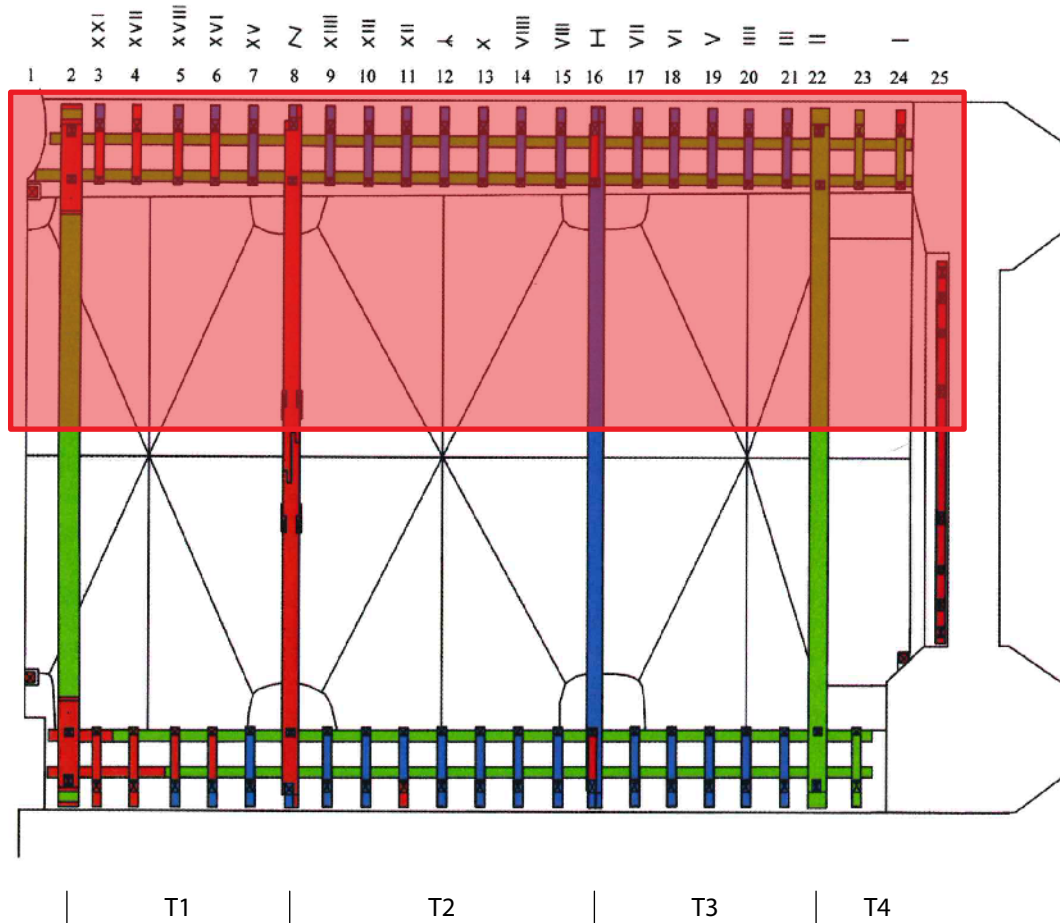
(3) entre blochets F17-F18 : 2 tuiles médiévales (type sans crochet, 2 trous)

(4) tuile médiévales remployés : bas, 2 à 3 ex. sans crochet à 2 trous ; haut, 2 tuiles non déterminées

Tabl. 5 — Transept nord : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).



- 1192-1202
- XV^e siècle
- XIX^e siècle
- XIII^e siècle réemployé



■ Forte concentration en tuiles médiévales.



III. 61 — Transept nord, versant ouest : pureaux noirs correspondant à des tuiles médiévales glaçurées (cl. S. Aumard, CEM).



III. 62 — Transept nord, comble : tuiles médiévales retrouvées sur les reins de voûtes et les arases de mur, type sans crochet (cl. S. Aumard, CEM).



Ill. 63 — Transept nord, versant ouest (sondage 6) : tuiles médiévales sans crochet parfaitement identifiables en sous-face de la couverture (cl. S. Aumard, CEM).



Ill. 64 — Transept nord, versant ouest : tuiles médiévales sans crochet parfaitement identifiables en sous-face de la couverture (cl. S. Aumard, CEM).



Ill. 65 — Transept nord, versant ouest : tuiles médiévales sans crochet à une ou deux perforations ; coulures de glaçure de couleur verte (cl. S. Aumard, CEM).



Ill. 66 — Transept nord, versant ouest : tuiles médiévales sans crochet avec glaçure jaune (cl. S. Aumard, CEM).

Le bras sud du transept (*tabl. 6*)

La couverture

L'examen systématique de la couverture du transept sud a été considérablement gênée par l'insalubrité du comble (nombreuses toiles d'araignée retenant beaucoup de poussières). Malgré cela, le potentiel des couvertures de ce secteur peut être estimé à un faible niveau par les différentes typologies de tuiles à crochet pressées manuellement (Tx2 et Tx4). La moitié nord du versant oriental a, quant à lui, été entièrement renouvelé par un modèle industriel du XXe siècle (Tx1).

Reins de voûtes et arases de murs

Aucun indice remarquable.

Élévations

Aucun indice remarquable.

Potentiel archéologique du secteur

- Faible : versant ouest en intégralité ; versant est partiellement (F1 à F11) ; prévoir dépose avec surveillance archéologique ponctuelle.
- Inexistant : versant est partiellement (F12 à F26)

TRANSEPT SUD (1)

Ferme	Travées	Tuiles MA	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Divers
F1-F9	T1 T1 ouest T1 est			xxx		xxxx		x
F9-F13	T2 T2 ouest T2 est		x	xxx		xxxx		
F13-F19	T3 T3 ouest T3 est		xxxx			xxxx		
F19-F26	T4 T4 ouest T4 est		xxxx			xxxx		

(1) observations très difficiles par la présence de très nombreuses toiles d'araignées sous les versants (surtout à l'est)

Tabl. 6 — Transept sud : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).

La nef (*ill. 67 ; tabl. 7*)

La couverture

L'examen systématique de la couverture de la nef montre clairement l'existence d'un secteur particulièrement riche en tuiles médiévales entre les fermes F6 et F 26 du versant nord (modèles sans crochet à 1 ou 2 trous ; *ill. 68-73* ; cf. caractérisation *infra*). Les observations indiquent même une composition quasi exclusive de ces matériaux, à l'exception de quelques rares exemplaires de tuiles à crochet fabriquées de manière artisanale (Tx2 et Tx5) ou industrielle (Tx1). À l'instar du versant occidental du transept nord, cette concentration pourrait résulter d'un regroupement réalisé aux cours de travaux récents après tri et sélection des tuiles anciennes.

Dans leur grande majorité les autres secteurs de la couverture présentent un potentiel archéologique de niveau faible d'après les multiples modèles de tuiles à crochet pressées manuellement (Tx2, Tx4 et Tx5). Celui-ci devient nul au niveau de la dernière travée orientale (T9) du versant sud, entre les fermes F59 et F68, où la couverture a été refaite avec des tuiles industrielles du XXe siècle de type Tx1.

Reins de voûtes et arases de murs

Une trentaine de tuiles médiévales (36) sur les voûtes des travées occidentales, entre F3 et F9-10 (type sans crochet à 2 perforations, pureau brut ; cf. caractérisation *infra*).

Élévations

Aucun indice remarquable.

Potentiel archéologique du secteur

- Fort : versant nord, de F6 à F26 ; prévoir dépose avec surveillance archéologique continue
- Faible : de F1 à F6 nord, de F26 à F68 nord et de F1 à F58 sud ; prévoir dépose avec surveillance archéologique ponctuelle
- Inexistant : de F58 à F68 sud

NEF

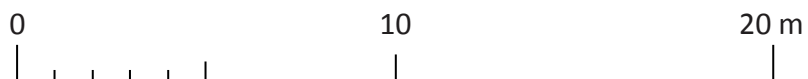
Ferme	Travées		Tuiles MA	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Divers
F1-F3	T1	T1 nord T1 sud							(1)
F3-F9/10	T2	T2 nord T2 sud	xx		xx			xx	(2)
F9/10-F18	T3	T3 nord T3 sud	xxxx		xx			xx	
F18-F26	T4	T4 nord T4 sud	xxx					x	
F26-F34	T5	T5 nord T5 sud		x				xxx	
F34-F43	T6	T6 nord T6 sud		x				xxx	
F43-51	T7	T7 nord T7 sud		x				xxx	
F51-59	T8	T8 nord T8 sud		x				xxx	
F59-F67	T9	T9 nord T9 sud		x				xxx	(3)
F67-F68	T10	T10 nord T10 sud		x				xxx	

(1) rein de voûte : 1 tuile médiévale isolée (type sans crochet)

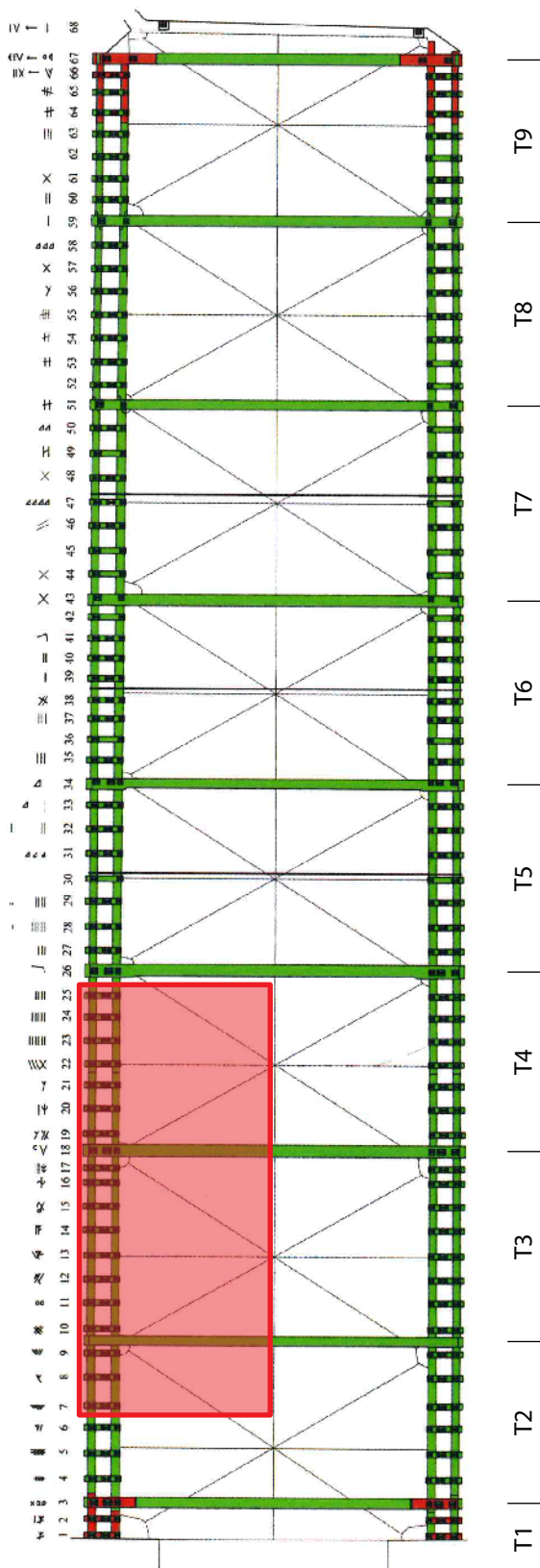
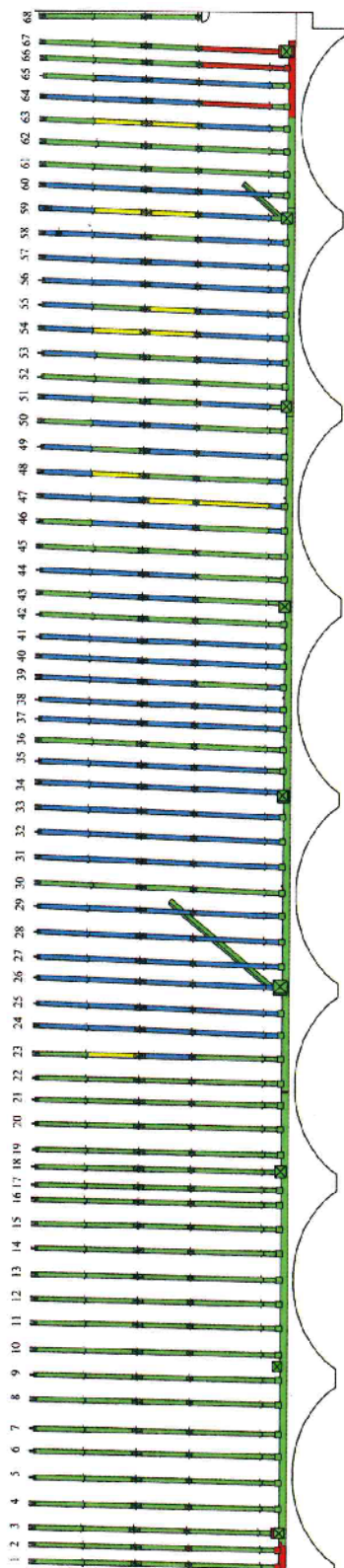
(2) stock sur voûtes (F7-F8), 36 tuiles (principalement type sans crochet, qlq ex. à crochet avec trou à clou)


(3) dans le chemin de planches, un remploi évoquant une ancienne gouttière (bords bûchés)

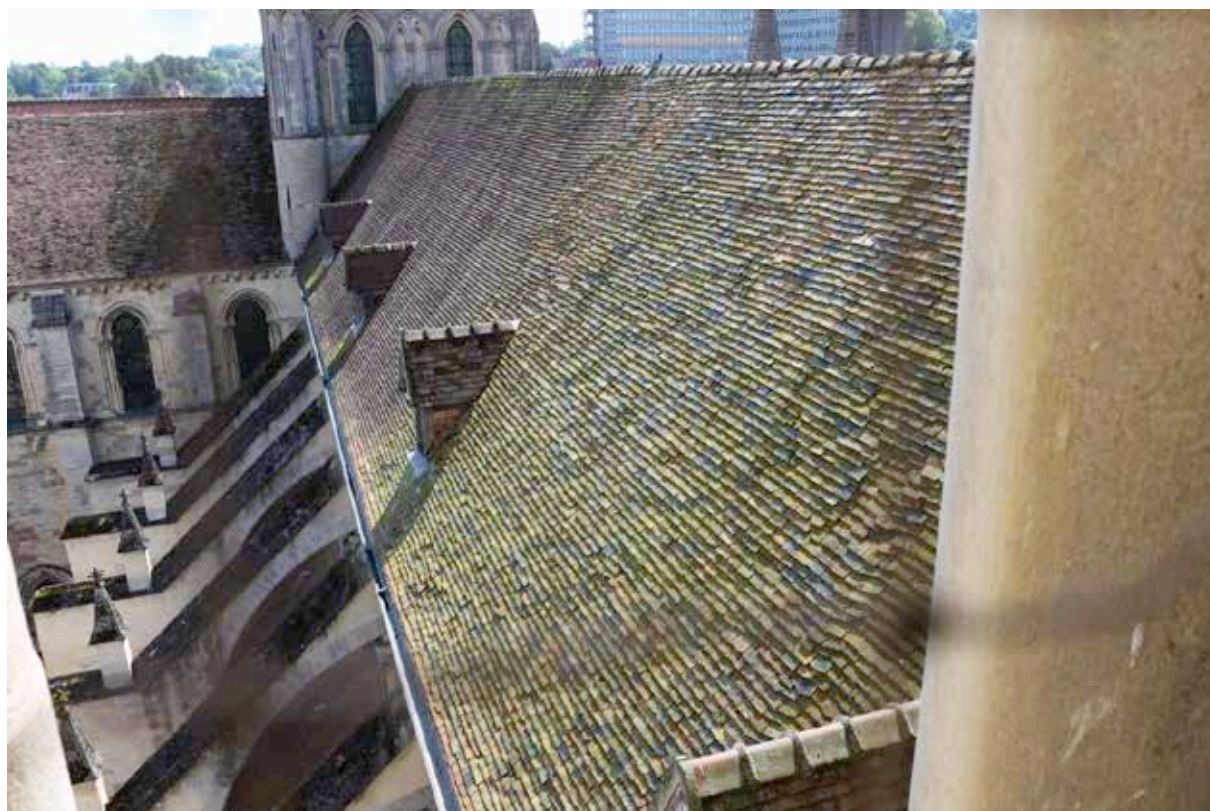
Tabl. 7 — Nef : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).



- 1182-1183
- 1556-1559
- XIXe siècle
- bois de 1182-1183 réemployés



 Forte concentration en tuiles médiévales.



III. 68 — Nef, versant nord : au premier plan, forte concentration en tuiles médiévales (cl. S. Aumard, CEM).



III. 69 — Nef, versant nord : tuiles médiévales sans crochet à deux perforations et pureaux glaçurés (cl. S. Aumard, CEM).



III. 70 — Nef, versant nord : tuiles médiévales sans crochet à deux perforations (cl. S. Aumard, CEM).



III. 71 — Nef, versant nord : tuile médiévale sans crochet avec cheville en place (cl. S. Aumard, CEM).



III. 72 — Nef, versant nord : tuile médiévale (?) à crochet avec perforations à chevilles (cl. S. Aumard, CEM).



III. 73 — Nef, versant nord : tuiles médiévales retrouvées sur les reins de voûtes, type sans crochet à pureau glaçuré (cl. S. Aumard, CEM).

Les collatéraux du chevet : déambulatoire, transept, chapelle axiale (*tabl. 8*)

La couverture

L'examen systématique de la couverture des collatéraux du chevet n'a révélé aucune concentration en tuiles médiévales remarquables, ni aucun élément isolé. L'état général des versants est médiocre et présente de nombreuses reprises récentes ou anciennes.

Le collatéral du transept ne comprend plus de tuiles au nord, où les versants sont bâchés, mais possède au sud le potentiel le plus élevé, quoique de niveau faible, des couvertures basses orientales avec la présence de plusieurs productions artisanales de tuiles à crochet (Tx2, Tx3 et Tx4). L'incorporation de tuiles industrielles de type Tx1 témoigne du caractère récent de cette réfection avec nombreux emplois.

Les versants du déambulatoire semblent aussi avoir connu des reprises d'ampleur au cours de ces dernières décennies, car les productions industrielles y sont largement majoritaires, sporadiquement associées à des tuiles à crochet artisanales (Tx2 et Tx4).

La chapelle axiale comprend également ces deux catégories de production mais selon une partition très nette : versant nord, tuiles de type Tx1 ; versant sud, tuiles de type Tx2 avec des tuiles Tx1 en repiquage. Il est à noter que, paradoxalement, les tuiles industrielles²⁴ se distinguent par un état de conservation particulièrement dégradé, avec nombreuses desquamations de surface, que l'on ne retrouve pas pour les productions anciennes, ou selon des proportions bien plus faibles, voire infimes.

Reins de voûtes et arases de murs

Aucun indice remarquable.

Élévations

Aucun indice remarquable.

Potentiel archéologique du secteur

- Faible : collatéral du transept sud, F1 à F4 ; versant sud de la chapelle axiale, prévoir dépose avec surveillance archéologique ponctuelle
- Très faible, quasi nul : déambulatoire, F4 à F25
- Inexistant : collatéral du transept nord, F25 à F31 ; versant nord de la chapelle axiale.

²⁴ Marque Huguenot-Fenal fabriquée à Phalempin (groupe Imerys).

Chevet

Espace	Ferme	Tuiles MA	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Divers
Transept sud	F1-F2		xxx	xxx	x			
	F2-F3		x	xx		xxxx		
	F3-F4		xxx	xx	x	x		
Transept nord	F28-F29	<i>Couverture déposée et bâchée</i>						
	F29-F30							
	F30-F31							
Déamb. sud	F4-F5		xxx	x		x		
	F5-F6		xxxx					
	F6-F7		xxxx					
	F7-F8		xxx	x				
	F8-F9		xxx	x				
	F9-F10		xxx	x				
	F10-F11		xxxx					
	F11-F12		xxx	xx				
Rond-point	F12-F13		xxx	x				
	F13-F14		xxxx					
	F14-F15		xxxx					
	F15-F16		xxxx					
	F16-F17		xxx	x				
	F17-F18		xxx	x				
	F18-F19		xxx	x				
Déamb. nord	F19-F20		xxx	x				
	F20-F21		xxx	x				
	F21-F22		xxxx					
	F22-F23		xxx	x				
	F23-F24		xxx	x				
	F24-F25		xxxx					
	F25-F26	<i>Couverture déposée et bâchée</i>						
	F26-F27							
F27-F28								
Chapelle axiale	Vers. nord		xxxx					
	Vers. Sud		x	xxx				

Tabl. 8 — Déambulatoire : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).

Les collatéraux de la nef : bas-côtés et chapelles

La couverture

L'examen systématique des collatéraux de la nef montre une réfection récente des couvertures avec des tuiles à crochet industrielles Tx1. Quelques tuiles pressées artisanalement semblent avoir été introduites dans les parties méridionales. Les chapelles nord ont été recouvertes de plomb.

Reins de voûtes et arases de murs

Aucun indice remarquable.

Élévations

Aucun indice remarquable. À noter, en première travée sud, la présence insolite de vestiges assez bien conservés d'une habitation comprenant pan de bois, cheminée, boiserie, le tout pouvant éventuellement correspondre au logement du sonneur (proximité des beffrois occidentaux ; ill. 74-75).

Potentiel archéologique du secteur

- Très Faible, quasi nul : collatéral sud avec chapelles.
- Inexistant : collatéral nord avec chapelles.



III. 74 — Nef, collatéral sud : vestiges d'un logement d'habitation (sonneur de cloche ?), cheminée et boiseries (cl. S. Aumard, CEM).



III. 75 — Nef, collatéral sud : vestiges d'un logement d'habitation (sonneur de cloche ?), pan de bois oriental hourdé de torchis (cl. S. Aumard, CEM).

3.3 – Les espaces à fort potentiel

La nef (tabl. 9)

Comme l'a montré l'examen des couvertures par leur sous-face, le versant nord de la nef comprend une importante concentration de tuiles médiévales entre les fermes F7 et F26. Les observations approfondies ont été réalisées par sondage à hauteur de 4% de la surface formée par ces tuiles et confirment le diagnostic visuel. Les comptages montrent une écrasante majorité de tuiles sans crochet à deux perforations dont la densité peut être estimée entre 75 et 100 % des matériaux, soit près de 60 tuiles médiévales au mètre-carré. Par extrapolation, les quantités seraient considérables, entre 5000 et 7000 unités.

Quelques exemplaires paraissent encore conserver leurs chevilles en bois, ce qui est relativement rare, sans être toutefois exceptionnel²⁵ (ill. 71). D'autres typologies médiévales semblent présentes d'après plusieurs cas munis d'un gros crochet (latéral ?) à l'instar des productions découvertes au pied du versant sud du chœur (ill. 59). Certaines pourraient même cumuler les deux systèmes, perforations à cheville et crochet (ill. 72).

Les conditions d'observation n'ont pas permis d'appréhender finement le traitement des pureaux, mais la présence de glaçure sous la forme de coulures atteste indubitablement l'emploi de cette solution décorative déclinée selon plusieurs coloris : jaune, orange-marron, vert (ill. 65, 66, 73).

NEF	Sond. 1	Sond. 2	Sond. 3	Sond. 4	Sond. 5	Sond. 6	Sond. 7	Sond. 8	Moy	Ect
<i>Versant nord</i>	<i>f7-f8</i>	<i>f9-f10</i>	<i>f12-f13</i>	<i>f14-f15</i>	<i>f17-f18</i>	<i>f18-f19</i>	<i>f21-f22</i>	<i>f23-f24</i>		
ind	6	1	3	0	2	0	0	0	1,5	2,1
ss crochet, 2 tr brut	14	22	21	18	12	16	19	23	18,1	3,9
ss crochet, 2 tr gl	13	13	9	14	15	8	5	13	11,3	3,5
Cr brut, Tx2-Tx5	3	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,1
Cr brut, Tx1	0	1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4
<i>Total</i>	36	37	33	32	29	24	24	36	31,4	5,2
<i>MA</i>	27	35	30	32	27	24	24	36	29,4	4,7
<i>%</i>	75%	95%	91%	100%	93%	100%	100%	100%	94%	

surface potentiel : 12x8,5 m, soit 102 m²

surface sondée : 4 m² (4%)

densité : env. 29 tuiles/0,5 m² (+/-5), soit 58/m² (+/-10)

estimation : 5916 +/-1020 tuiles MA (4896 à 6936 tuiles)

Tabl. 9 — Nef, zone de fort potentiel : estimation des effectifs selon une typologie sommaire.

²⁵ Voir en particulier les découvertes sur les toitures de la cathédrale d'Auxerre : S. Aumard, *Approches archéologiques...*, p. 311-312.

Le bras nord du transept (tabl. 10)

Le versant ouest du bras nord du transept constitue la seconde importante concentration en tuiles médiévales. Les comptages réalisés sur une surface sondée de moins de 3 % montrent là aussi la nette prédominance des tuiles sans crochet. Leur densité entre 94 et 100 % apparaît plus forte que sur le versant nord de la nef. Soit, environ 70 tuiles médiévales au mètre-carré permettant d'estimer les quantités entre 8000 et 9000 unités.

Particularité de ce lot, quelques tuiles sans crochet sont munies d'une seule perforation, au lieu de deux, pouvant ainsi appartenir à une catégorie distincte comme à une variante. D'autres typologies semblent également apparaître d'après leurs largeurs plus importantes (20 cm environ) ou le plus fort diamètre de leur perforation (15 mm, contre 10 mm en général). Des chevilles en bois sont conservées, mais selon une quantité moindre que dans la nef.

Le traitement des pureaux semble obéir aux mêmes variations d'après les coulures accidentelles de la glaçure : jaune, orange-marron ou vert (ill. 64-65). D'une manière générale, sur la nef ou le transept nord, ces coulures semblent orientées dans le sens de la longueur des tuiles, ce qui tend à montrer que ces dernières ont été cuites en position debout, posées sur leur largeur.

Transept nord	Sond. 1	Sond. 2	Sond. 3	Sond. 4	Sond. 5	Sond. 6		
<i>Versant ouest</i>	<i>f4-f5</i>	<i>f8-f9</i>	<i>f12-f13</i>	<i>f16-f17</i>	<i>f20-f21</i>	<i>f22-f23</i>	<i>Moy</i>	<i>Ect</i>
ind	0	0	1	0	1	2	0,7	0,8
ss crochet, 2 tr brut	31	27	30	28	23	19	26,3	4,5
ss crochet, 2 tr gl	5	9	5	6	8	14	7,8	3,4
ss crochet, 1 tr brut	0	0	0	0	1	1	0,3	0,5
Cr brut, Tx2-Tx5	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
Cr brut, Tx1	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
<i>Total</i>	36	36	36	34	33	36	35,2	1,3
<i>MA</i>	36	36	35	34	32	34	34,5	1,5
<i>%</i>	100%	100%	97%	100%	97%	94%	98%	

surface potentiel : 15x8,25 m, soit 123,8 m²

surface sondée : 3 m² (2,5%)

densité : env. 35 tuiles/0,5 m² (+/-2), soit 70/m² (+/-4)

estimation : 8666 +/-495 tuiles MA (8171 à 9161 tuiles)

Tabl. 10 — Transept nord, zone de fort potentiel : estimation des effectifs selon une typologie sommaire.

NEF		Transept nord	
<i>Larg.</i>	<i>nb</i>	<i>Larg.</i>	<i>nb</i>
16,5	1	16,5	2
17	2	17,5	5
17,2	1	17,7	5
17,5	7	18	13
17,7	1	18,2	7
18	17	18,5	9
18,5	17	19	8
18,7	1	19,2	2
19	2	19,5	3
<i>Total</i>	49	19,7	3
		20,5	1
		<i>Total</i>	58

Tabl. 11 — Nef et transept nord, zone de fort potentiel : fréquence des largeurs relevées en sous-face de la couverture (largeur en cm).

3.4 – Synthèse sur le potentiel des couvertures

Le potentiel

L'examen systématique des couvertures à partir de leur sous-face a permis une estimation satisfaisante de leur potentiel en tuiles médiévales, tant du point de vue de la localisation que des quantités préservées. Les versants de la nef et du transept nord concentrent l'essentiel des matériaux anciens, *a priori* inexistantes au niveau du transept sud et représentés par quelques exemplaires sur le toit du chœur.

Fait étonnant, les tuiles médiévales de la nef et du transept nord ne sont pas dispersées ou associées en panachage avec les autres tuiles plus récentes, mais elles sont regroupées en concentrations où leur densité est particulièrement forte (tableaux 9 et 10) :

- sur le versant nord de la nef, entre les fermes 3 et 26, où elles atteignent 94% des tuiles, pour une surface 102 m² ;
- sur l'intégralité du versant ouest du transept nord, où elles culminent à 98% des matériaux, pour une surface de près de 124 m².

Outre la densité, l'examen poussé de ces surfaces selon un échantillonnage allant de 2,5 à 4 % a permis de quantifier ce potentiel à un total 14 500 +/- 1 500 tuiles. Le regroupement de ces matériaux n'est vraisemblablement pas fortuit et résulte assurément d'un tri réalisé au cours de précédents travaux de couverture. Les caractéristiques particulières de ces tuiles médiévales ont probablement retenu l'attention des restaurateurs qui, curieusement, ne semblent pas en avoir fait état dans des travaux de recherches ou de publication. Une exploration attentive de la documentation relative aux restaurations des couvertures entreprises depuis les années 1950 apporterait probablement des précisions intéressantes.

Caractéristiques des tuiles médiévales

La même méthode d'observation par échantillonnage a permis d'ébaucher une caractérisation partielle des tuiles médiévales qui, en l'état des recherches, ne peuvent être examinées de manière satisfaisante en raison de leur imbrication dans la couverture ou en raison des très faibles effectifs présents dans les combles. Du point de vue typologique, on est ainsi en mesure d'affirmer l'existence d'au moins trois typologies :

- tuiles sans crochet à deux perforations, à pureau brut ;
- tuiles sans crochet à deux perforations, à pureau glaçuré ;
- tuiles sans crochet à une perforation, à pureau brut.

Il s'agit pour la grande majorité des cas de tuiles dépourvues de crochet, fixées par des chevilles en bois enfoncées en force dans des perforations soigneusement évidées²⁶. Dans une moindre mesure, plusieurs tuiles à crochet pourraient appartenir à des productions médiévales (versant sud du chœur notamment), mais cette attribution ne peut être confirmée car elle nécessiterait de disposer de la totalité des caractéristiques sur des éléments déposés.

Le corpus de mesures collectées est très faible, mais la quinzaine de tuiles entreposées dans les combles de la nef et du transept nord suggère l'existence d'au moins deux modules pour le type sans crochet à 2 perforations (cf. tableaux 12, 13 et 14 ; ill. 76) : pour une largeur comparable d'environ 18,5 cm²⁷, deux valeurs semblent apparaître pour la longueur, autour de 32,2 et 33 cm. Seule l'étude d'un lot conséquent permettrait de déterminer si cet écart est réellement significatif.

Comparaisons et datations envisagées

En l'état des recherches, la datation de ces productions ne peut être précisément établie, car de telles investigations nécessitent l'étude de lots importants sur plusieurs centaines de

²⁶ Le terme de tuiles à chevilles est parfois utilisé par les archéologues (Y. Jeannin, N. Bonvalot, *op. cit.*, p. 360-361 ; G. Deshayes, Les toitures et les tuiles médiévales de l'aile ouest de l'abbaye de Jumièges (Seine-Maritime), in : J.-P. Ollivier, N. Bolo, F. Carré, *Journées archéologiques de Haute-Normandie*, Conches-en-Ouche (5 et 6 juin 2015), Rouen : Presses universitaires de Rouen et du Havre, p. 146-147). Pour notre part nous lui préférons l'appellation « tuiles sans crochet » pour le distinguer des types mixtes cumulant crochet et perforations à chevilles (cf. type T4 de Vermenton : S. Aumard, *Les tuiles des monuments...*, p. 29-33).

²⁷ Cette valeur est confirmée par les mesures relevées au cours des observations approfondies par sondages (tabl. 11).

tuiles et de les soumettre à une approche typologique poussée avant d'entreprendre des analyses en laboratoire. Pour le moment, on est seulement en mesure d'établir quelques parallèles, notamment avec d'autres découvertes en Normandie ou en Bourgogne. Les recherches dans ce domaine sont en effet rares et les références ne sont pas encore suffisamment étoffées. Ces systèmes à chevilles prenant place dans des perforations à fort diamètre semblent se rencontrer dans ces deux régions aux cours des XIIe et XIIIe siècles : en Normandie à Jumièges, Gruchet-le-Valasse, Saint-Martin-de-Boscherville, Grosley-sur-Risle, Harcourt ; en Bourgogne, à Auxerre, Pontigny et Vermenton. Des perforations identiques ont également été identifiées sur des tuiles en Berry, Champagne et Picardie (données inédites). Les types à une seule perforation semblent rares pour le moment, uniquement mises en évidence à la cathédrale de Lisieux²⁸. Les formats sont en tout point comparables avec ceux retrouvés à Jumièges dans la phase 3 de la tour sud de l'abbatiale Notre-Dame, vers la fin du XIIe siècle ou le début du XIIIe siècle²⁹. Les mêmes systèmes de fixation se retrouvent sur des formats plus importants autour de 38,5x21,5 cm à Jumièges également ou sur les sites Bourguignons.

Bien que très peu de ces parallèles aient fait l'objet de datations archéométriques, toutes ces productions semblent s'accorder avec des constructions des XIIe-XIIIe siècles et appartenir une catégorie dont les modules sont de taille importante, dit « Grands formats »³⁰. Il est donc probable, mais cela reste encore à confirmer, que les productions mises en évidence sur les versants de la nef et du transept de la cathédrale de Lisieux étaient destinées à recouvrir initialement des charpentes datées de la fin du XIIe et du début du XIIIe siècle.

Les tuiles de Lisieux et la connaissance des couvertures médiévales

Il reste encore beaucoup à apprendre des grands formats car il s'agirait en réalité des premières tuiles plates produites en Occident. En France, les plus anciennes remontraient

²⁸ Des types similaires ont été mis en évidence en Bourgogne à la cathédrale d'Auxerre et à l'abbaye de Quincy, mais ils n'ont pu être datés : S. Aumard, *Approches archéologiques...*, p. 312 ; Id., *Les tuiles médiévales de l'abbaye cistercienne de Quincy (Tanlay, Yonne), 2007-2008, Bulletin du Centre d'études médiévales d'Auxerre*, 13, 2009, p. 97-98 ; Y. Jeannin, N. Bonvalot, *op. cit.*, p. 360-361.

²⁹ G. Deshayes, *op. cit.*, p. 146.

³⁰ S. Aumard *et al.*, *Les premières ...*, à paraître.

pour l'instant à la charnière des XIe-XIIe siècles, ainsi qu'en Suisse et en Allemagne³¹. Leur format important est tout à fait adapté aux pentes des toitures de ces périodes là qui excèdent rarement 45-50 degrés. L'accentuation sensible de ces dernières au cours des siècles suivant va entraîner une diminution progressive des modules, comme il a été bien mis en évidence en Bourgogne (fig. 77)³². Contrairement à une idée reçue, le système sans crochet ne doit pas être vu comme plus archaïque. Les deux systèmes semblent bien coexister jusque vers la fin du Moyen Âge (XVe siècle) avant que les productions ne soient exclusivement déclinées avec un crochet³³.

État de conservation des tuiles

Contrairement à nos attentes, l'état de conservation des tuiles médiévales de la cathédrale de Lisieux n'a pu être estimé de manière satisfaisante. Il faut rappeler le caractère très novateur de cet aspect du diagnostic archéologique des anciens matériaux de couverture et la faiblesse de notre recul dans ce domaine. Idéalement, il faudrait pouvoir procéder à des tests comme le font les couvreurs ou les fabricants en sonnant un lot de tuiles déposées, supposant au préalable un accès au toit et un remplacement des matériaux par des pièces neuves. En l'état, nous ne pouvons que nous contenter de constats sur la quinzaine de tuiles mesurées et déposées dans les combles, indiquant une fragilité avancée pour 2 éléments, interdisant formellement leur emploi. Toutefois, ce taux de rebut à hauteur de 13% ne saurait être définitivement retenu pour les raisons évoquées plus haut et de la faiblesse des effectifs pris en compte. Il ne s'agit-là que d'une première donnée indicative qui demande largement à être confortée.

³¹ M. Carlier, Les terres cuites architecturales, in : S. Bully (dir.), *Saint-Claude (Jura), Ancien palais abbatial*, 1998-2003, vol. 3 : le mobilier, document final de synthèse, Besançon, Service régional de l'archéologie de Franche-Comté, 2005, p. 194-222 (inédit) ; U. Knapp, Flachziegel aus dem frühen 12. Jahrhundert in Südwestdeutschland - Zeugen eines technologischen Umbruchs, *Bericht der Stiftung Ziegelei-Museum*, 25, 2008, p. 43-47 ; C. Hartung, R. Möller, Ottonische Ziegelfunde in Magdeburg, *Bericht der Stiftung Ziegelei-Museum*, 27, 2010, p. 38-41.

³² S. Aumard, *Les tuiles des monuments...*, p. 34, 41.

³³ S. Aumard, *Les premières tuiles...*, à paraître.

N°	Long.	larg.	ép.	Glaçure	Pureau
1	33,0	18,0	18,0	Noir	lisse
2	32,2	17,0	15,0	Noir ?	lisse
3	32,7	18,5	15,0	Jaune	lisse
4	33,0	18,0	15,0	Noir ?	lisse
5	33,3	18,5	17,0	Jaune	lisse
6	32,2	18,2	15,0	Noire ?	lisse
7	32,2	18,2	15,0	Jaune	lisse
8	32,2	18,5	18,0	Jaune	lisse
9	32,7	18,2	18,0	Noir	lisse
10	32,5	18,5	18,0	Marron	lisse
<i>Moy.</i>	<i>32,6</i>	<i>18,2</i>	<i>16,4</i>		
<i>EcT</i>	<i>0,4</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>		

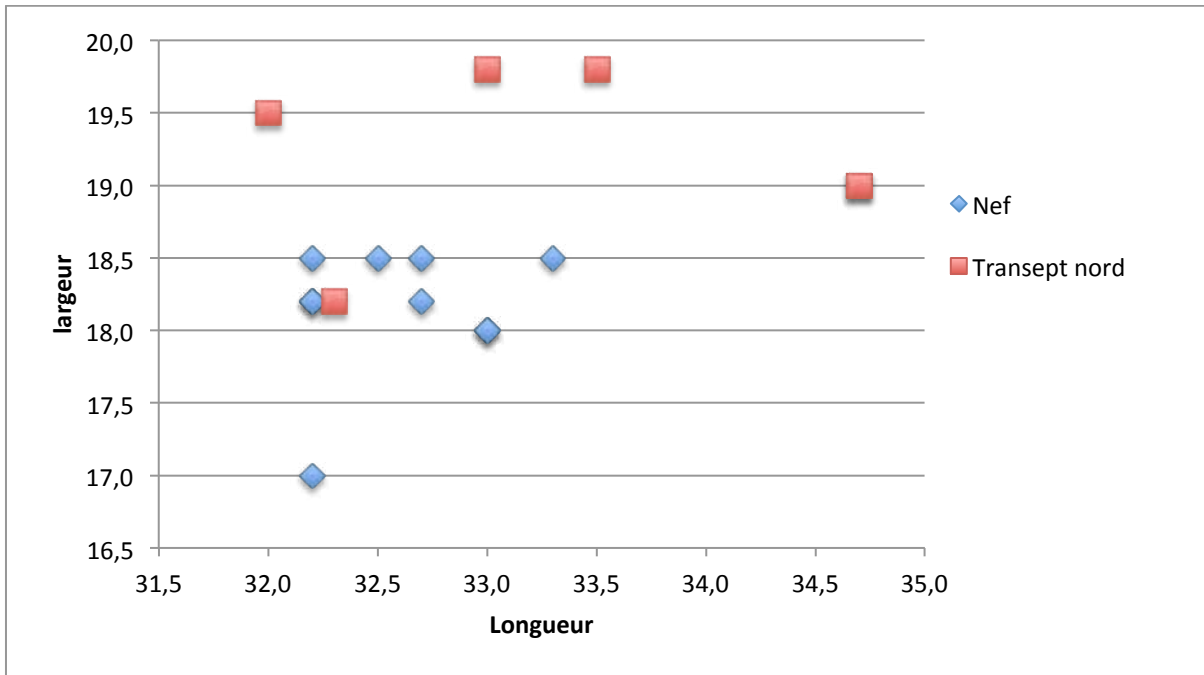
Tabl. 12 — Nef, tuiles sur reins de voûtes : caractérisation morphologique sommaire d'un échantillon restreint (n = 10 ; long. et larg. en cm ; ép. en mm).

N°	Long.	larg.	ép.	diam. Tr gche	Pureau
1	33,0	19,8	15,0	12,0	brut
2	33,5	19,8	15,0	12,0	brut
3	32,0	19,5	18,0	12,0	brut
4	34,7	19,0	16,0	15,0	"gris altéré"
5	34,7	19,0	15,0	15,0	"gris altéré"
6	32,3	18,2	15,0	15,0	brut
<i>Moy.</i>	<i>33,4</i>	<i>19,2</i>	<i>15,7</i>	<i>13,5</i>	
<i>EcT</i>	<i>1,2</i>	<i>0,6</i>	<i>1,2</i>	<i>1,6</i>	

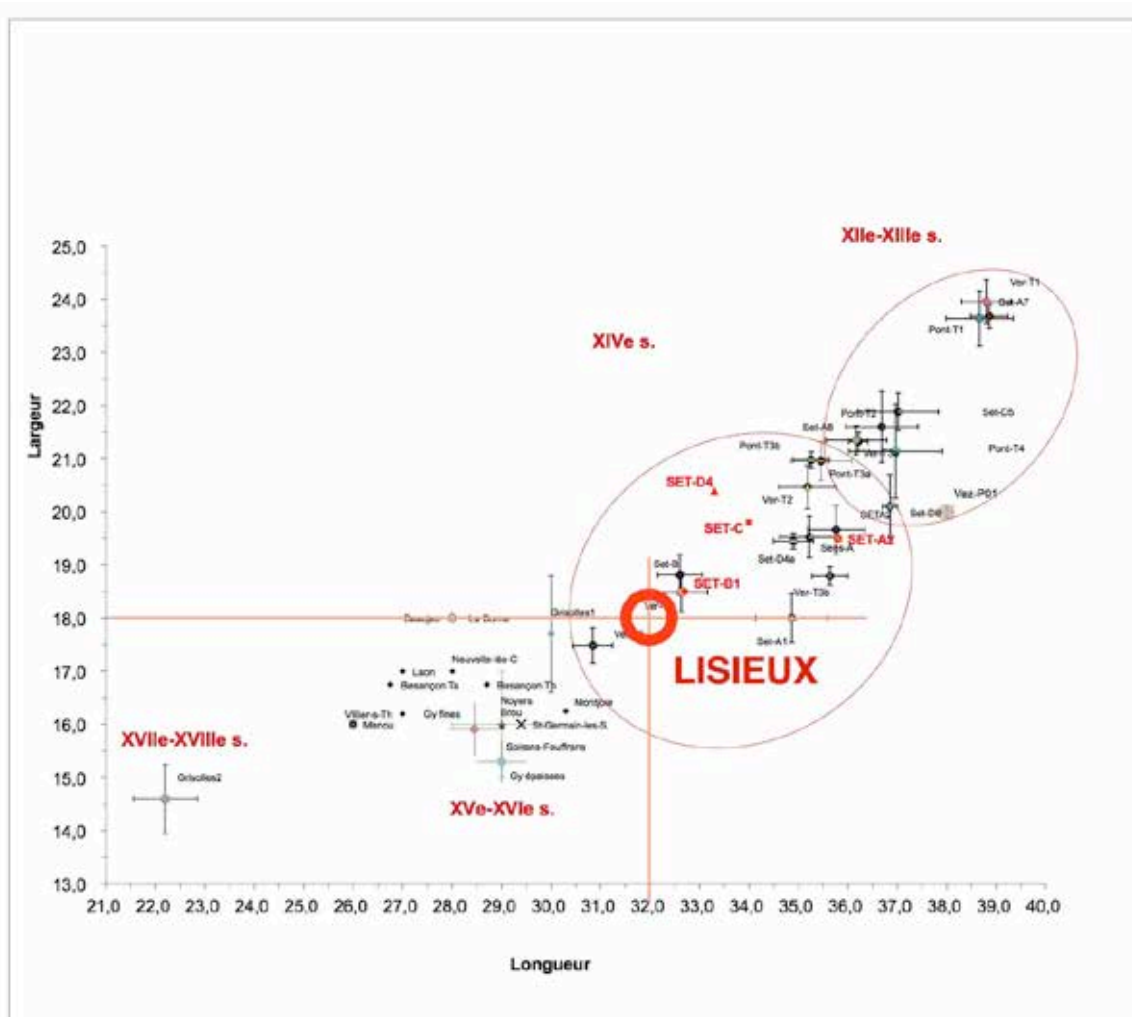
Tabl. 13 — Transept nord, tuiles sur reins de voûtes : caractérisation morphologique sommaire d'un échantillon restreint (n = 6 ; long. et larg. en cm ; ép. en mm).

Long.		larg.		ép.	
32	1	17	1	15	9
32,2	4	18	2	16	1
32,3	1	18,2	4	17	1
32,5	1	18,5	4	18	5
32,7	2	19	2	Total	16
33	3	19,5	1		
33,3	1	19,8	2		
33,5	1	Total	16		
34,7	2				
Total	16				

Tabl. 14 — Nef et transept nord, tuiles sur reins de voûtes : caractérisation morphologique sommaire d'un échantillon, fréquence des dimensions (n = 16 ; long. et larg. en cm ; ép. en mm).



III. 76 — Nef et transept nord : répartition d'un échantillon de tuiles médiévales sans crochet en fonction des dimensions en cm (S. Aumard, CEM).



III. 77 — Abaque du corpus Bourguignon construit selon les dimensions des tuiles (S. Aumard, CEM).

3.5 – Perspectives et recommandations (tabl. 15)

La perspective de regrouper les tuiles médiévales sur une même toiture, comme celle de la chapelle axiale réponds parfaitement aux enjeux de conservation de ces matériaux et cela à double titre :

- en assurant clairement leur identification et leur localisation, voire leur accessibilité partielle (en pied de versant par les coursières et chéneaux) ;
- en offrant l'opportunité de les étudier et de les connaître davantage à l'occasion de leur dépose et avant leur repose.

D'après nos estimations, en cumulant les tuiles médiévales du versant nord de la nef et du versant ouest du transept nord, environ 160 m² de toiture pourraient théoriquement être recouverts. En considérant un taux de dégradation indicatif - très théorique et sous réserve que celui-ci soit confirmé - cette surface ne doit probablement pas être portée au-delà de 140m².

D'un point de vue scientifique, la possibilité d'observer une telle quantité de tuiles potentiellement d'origine et probablement en rapport avec un des plus beaux ensembles de charpentes de la fin du XIIe siècle, constitue à ce jour une opportunité exceptionnelle et à même de pallier les importantes lacunes subsistant à ce jour dans la connaissance des couvertures médiévales. En cas de emploi de ces tuiles, l'absence d'accompagnement scientifique conduirait non seulement à des pertes irrémédiables, mais elle irait à contre-sens d'une prise en compte croissante de ces problématiques par les archéologues maintenant de plus en plus en mesure de répondre aux questionnements du restaurateur. Les prochaines journées du Centre Michel de Boüard (CRAHAM) de l'Université de Caen dédiées aux couvertures et charpentes (juin 2017) témoignent parfaitement de cette évolution de la recherche, évolution sensible en Normandie qui se démarque sur ce point des autres régions.

Le potentiel archéologique des couvertures de la cathédrale de Lisieux est susceptible de permettre à la communauté scientifique de progresser selon plusieurs axes :

- la connaissance d'un grand chantier de couverture de la fin du XIIe siècle ; formes et diversité des tuiles, quantités nécessaires, qualité de l'approvisionnement, mises en œuvre, etc.

- la constitution d'une collection de référence solidement établie sur les tuiles des XIIIe-XIIIe siècles
- la possibilité de comprendre un pan méconnu et important de l'économie de la construction en abordant le rôle des grands chantiers dans le développement des ateliers de terre cuite architecturale.

Pour ce faire, les travaux de dépose des tuiles médiévales doivent impérativement faire l'objet d'un accompagnement scientifique depuis la toiture jusqu'au laboratoire avec, comme priorité absolue, la constitution d'un échantillonnage pertinent et représentatif de toutes les typologies préservées. Les expériences menées en Bourgogne du Nord sur plusieurs édifices médiévaux montrent qu'il est possible de caractériser et dater les productions à condition de s'appuyer sur une analyse morpho-typologique solide basée sur plusieurs dizaines, voire une centaine de tuiles par type. Seule cette approche permet ensuite de déterminer des stratégies pertinentes pour engager des analyses archéométriques en datation et étude de pâtes. De ce point de vue, les estimations montrent que le potentiel de la couverture de la cathédrale de Lisieux répond parfaitement aux critères requis. Les mêmes estimations indiquent également qu'il serait possible de dépasser une limite de la recherche encore jamais atteinte, en tentant de constituer un échantillonnage pertinent pour la couverture d'un grand édifice en approchant 1000 unités, soit moins de 10 % des quantités estimées. Si les études récentes ont pu être menées avec un certain succès, elles s'appuient malheureusement sur une population statistique (quelques centaines) peu représentative au regard de l'approvisionnement du chantier (plusieurs dizaines de milliers).

Espaces	Potentiel	Localisation	Surface	À prévoir en dépose	Compétence		
Chœur	Fort	en pied de F17 à F20	<10 m ²	Suivi en continu	Archéologue		
	Faible	de F15 à F35 + abside		Suivi ponctuel	Archéologue ou autre		
	Nul	F1 à F15					
Transept nord	Fort	Versant ouest	124 m ²	Suivi en continu	Archéologue		
	Nul	Versant est					
Transept sud	Faible	Versant ouest + F1 à F11 est		Suivi ponctuel	Archéologue ou autre		
	Nul	F12 à F26 est					
Nef	Fort	versant nord, de F6 à F26	102 m ²	Suivi en continu	Archéologue		
	Faible	F1 à F6 nord, F26 à F68 nord, F1 à F58 sud				Suivi ponctuel	Archéologue ou autre
	Nul	F58 à F68 sud					
Collatéral du transept	Faible	sud, F1 à F4		Suivi ponctuel	Archéologue ou autre		
	Nul	nord, F25 à F31					
Déambulatoire	T. faible	déambulatoire, F4 à F25					
Chapelle axiale	Faible	versant sud la chapelle axiale		Suivi ponctuel	Archéologue ou autre		
	Nul	versant nord de la chapelle axiale					
Collatéraux de la nef	T. faible	collatéral sud avec chapelles					
	Nul	collatéral nord avec chapelles					

Tabl. 15 — Le potentiel archéologique des couvertures de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux : tableau synoptique (CEM, 2016).

Compte-tenu de ces éléments de réflexion, on est en mesure de proposer un programme d'étude en plusieurs étapes, dont les deux premières sont de caractère indispensable :

étape 1 (prioritaire) – dépose de la couverture :

- surveillance de la dépose
- premier tri en répondant à la fois à des objectifs scientifiques (échantillonnage de référence) et techniques (en vue d'une repose, mettre de côté des éléments en bon état et présentant des caractères redondant avec la typologie)
- sélection des tuiles médiévales pour ébauche d'une typologie
- rangement et conditionnement en caisses plastiques gerbables de la sélection.

étape 2 (prioritaire) – étude des tuiles (à l'abri)

- constitution d'une typologie définitive
- inventaire et enregistrement des tuiles et de leurs caractéristiques morphologiques
- classement et reconditionnement en vue de constituer une collection de référence
- premières approches macroscopiques des pâtes (pétrographie)
- estimation des études archéométriques à prévoir (datations et analyses de pâte).

étape 3 – études archéométriques

- finalisation des approches macroscopiques
- analyses physicochimiques
- datations par archéomagnétisme
- datations par thermoluminescence.

étape 4 – mise en perspective et valorisation

- recherches croisées sur les tuileries de la région (collab. CRAHAM ?)
- publication (exposition ?).

4 – Conclusions et perspectives

À la suite des études menées au début des années 2000, la campagne 2016 a permis d'approfondir la connaissance des charpentes du déambulatoire et celle des couvertures de l'ensemble de l'édifice. Fait rare pour les espaces orientaux, les premières ont pu être reconstituées dans leur état originel vers 1218, associant des structures à chevrons formant fermes et à fermes et pannes. Leur évolution dans le temps, jusque dans leur configuration actuelle, totalement remaniée, a pu être appréhendée au travers de trois phases de modification.

Par ailleurs, l'examen des couvertures a permis de déterminer trois secteurs où des tuiles médiévales sont encore conservées, dont la nef et le transept nord qui en regroupent plusieurs milliers. Dans la perspective de travaux de restauration, des recommandations ont été formulées afin d'optimiser la conservation de ces éléments ainsi que leur étude. Compte tenu des lacunes dans la connaissance actuelle des couvertures médiévales, cet ensemble revêt maintenant d'une importance capitale pour appréhender les chantiers des parties hautes des grands édifices du premier gothique. Sa préservation ainsi que son association à un des plus remarquables ensembles de charpentes de la fin du XIIe siècle confèrent à ce corpus des caractéristiques uniques à l'échelon national, voire européen.

Si la connaissance de ces couvertures ne pourra progresser qu'à la faveur de travaux de restauration, d'autres pistes de recherche peuvent assurément être entreprises sans tarder concernant les nouvelles charpentes médiévales mises en évidence. Il en est ainsi des beffrois et toitures des tours occidentales, autant de structures dont les premiers indices récoltés ne peuvent suffire à la connaissance et dont l'analyse archéologique et la datation restent à mener intégralement. Par ailleurs, une nouvelle problématique semble voir le jour concernant les entrants du grand comble qui apparaissent de plus en plus comme des tirants rajoutés *a posteriori* dont il reste à comprendre les modalités de mise en oeuvre en lien avec les comptabilités du XVe siècle³⁴ et la documentation de la Médiathèque de l'architecture et du patrimoine (cf. Annexe). Enfin, à la faveur des récents progrès en matière de prélèvements dendrochronologiques, il apparaît que les datations entreprises au début des

³⁴ R. Raveaux, Commentaire des comptes de la fabrique de l'église cathédrale Saint-Pierre de Lisieux depuis Pâques 1424 jusqu'à Pâques 1426, *Bull. de la Société d'hist. de Lisieux*, 63, 2007, p. 11-48.

années 2000 sur le grand comble puissent être précisées par le prélèvement intégral de l'aubier avec son assise cambiale (nef, transept, chœur).

D'une manière générale, cette opération a confirmé le caractère exceptionnel de ces toitures, y compris pour les espaces les plus remaniés, le tout pouvant être considéré assurément comme un observatoire privilégié pour la connaissance des charpentes et de leur revêtement à l'aube de la période gothique.

5 – Bibliographie

Anonyme, *Charpentes, Xlle s.*, Paris, Ministère de la Culture - CRMH, 1972, 39 p. (Albums du Centre de recherches sur les monuments historiques).

S. Aumard, Les tuiles médiévales de l'abbaye cistercienne de Quincy (Tanlay, Yonne), 2007-2008, *Bulletin du Centre d'études médiévales d'Auxerre*, 13, 2009, p. 97-98.

Id, Approches archéologiques des couvertures, in : C. Sapin (éd.), *Saint-Étienne d'Auxerre : la seconde vie d'une cathédrale*, Paris, Picard, 2011, p. 303-333.

Id, *Auxerre, Cathédrale Saint-Étienne : couvertures du déambulatoire. Rapport de suivi archéologique*, Auxerre, CEM, 2016, 53 p.

S. Aumard (dir.), *Les tuiles des monuments de l'Yonne : conservation et connaissance de la terre cuite architecturale médiévale*, rapport inédit de PNRCC du ministère de la Culture, Auxerre, CEM, 2010, 197 p.

S. Aumard, A. Ben Amara, S. Büttner, N. Cantin, Ph. Lanos, Ph. Dufresne, A. Zink, É. Porto, La couverture monumentale en chantier. Les cathédrales d'Auxerre et Sens d'après les données archéologiques, archéométriques et historiques, in : F. Duperroy, Y. Desmet (dir.), *Les couvertures médiévales : images et techniques*, Colloque international (Tournai, 22-23 avril 2015), Namur, SPW éditions, 2016, p. 181-193.

S. Aumard, A. Ben Amara, S. Büttner, N. Cantin, A. Zink, É. Porto, Les premières tuiles plates en Auxerrois (Xlle-XIIIe siècles) : approches typologiques et archéométriques, in : F. Thuillier (dir.), *Tuileries et productions tuilières*, à paraître.

V. Bernard et Y. Le Digol, *Rapport d'étude dendrochronologique*, Rennes 2, 2001.

M. Carlier, Les terres cuites architecturales, in : S. Bully (dir.), *Saint-Claude (Jura), Ancien palais abbatial*, 1998-2003, vol. 3 : le mobilier, document final de synthèse, Besançon, Service régional de l'archéologie de Franche-Comté, 2005, p. 194-222.

Chapelot J., Chapelot O., Rieth B. (éd.), *Terres cuites architecturales médiévales et modernes en Ile-de-France et dans les régions voisines*, Caen, Publications du CRAHM, 2009, 454 p.

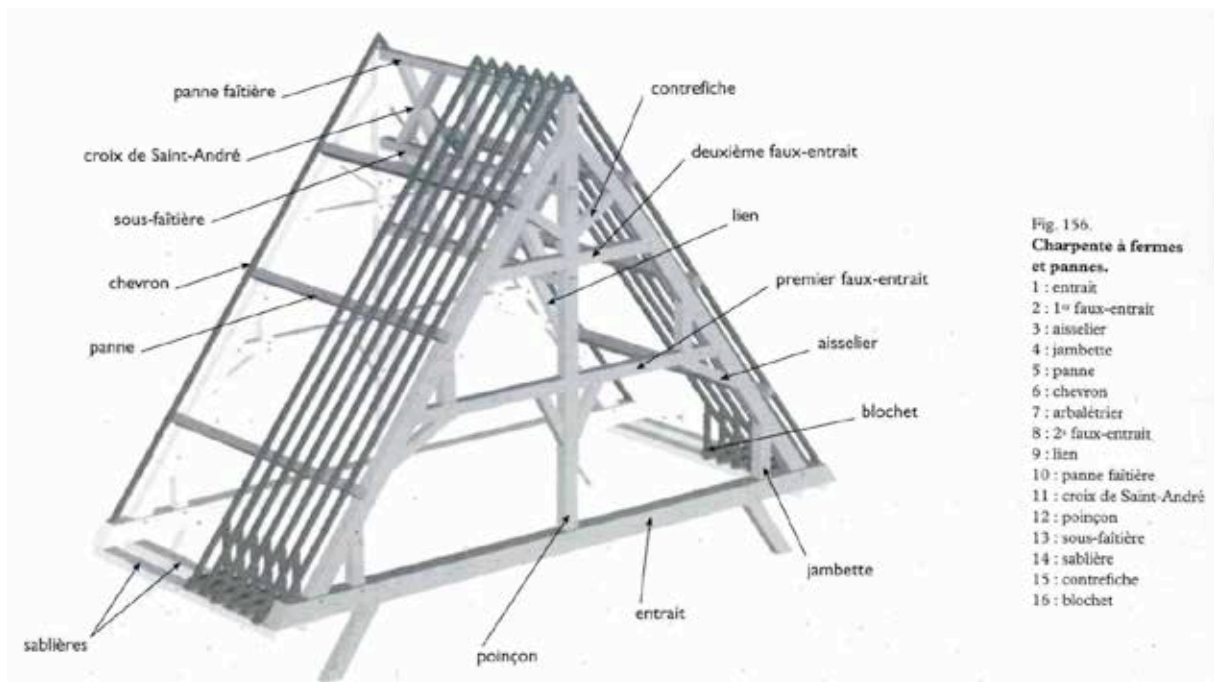
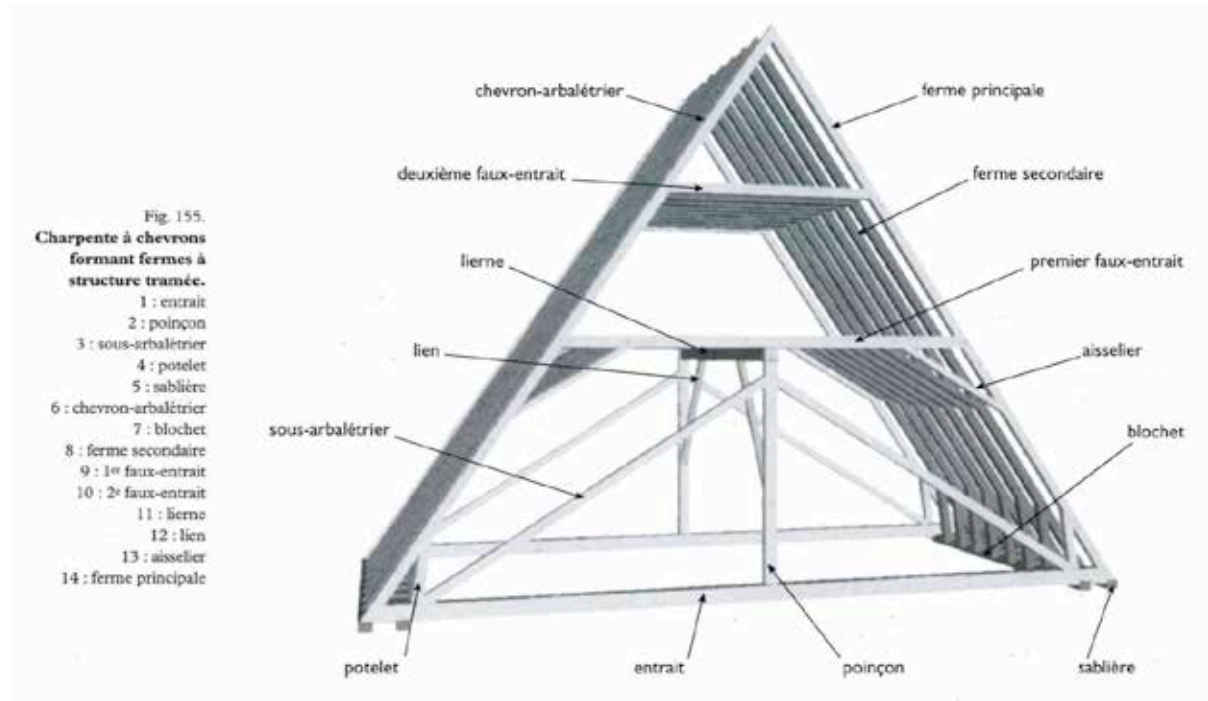
L. Delisle (éd.), *Chronique de Robert de Torigni, abbé du Mont-Saint-Michel*, t. II, Rouen, Le Brument, 1873, 456 p.

G. Deshayes, Les toitures et les tuiles médiévales de l'aile ouest de l'abbaye de Jumièges (Seine-Maritime), in : J.-P. Ollivier, N. Bolo, F. Carré, *Journées archéologiques de Haute-Normandie*, Conches-en-Ouche (5 et 6 juin 2015), Rouen : Presses universitaires de Rouen et du Havre, p. 139-152.

F. Épaud, Les charpentes des Xlle-XIIIe siècles de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux, *Mémoires de la Société des Antiquaires de Normandie*, 2006, XXXVIII, p. 67-103.

- F. Épaud, *De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie. Évolution des techniques et des structures de charpenterie aux XIIe-XIIIe siècles*, Caen, CRAHM, 2007, 613 p.
- A. Erlande-Brandenburg, La cathédrale de Lisieux. Les campagnes de construction, in : *132^e Congrès archéologique de France (Bessin et Pays d'Auge, 1974)*, Paris, Société Française d'Archéologie, 1978, p. 139-172.
- V. Hardy (abbé), *La cathédrale Saint-Pierre de Lisieux*, Paris, Louis Serbat, 1917, rééd. 1926, XIV-325 p. (Petites monographies des grands édifices de la France).
- C. Hartung, R. Möller, Ottonische Ziegelfunde in Magdeburg, *Bericht der Stiftung Ziegelei-Museum*, 27, 2010, p. 34-42.
- P. Hoffsummer (dir.), *Les charpentes du XIe au XIXe siècle. Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Paris, Éditions du Patrimoine, 2002, 375 p.
- P. Hoffsummer (dir.), *Les charpentes du XIe au XIXe siècle. Grand Ouest de la France. Typologie et évolution, analyse de la documentation de la Médiathèque de l'architecture et du patrimoine*, Turnhout, Ed. Brepols, 2011, 385 p.
- G. Huard, La cathédrale de Lisieux aux XIe et XIIe siècles, in : G. Huard, V. Lahaye, J. Lesquier, *Études Lexoviennes*, Caen et Paris, 1919, t. 2, p. 1-36.
- Y. Jeannin, N. Bonvalot, Terre cuite architecturale en Franche-Comté : un aperçu de la question, in : Chapelot J., Chapelot O., Rieth B. (éd.), *Terres cuites architecturales médiévales et modernes en Ile-de-France et dans les régions voisines*, Caen, Publications du CRAHM, 2009, p. 355-384.
- U. Knapp, Flachziegel aus dem frühen 12. Jahrhundert in Südwestdeutschland - Zeugen eines technologischen Umbruchs, *Bericht der Stiftung Ziegelei-Museum*, 25, 2008, p. 26-51.
- R. Raveaux, Commentaire des comptes de la fabrique de l'église cathédrale Saint-Pierre de Lisieux depuis Pâques 1424 jusqu'à Pâques 1426, *Bull. de la Société d'hist. de Lisieux*, 63, 2007, p. 11-48.
- C. Vasseur, *Études historiques et archéologiques sur la cathédrale de Lisieux*, Caen, 1881, 83 p.

6 – Glossaire simplifié



D'ap. Hoffsummer dir. 2002.

7 – Table des illustrations

- III. 1 — La nef, vue vers le chœur (cl. CEM-Auxerre).
- III. 2 — Plan de la cathédrale Saint-Pierre (F. Épaul 2007, p. 352).
- III. 3 — Charpente de la nef : élévation d'une ferme (F. Épaul 2007, p. 360).
- III. 4 — Tuiles médiévales découvertes dans le comble du transept nord au début des années 2000 (F. Épaul 2007, p. 385).
- III. 5 — Déambulatoire : césure entre les maçonneries des deux campagnes du chevet. À g., mur sud, à dr., mur nord (cl. F. Épaul, CNRS ; S. Aumard, CEM).
- fig. 3 III. 6 — Déambulatoire : versant nord de la charpente (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 7 — Déambulatoire, travée 30 : arc de décharge au revers d'une baie du triforium, avec emplacement des couchis prélevés (dessin X. D'Aire, CEM).
- III. 8 — Déambulatoire, travée 30 : arc de décharge au revers d'une baie du triforium, couchis en place (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 9 — Déambulatoire, travée 30 : couchis déposés pour analyse dendrochronologique (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 10 — Déambulatoire : plan de la charpente et des maçonneries (dessin X. D'Aire, CEM).
- III. 11 — Déambulatoire : ferme 11 de la charpente (dessin X. D'Aire, CEM).
- III. 12 — Déambulatoire : faîtage de la charpente (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 13 — Déambulatoire, travée 4 : enrayure de raccord avec le collatéral du transept sud (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 14 — Déambulatoire, travée 15 : ferme d'axe nord (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 15 — Déambulatoire, travée 16 : panne courbe de section trapézoïdale (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 16 — Déambulatoire, travée 18 : absidiole nord (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 17 — Déambulatoire, travée 18 : chevronnage en réemploi de l'absidiole nord (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 18 — Déambulatoire, travée 18 : tête de croupe, absidiole nord (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 19 — Déambulatoire : à droite, chevron scié mécaniquement ; à gauche, chevron débité à la scie de long (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 20 — Déambulatoire : dépôt blanc sur les bois (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 21 — Déambulatoire : marques au ciseau et à la rainette (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 22 — Déambulatoire : relevé des bois datés entre 1437 et 1442 (dessin F. Épaul, CNRS et X. D'Aire, CEM).
- III. 23 — Déambulatoire, travée 1 : bois 1 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 24 — Déambulatoire, travée 1 : bois 2 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 25 — Déambulatoire, absidiole sud : bois 12 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 26 — Déambulatoire : bois débités à la scie de long (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 27 — Déambulatoire : chevron de la croupe sud, marquage au crayon et tracés de piquage (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 28 — Déambulatoire : relevé des bois datés de 1379-1380 (dessin F. Épaul, CNRS et X. D'Aire, CEM).
- III. 29 — Déambulatoire, travée 8 : bois 8 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 30 — Déambulatoire, travée 8 : bois 8, lignage au graphite (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 31 — Déambulatoire, travée 9 : bois 9, chevron à côté de la ferme (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 32 — Déambulatoire, travée 10 : bois 10 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 33 — Déambulatoire : relevé des bois datés de 1215-1218 (dessin F. Épaul, CNRS et X. D'Aire, CEM).
- III. 34 — Déambulatoire, travée 6 : bois 6, 1218 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 35 — Déambulatoire, travée 6 : bois 6, détail d'assemblage (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 36 — Déambulatoire : restitution d'une demi-ferme d'une travée droite, 1218 (dessin F. Épaul, CNRS et X. D'Aire, CEM).
- III. 37 — Déambulatoire, travée 6 : bois 7 (cl. F. Épaul, CNRS).

- III. 38 — Déambulatoire, absidiole sud : bois 11 (étiqueté à droite - cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 39 — Déambulatoire, travée 14 : bois 13, entailles à mi-bois (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 40 — Déambulatoire, travée 14 : bois 13 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 41 — Déambulatoire : bois E, absidiole nord, marque d'assemblage, 1215 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 42 — Déambulatoire : restitution d'une demi-ferme du rond-point, vers 1218 (dessin F. Épaul, CNRS et X. D'Aire, CEM).
- III. 43 — Déambulatoire : relevé des réemplois non datés (dessin F. Épaul, CNRS et X. D'Aire, CEM).
- III. 44 — Déambulatoire : relevé des réemplois non datés - suite (dessin F. Épaul, CNRS et X. D'Aire, CEM).
- III. 45 — Déambulatoire, travée 2 : bois 3 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 46 — Déambulatoire, travée 4 : bois 4 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 47 — Déambulatoire, travée 5 : bois 5 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 48 — Déambulatoire, travée 18 : bois 17 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 49 — Déambulatoire, ferme 17 : bois 18 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 50 — Déambulatoire, travée 25 : bois 21 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 51 — Déambulatoire, ferme 26 : bois 22 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 52 — Déambulatoire, ferme 28 : bois 23 (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 53 — Déambulatoire : corbeau en partie haute du rond-point (cl. F. Épaul, CNRS).
- III. 54 — Déambulatoire : tuiles à crochet de type Tx1, Tx2 et Tx3 (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 55 — Déambulatoire : tuiles à crochet de type Tx4 (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 56 — Plan de la cathédrale Saint-Pierre : zones à fort potentiel en tuiles médiévales (dessin S. Aumard, CEM).
- III. 57 — Chœur : zone à fort potentiel en tuiles médiévales (dessin S. Aumard, CEM ; F. Épaul, CNRS).
- III. 58 — Chœur, versant sud : tuiles médiévales, type sans crochet (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 59 — Chœur, versant sud : tuiles médiévales (?), type à gros crochet (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 60 — Transept nord : zone à fort potentiel en tuiles médiévales (dessin S. Aumard, CEM ; F. Épaul, CNRS).
- III. 61 — Transept nord, versant ouest : pureaux noirs correspondant à des tuiles médiévales glaçurées (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 62 — Transept nord, comble : tuiles médiévales retrouvées sur les reins de voûtes et les arases de mur, type sans crochet (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 63 — Transept nord, versant ouest (sondage 6) : tuiles médiévales sans crochet parfaitement identifiables en sous-face de la couverture (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 64 — Transept nord, versant ouest : tuiles médiévales sans crochet parfaitement identifiables en sous-face de la couverture (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 65 — Transept nord, versant ouest : tuiles médiévales sans crochet à une ou deux perforations ; coulures de glaçure de couleur verte (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 66 — Transept nord, versant ouest : tuiles médiévales sans crochet avec glaçure jaune (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 67 — Nef : zone à fort potentiel en tuiles médiévales (dessin S. Aumard, CEM ; F. Épaul, CNRS).
- III. 68 — Nef, versant nord : au premier plan, forte concentration en tuiles médiévales (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 69 — Nef, versant nord : tuiles médiévales sans crochet à deux perforations et pureaux glaçurés (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 70 — Nef, versant nord : tuiles médiévales sans crochet à deux perforations (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 71 — Nef, versant nord : tuile médiévale sans crochet avec cheville en place (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 72 — Nef, versant nord : tuile médiévale (?) à crochet avec perforations à chevilles (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 73 — Nef, versant nord : tuiles médiévales retrouvées sur les reins de voûtes, type sans crochet à pureau glaçuré (cl. S. Aumard, CEM).

- III. 74 — Nef, collatéral sud : vestiges d'un logement d'habitation (sonneur de cloche ?), cheminée et boiseries (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 75 — Nef, collatéral sud : vestiges d'un logement d'habitation (sonneur de cloche ?), pan de bois est hourdé de torchis (cl. S. Aumard, CEM).
- III. 76 — Nef et transept nord : répartition d'un échantillon de tuiles médiévales sans crochet en fonction des dimensions (S. Aumard, CEM).
- III. 77 — Abaque du corpus Bourguignon construit selon les dimensions des tuiles (S. Aumard, CEM).

Tabl. 1 — Déambulatoire : tableau de localisation des réemplois.

Tabl. 2 — Typologie provisoire des tuiles construite au cours du diagnostic des couvertures.

Tabl. 3 — Chœur, versant sud : effectifs des tuiles supposées médiévales.

Tabl. 4 — Chœur : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).

Tabl. 5 — Transept nord : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).

Tabl. 6 — Transept sud : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).

Tabl. 7 — Nef : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).

Tabl. 8 — Déambulatoire : potentiel archéologique des couvertures (par travée de charpente).

Tabl. 9 — Nef, zone de fort potentiel : estimation des effectifs selon une typologie sommaire.

Tabl. 10 — Transept nord, zone de fort potentiel : estimation des effectifs selon une typologie sommaire.

Tabl. 11 — Nef et transept nord, zone de fort potentiel : fréquence des largeurs relevées en sous-face de la couverture.

Tabl. 12 — Nef, tuiles sur reins de voûtes : caractérisation morphologique sommaire d'un échantillon restreint (n = 10).

Tabl. 13 — Transept nord, tuiles sur reins de voûtes : caractérisation morphologique sommaire d'un échantillon restreint (n = 6).

Tabl. 14 — Nef et transept nord, tuiles sur reins de voûtes : caractérisation morphologique sommaire d'un échantillon, fréquence des dimensions (n = 16).

Tabl. 15 — Le potentiel archéologique des couvertures de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux : tableau synoptique.

8 – Annexes

- Documentation ancienne conservée à la Médiathèque de l'architecture et du Patrimoine (Charenton-le-Pont)
- Rapport d'analyses dendrochronologiques (C. Perrault – CEDRE)

Documentation ancienne conservée à la Médiathèque de l'architecture et du Patrimoine (Charenton-le-Pont)

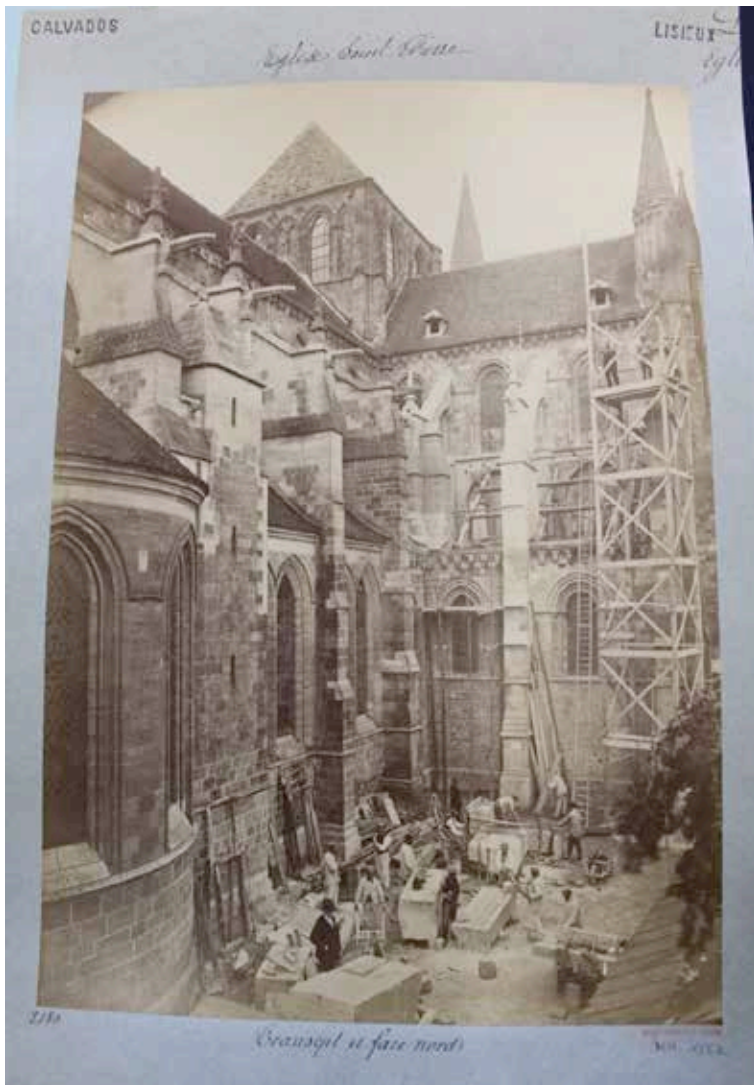
Le fonds rassemblant la documentation sur la cathédrale de Lisieux a fait l'objet d'un examen très bref dans le but d'identifier des éléments susceptibles de conforter les investigations de terrain sur les charpentes et les couvertures. Non prévue dans le programme initial de l'opération, cette recherche a donc été strictement limitée à l'iconographie : plans, élévations, croquis et photographies. Elle a principalement eu lieu à la planothèque (dossier 082/14/2016 ; 082/14/1015) et en salle de lecture (0080/144). Plusieurs pistes intéressantes ont été mises en évidence et demandent à être approfondies à l'avenir :

- les travaux sur les charpentes du collatéral du transept nord ;
- la configuration des tirants ou entrants ajoutés dans le chœur sous l'Ancien Régime ;
- les charpentes des beffrois ;
- la fermeture des baies du triforium du chœur ;
- la reprise en sous-oeuvre des piliers du chœur ;
- des fouilles anciennes dans la nef (1918), et dans l'ancienne sacristie (1878).

Documentation concernant les combles ; en gras, les cotes consultées :

Cote	Sujet	N° doc.	Année	Obs
1996/088/0026	Charpente, élév. ferme pple, ferme sec., cpe long. d'une trav. (F. Esposito).	17037 [D]	1999	Relevé CRMH
1996/088/0026	Charpente, élév. ferme pple, ferme sec., cpe long. d'une trav. (F. Esposito).	17036 [D]	1999	Relevé CRMH
1996/088/0005	Charpente, axonométrie (P. Procorull)	02138 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, faitage.	02137 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, assemblage des entrants retroussés et du poinçon	02136 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, base d'une ferme de chevron.	02135 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, base de la demi- ferme intermédiaire.	02134 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, élévation de la demi- ferme intermédiaire.	02133 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, élévation de la demi- ferme intermédiaire.	02132 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, élévation de la demi- ferme intermédiaire.	02131 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, élévation de la ferme de croupe.	02130 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, demi-plan au niveau des entrants.	02129 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0005	Charpente, plan et élévation.	02128 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>
1996/088/0004	Charpente, détail d'assemblage d'une ferme sur sablières.	01753 [D]	1944	<i>Relevé CRMH, Vol 1 charp.</i>

1996/088/0004	Charpente	01752 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01751 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01750 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01749 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01748 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01747 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01746 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01745 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01744 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
1996/088/0004	Charpente	01743 [D]	1944	Relevé CRMH, Vol 1 charp.
0084/014/1026	« dôme » cl. F. Martin-Sabon (tirage photo,	MH0053827	sd	
0084/014/1026	Fouilles : 6 tirages photographiques	?	Av. 1918	
0081/014/0161	Correspondance : divers (incendie, plaque commémorative ; (1860-1988) ; Abords, aménagement et constructions (1869-1948) ; Installation électrique (soufflerie des orgues, sonnerie des cloches, défectuosité ; (1913-1936) ; Fouilles (1918-1946) ; Travaux (urgence, reconstruction de la sacristie, rapport d'inspection, financement : 1923-1993) ; Vitraux (restauration, projet, pose), mise en place d'une statue, aménagement d'un autel : 1946-1972. / Comptabilité travaux (travaux : 1947) ; Restauration ; Dommage de guerre. ; Installation d'un dispositif contre la foudre.		1860- 1993	
0081/014/0160	Comptabilité travaux (entretien : 1946-1947) ; Restauration ; Déblaiement et consolidation.		1946	
0081/014/0159	Restauration ; Dommage de guerre.		1931- 1945	
0081/014/0158	Restauration ; Dégagement ; Construction d'un calorifère ; Comptabilité travaux (crédit d'urgence : 1924).		1897- 1929	
0081/014/0157	Restauration		1876- 1896	
0081/014/0156	Restauration		1840- 1877	
0082/014/2016	Relevé de cotes et croquis : Bas-côté circulaire du chœur et bas-côté sud du chœur (S.-A. Louzier)		sd	
0082/014/2016	Plan des toitures.	046693	1945	
0082/014/2016	Transept nord, bas-côtés, détails (S.-A. Louzier)	043638	1879	
0082/014/2016	Transept sud, bas-côtés, détails (S.-A. Louzier)	043637	1869	
0082/014/2016	Relevé de cotes et croquis : Coupe longitudinale sur le chœur (S.-A. Louzier)	029189(51)	sd	
0082/014/2016	Relevé de cotes et croquis : Arcs-boutant sud du chœur (S.-A. Louzier).	029189(49)	1870	
0082/014/2016	Relevé de cotes et croquis : Deuxième arc-boutant sud du chœur (S.-A. Louzier).	029189(33)	sd	
0082/014/2016	Relevé des fouilles archéologiques : Coupe, plan (calque, lavis, encre)	025310	1918	
0082/014/1015	Plan, coupes divers (E. Millet)	006745(2)	1869	
0082/014/1015	Plan, coupes (Danjoy)	000520	sd	
0082/014/1025	Lucarnes projetés dans le toit de la nef au nord : Coupe transversale, coupe longitudinale (Ruprich-Robert, Gabriel).	025542	1920	
0080/144	Croquis H. Deneux : transept nord, chœur			



Lisieux (14), cathédrale Saint-Pierre :
charpentes et couvertures - CEM, 2016

Travaux de restauration sur le collatéral
du transept nord (fin XIXe s. ?) : vue
d'ensemble et détail sur la charpente,
bouchages en maçonnerie des baies du
triforium (cliché de M. Mieusement -
MAP 0080/144, document 1552).



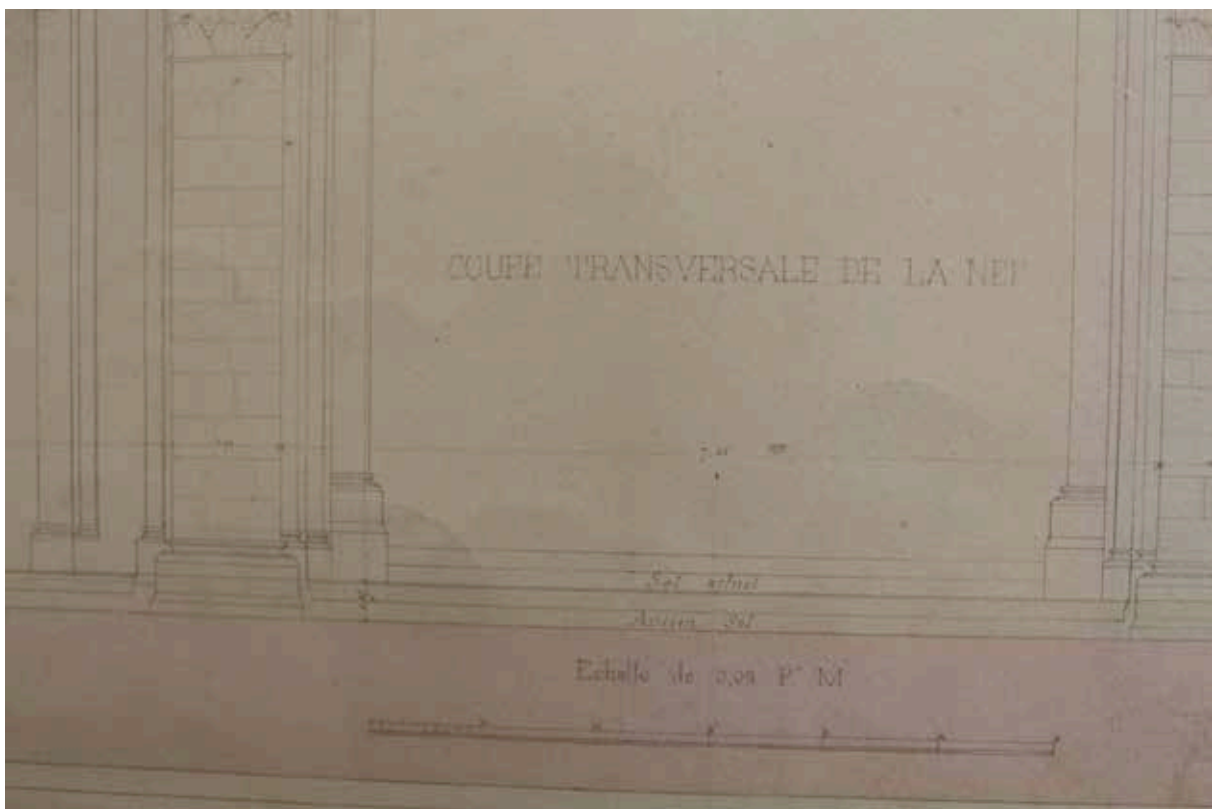


Le gouttereau nord du chœur avant les restaurations de la fin du XIXe s. (?) : vue d'ensemble et détail sur l'extrémité des tirants avec leur dispositif de protection (cliché anonyme - MAP 0080/144, document MH 6437).

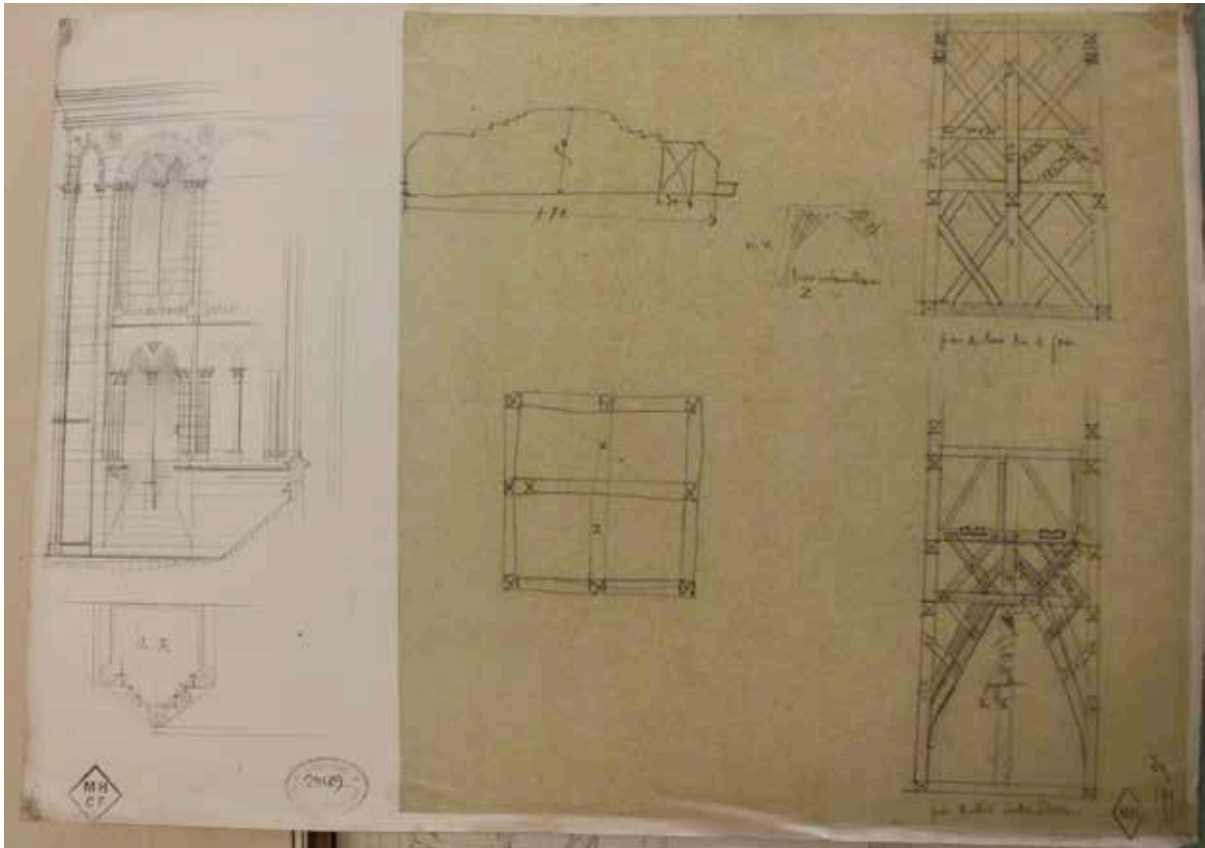




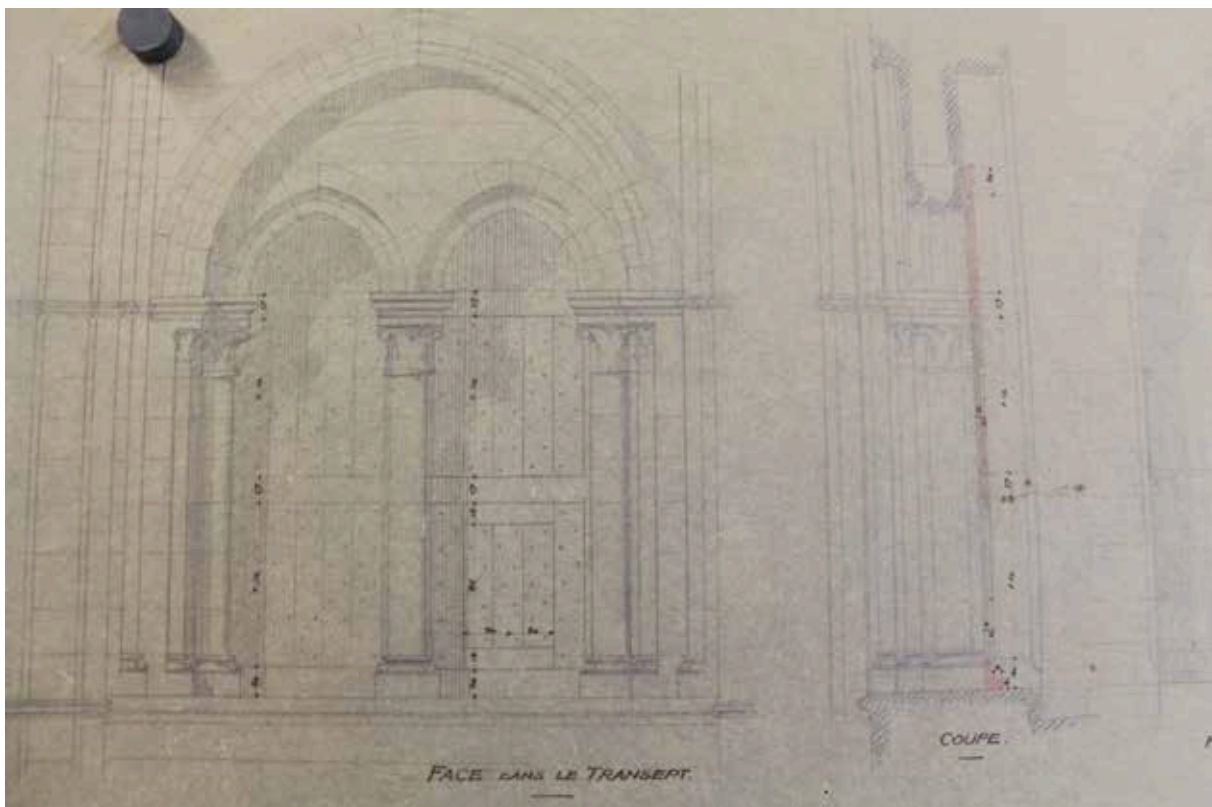
Élévation sur le chœur en 1890 : détail sur la charpente avec entrait ou tirant rajouté sous l'Ancien régime ; mise au net du n° 29189 ? (dessin de J-C. Danjoy - MAP 082/14/1015, document 517).



Élévation sur le chœur en 1890 : détail sur le sol d'origine (d'ap. fouilles de 1878 ?) ; mise au net du n° 29189 ? (dessin de J-C. Danjoy - MAP 082/14/1015, document 517).



Élévation sur les charpentes des beffrois occidentaux (dessin S. A. Louzier - MAP 082/14/2016, document 29189, page 16).



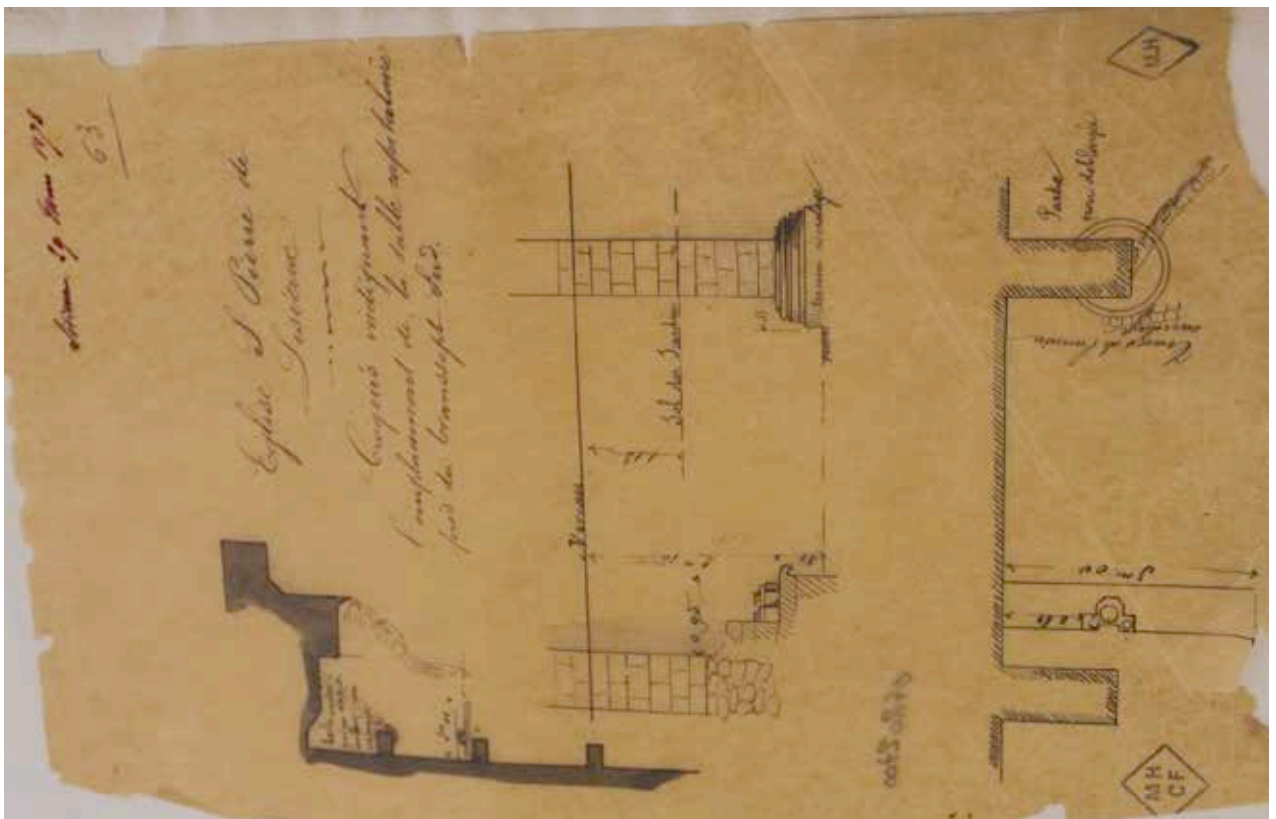
Projet (exécuté) de fermeture des baies du triforium du chœur, 1876 (dessin S. A. Louzier - MAP 082/14/2016, document 97812)



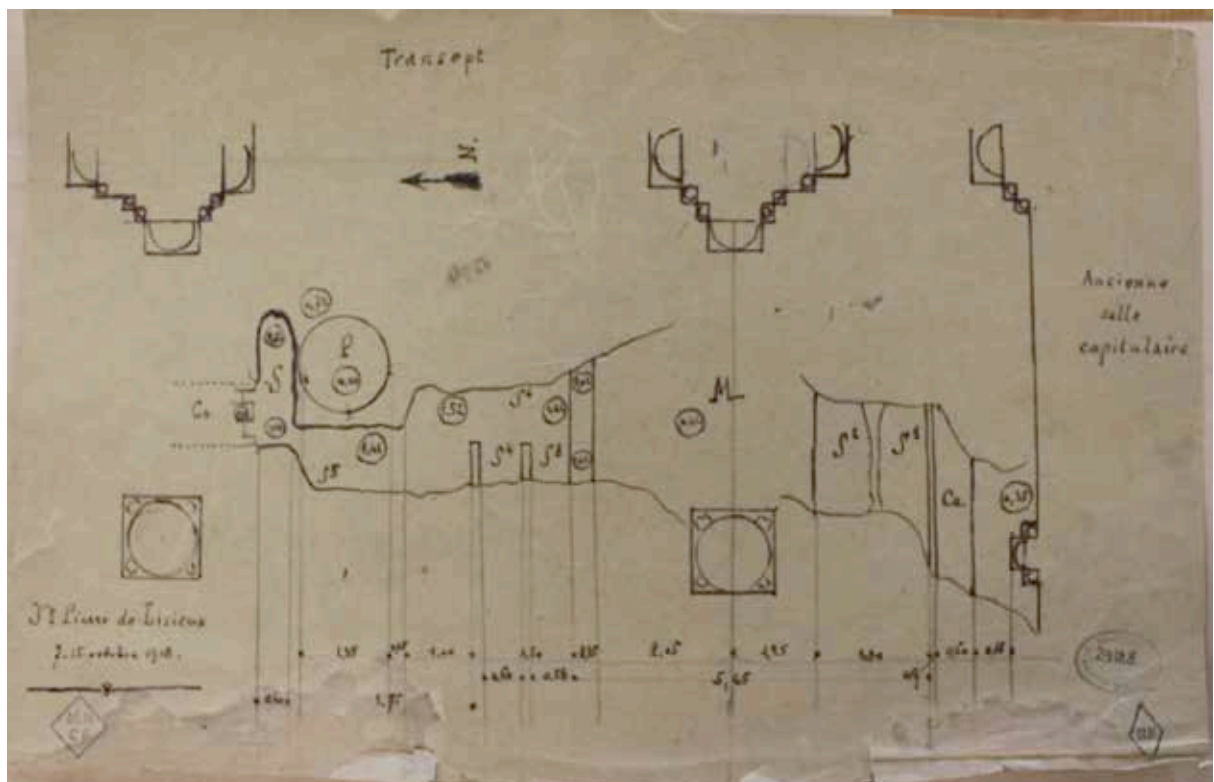
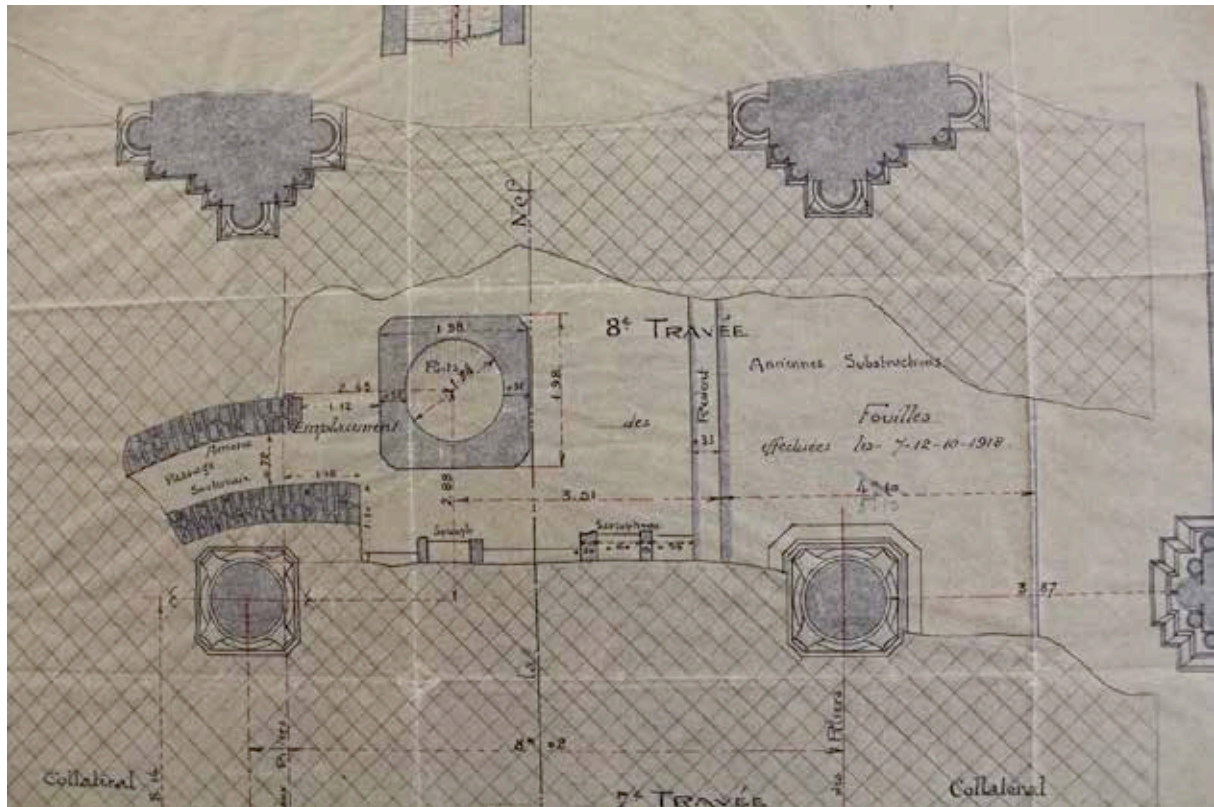
Lisieux (14), cathédrale Saint-Pierre :
charpentes et couvertures - CEM, 2016

Reprise en sous-œuvre d'un pilier du chœur :
vue d'ensemble et détail avec étaie-
ment et dépose du chapiteau (MAP 0080/144,
document 7.642).





Fouilles à l'emplacement de l'ancienne salle capitulaire en 1878 (dessin S. A. Louzier - MAP 082/14/2016, document 29189, pages 63 et 64).



Fouilles dans la nef en 1918, plans : sépultures, sarcophages, puits et galeries souterraine (?) (dessin S. A. Louzier - MAP 082/14/2016, documents 25310 et 29188).



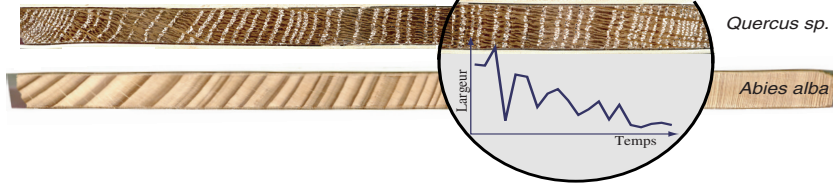
Fouilles dans la nef en 1918,
photographies : base de colonne,
rehaussement du sol (anonyme ? -
MAP 0080/144).





Fouilles dans la nef en 1918, photographies : base de colonne, rehaussement du sol (anonyme ? - MAP 0080/144).

C.E.D.R.E.



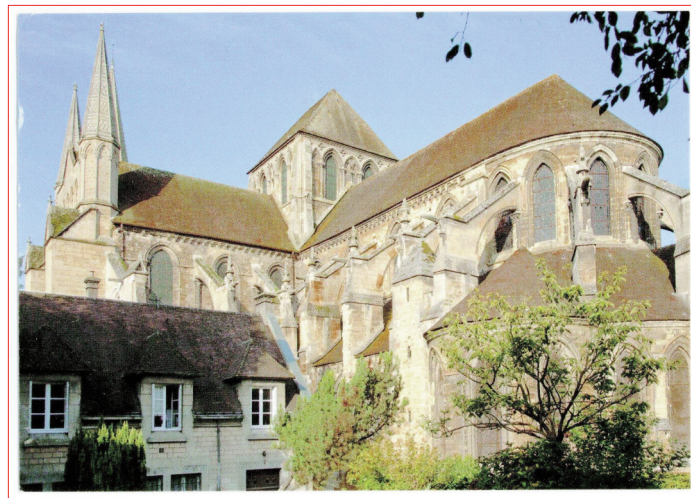
Perrault Christophe
Cedre
12 avenue de Chardonnet
25 000 Besançon

Tel : 03 81 40 19 06
cedre.perrault@wanadoo.fr
<http://dendro-cedre.fr>

Lisieux (calvados) - Cathédrale Saint-Pierre :

Datation par dendrochronologie des bois en emploi des charpentes

du déambulatoire et des absidioles.



Octobre 2016

*Etude réalisée en 2016 par Christophe Perrault, Cedre, Besançon,
dans le cadre d'une étude archéologique du bâti (R.O. Sylvain Aumard, CEM Auxerre).*

Datation dendrochronologique

Principes



Photo 1 (Lavier) : Prélèvement à la tarière électrique

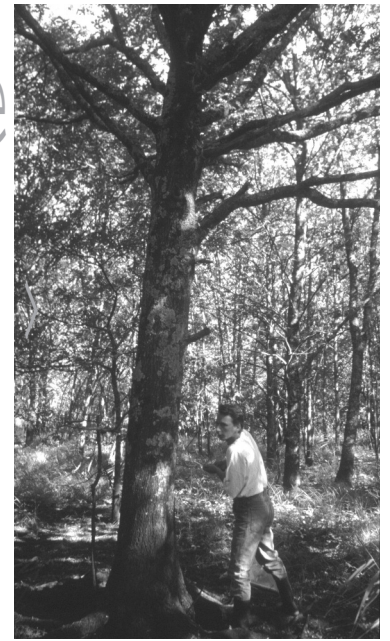


Photo 2 : Prélèvement d'un arbre vivant

La datation d'une structure en bois dans un bâtiment, photo 3, ou dans une fouille archéologique, ou de mobilier requiert la collecte d'un ensemble d'échantillons. Le lot constitué doit permettre aux résultats obtenus par des méthodes statistiques d'être représentatifs des structures étudiées. Si plusieurs

phases de travaux sont supposées dans un édifice, il est indispensable de prévoir des sous-ensembles de prélèvements représentant chaque phase.

L'analyse porte sur la croissance radiale des arbres utilisés (Photo 2). La datation se rapporte donc à leur abattage et non pas directement à leur mise en oeuvre. Les décalages observés entre abattage et emploi restent minimes et permettent parfois de nourrir des hypothèses quant au mode d'approvisionnement du chantier (Hoffsummer, 1989; Wrobel *et al.*, 1993).



Photo 3 : vue de la charpente de la Sainte Chapelle de Riom (63)

Dans des structures détruites, les prélèvements sont effectués par tronçonnage. Dans une charpente en place, des carottes sont extraites à l'aide d'une tarière électrique (Photo 1). Le dommage occasionné reste limité à un orifice de la taille d'un trou de cheville. Les contraintes mécaniques de la poutre ne sont pas modifiées. L'aspect esthétique peut toutefois nécessiter de reboucher le trou, mais cette opération doit respecter certaines contraintes. Les échantillons sont surfacés pour faciliter la mesure des largeurs de cernes (Photo 4). Pour le mobilier, des techniques spécifiques sont utilisées.

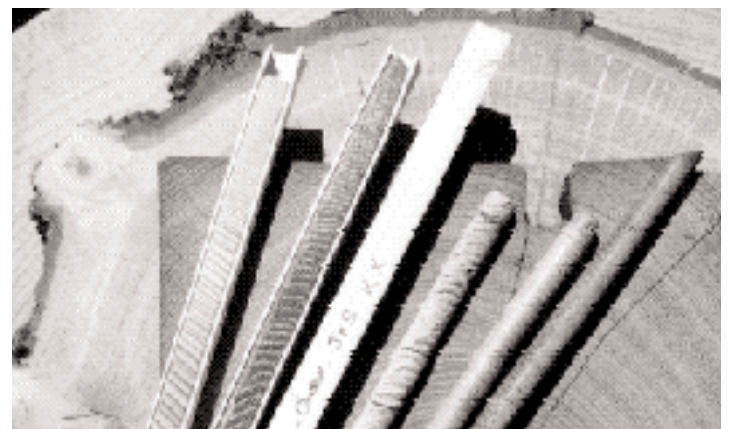


Photo 4 : préparation des échantillons

Etapes de la datation dendrochronologique : Acquisition des données et principe de l'étalonnage

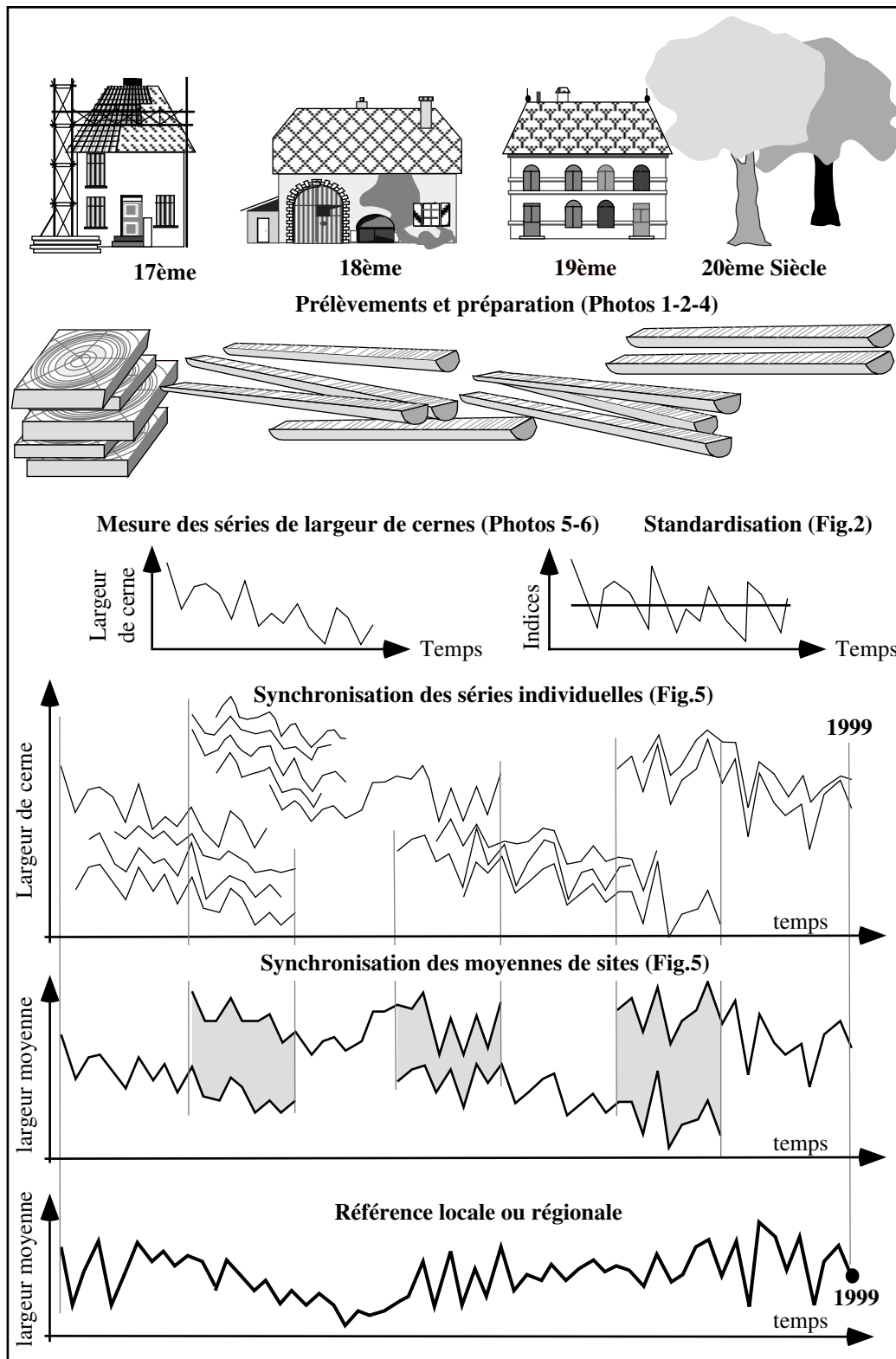


Figure 1 : Principe de l'étalonnage du temps par la dendrochronologie (d'après Lambert, 1998)



Photo 6 : chaîne d'acquisition des données

Les largeurs de cernes sont mesurées en centième de millimètre à l'aide d'un système optique et informatique, puis les séries sont transformées sous forme de graphiques en fonction du temps (Photo 5 et 6).

La datation ne peut pas être effectuée directement avec des largeurs de cernes. Les tests statistiques sont réalisés soit à partir du sens de la variation interannuelle (cf. test de Eckstein Figure 4), soit à partir des données standardisées.

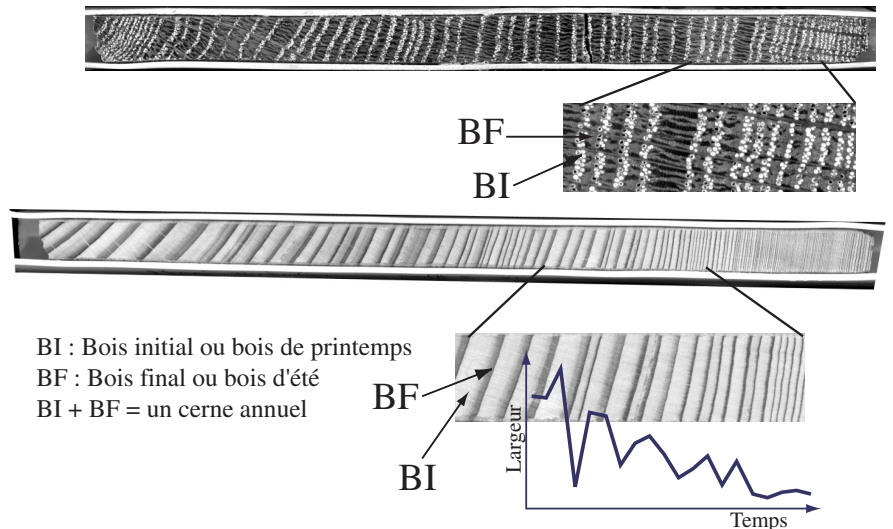


Photo 5 : mesure des largeurs de cerne d'un Chêne et d'un Sapin

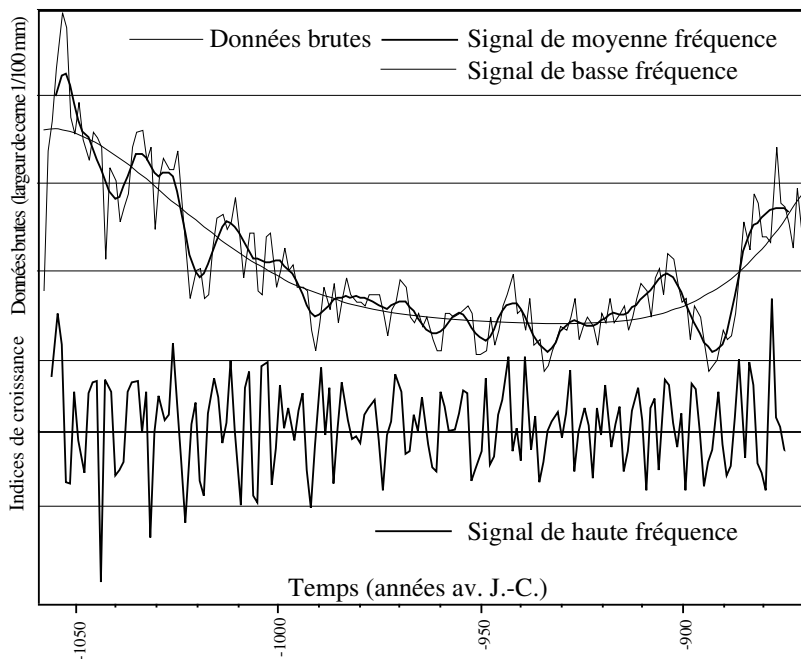


Figure 2 : standardisation des données brutes

L'anatomie du bois est différente selon les espèces. Le cerne annuel du Chêne est composé d'une assise de gros vaisseaux élaborés au printemps (bois initial) et d'une zone essentiellement fibreuse produite en été (bois final). Celui de Sapin est constitué d'un seul type de cellules, les trachéides, dont l'épaisseur et la densité augmentent au cours de l'année (Photo 5).

Les séries de largeurs de cernes présentent des variations de basse, moyenne et haute fréquence (Figure 2). Les premières sont principalement liées au vieillissement de l'arbre. Les variations de l'ordre de 10 à 30 ans ont un déterminisme plus complexe, elles peuvent être liées à des pratiques sylvicoles, aux ravages d'insectes ou au climat... Le signal de haute fréquence est le seul permettant de dater à l'année près. La standardisation a donc comme objectif d'amortir les autres influences, elle transforme les données brutes en séries d'indices stationnaires. En routine, l'indice *Except* (Lambert et Lavier 1992, Guibal *et al.* 1991) est utilisé pour les datations.

Etapes de la datation dendrochronologique : Traitement des données et présentation des résultats

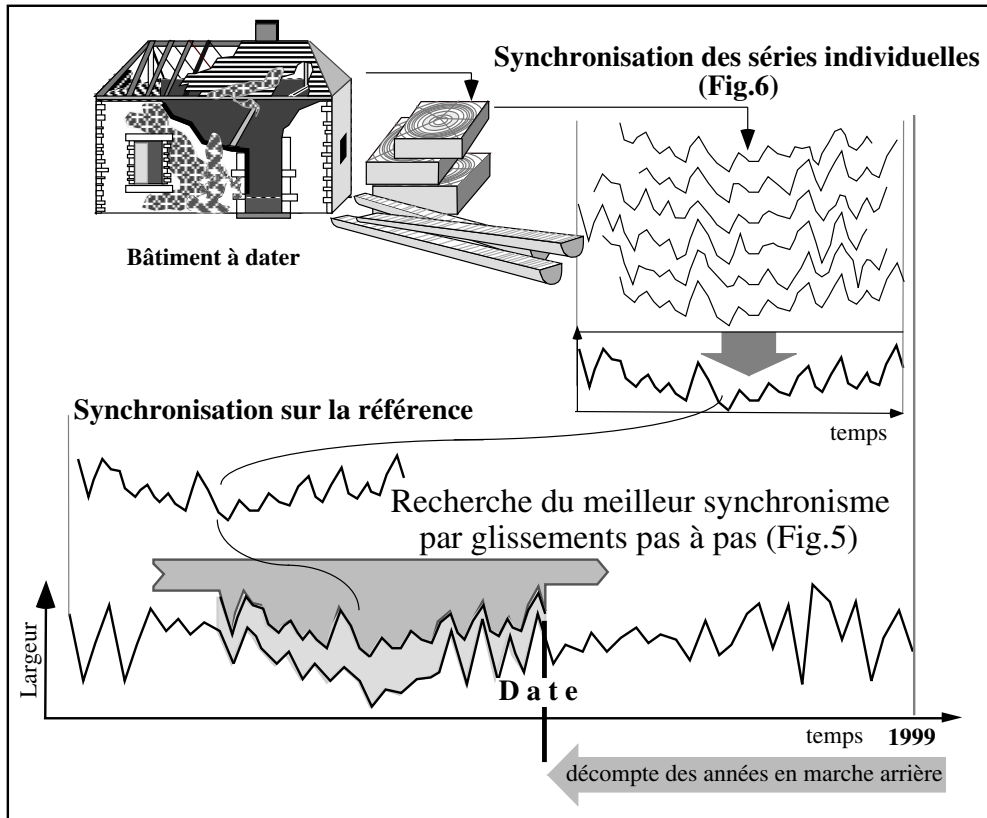
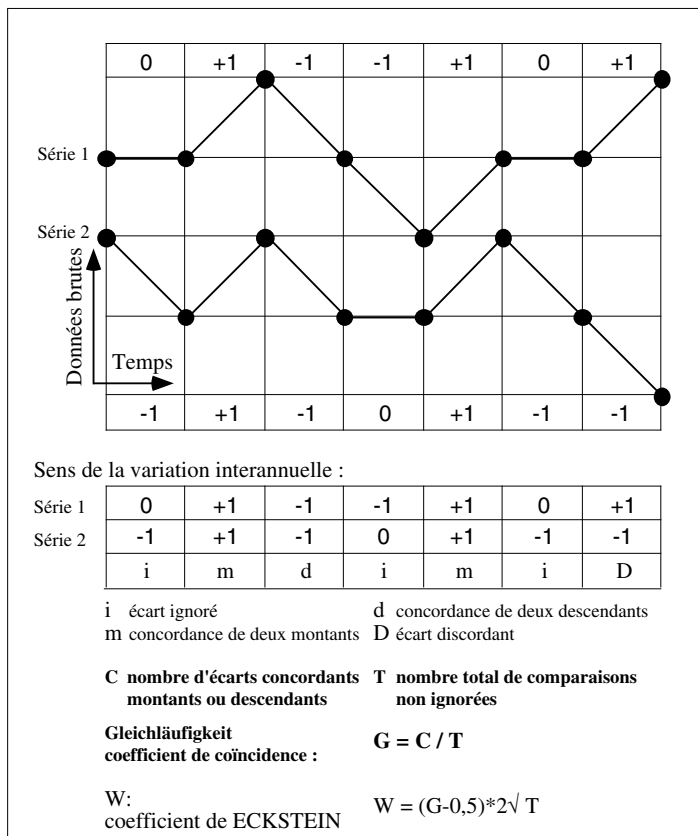
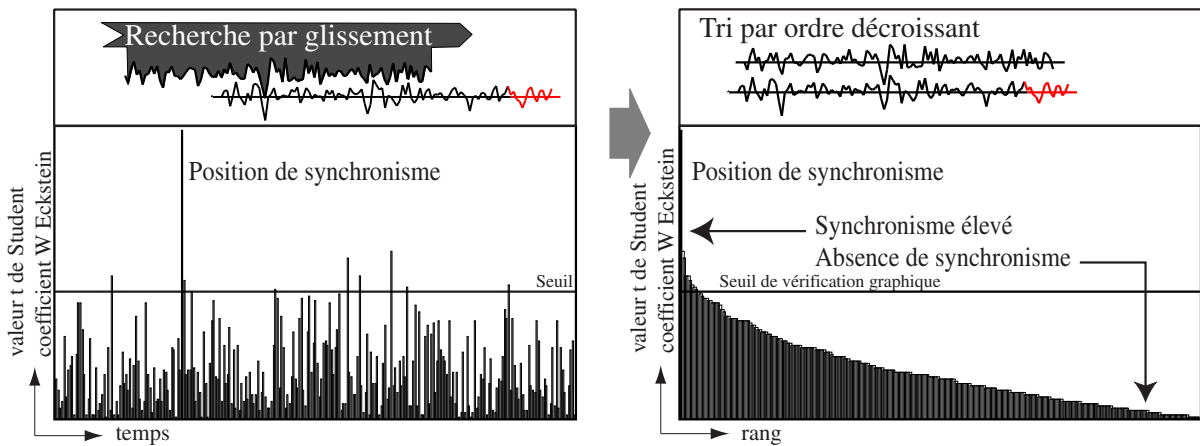


Figure 3 : datation sur un référentiel (d'après Lambert, 1998)



La synchronisation est réalisée par glissement de pas annuel d'une série sur l'autre. Deux tests statistiques permettent de quantifier la qualité du synchronisme pour chaque position. Le test de Eckstein est basé sur la concordance des écarts interannuels (Figure 4). Après standardisation des données, les séries d'indices peuvent être comparées par le coefficient de corrélation dont la fiabilité est estimée par un test de Student. Les meilleures valeurs proposées par ces tests statistiques sont vérifiées graphiquement. La décision de sélectionner une des propositions relève de la responsabilité de l'opérateur. La justification de ce choix est donc indispensable (Figure 5).

Figure 4 : test de Eckstein (1969)



Présentation des résultats

La recherche par glissement produit une série de valeurs parmi lesquelles une seule doit être jugée exceptionnelle pour que la datation soit validée. Le risque associé à cette datation est directement fonction de la dispersion de la valeur choisie par rapport aux autres propositions. Sur la figure de présentation des résultats cette valeur se trouve d'autant rejetée d'un côté de l'axe que le risque d'erreur est faible.

La datation de la moyenne de site est réalisée sur plusieurs références régionales et locales. La comparaison de l'ensemble des résultats permet de définir globalement la qualité de la datation.

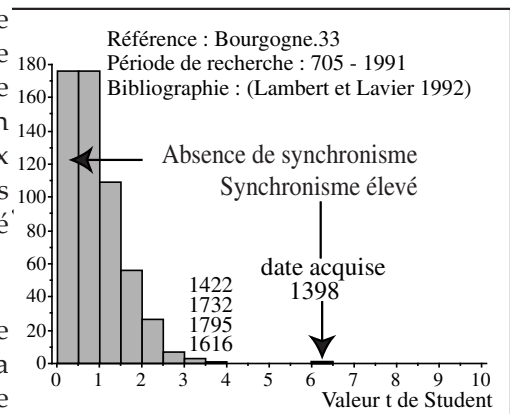


Figure 5

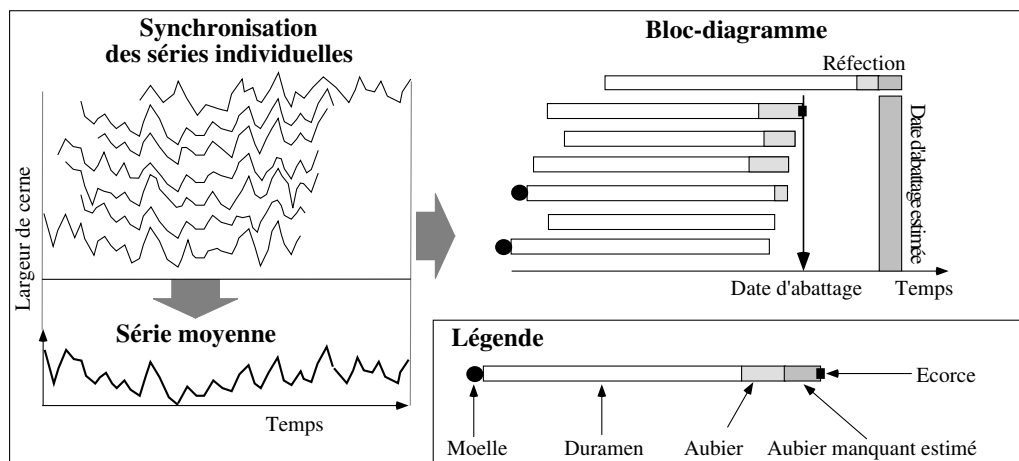


Figure 6 : constitution du bloc - diagramme

Le bloc-diagramme est élaboré à partir des séries individuelles synchronisées. Il permet de visualiser les phases d'abattage des arbres représentés par le lot d'échantillons. La date est précise à l'année près lorsque l'écorce est observable. Si la pièce de bois a été équarrie, une partie des cernes périphériques est détruite. La date d'abattage doit être estimée. Ceci est possible si quelques cernes d'aubier (partie externe du bois assurant le transport de la sève brute) sont conservés. En effet, il est généralement admis que l'aubier des chênes comporte entre 2 et 40 cernes (Lambert 1996). Si la taille a totalement détruit ce tissu, seule une date *post-quem* peut être déterminée.

Contexte

Cette étude est réalisée en parallèle d'une étude d'archéologie du bâti portant sur le déambulatoire de la cathédrale Saint-Pierre de Lisieux (Calvados).

Elle a pour objectif la datation par dendrochronologie d'une partie des bois, en emploi dans les charpentes du déambulatoire (longeant le chœur et les 2 bras du transept) et des absidioles, remaniées à l'époque moderne. Le relevé des mortaises et des entailles à mi-bois non fonctionnelles doit également permettre de proposer une restitution d'un ou plusieurs états des charpentes analysées (voir étude archéo.).

Un complément d'échantillonnage (respectivement 3, 1 et 2 échantillons) sur les charpentes du chœur, du bras nord du transept et du beffroi est réalisé à titre exploratoire. Mais les datations obtenues à partir de ces échantillons ne peuvent en aucun cas être interprétées avec fiabilité en termes de phases de chantier.

En effet, il est rappelé ici qu'une structure ou un ensemble homogène ou un fait archéologique doit être représenté au minimum par 5 à 10 bois, livrant 50 cernes et si possible 80, pour refléter au mieux la croissance régionale des chênes.

Charpente du déambulatoire

La charpente du déambulatoire est une structure à fermes et à pannes, intégralement en chêne. La structure est constituée d'une succession de demi-fermes comprenant un entrain, un poteau, un arbalétrier, un entrain retroussé et une jambette. Tous les assemblages sont à tenon-mortaise.

Les poteaux portent un cours de faîtières, raidies par des liens obliques. Sous la toiture en appentis, les chevrons sont portés par des pannes intermédiaires au dos des arbalétriers.

L'intérêt de cette charpente réside essentiellement dans les nombreux emplois de bois des différents états antérieurs à la charpente moderne en place, notamment les chevrons et les pannes, lesquels présentent des séries de mortaises et / ou d'entailles à mi-bois sur une ou

plusieurs faces.

Charpentes des absidioles

Au niveau des absidioles, des éléments des charpentes à chevrons formant fermes sont en remploi. Les demi-fermes sont constituées d'un chevron ou empanon, raidi par une jambette pouvant être assemblée à mi-bois et bloqué en pied par un blochet. Les entrains retroussés ont été démontés comme le suggère la présence des mortaises orphelines sur les chevrons. De même, la ferme de croupe a été remplacée.

Certains chevrons de l'absidiole sud sont débités manuellement en quartier à la scie de long et représentent un état plus récent.

Planchettes de couchis

Plusieurs fragments de planchettes sont pris dans le mortier entre le tympan et les claveaux de la dernière baie du déambulatoire, au niveau du retour contre le bras nord du transept.

Ces planchettes proviennent d'une bille de hêtre, débitée en quartiers, puis fendue en éléments de plus en plus fin (de 8 à 20 mm d'épaisseur maximale). Elles ont servi de coffrage pour la pose des claveaux de la baie.

Datation

1ère étape : Recherche de synchronismes

La campagne d'échantillonnage réalisée fin mai 2016 a permis de collecter 29 échantillons en chêne (figure 1), parmi les bois en remploi des charpentes du déambulatoire et des absidioles, dont 20 ont fait l'objet d'un relevé archéologique (voir numérotation, de 1 à 23). Les 9 autres n'ont pas été relevés.

Des fragments de planchettes de couchis en hêtre (figure 2), pris dans le mortier situé entre le tympan et les claveaux de la baie la plus au nord ouvrant sur le bras nord du transept, ont également été extraits.

Enfin, quelques carottages réalisés à titre exploratoire (3 sur la charpente du chœur, 1 pour le bras nord du transept et 2 pour le beffroi) complètent l'échantillonnage.

Après acquisition des séries de largeurs de cernes, chaque échantillon est associé à une chronologie représentant sa croissance radiale, du coeur (ou du cerne le plus proche) jusqu'à l'écorce, quand celle-ci est conservée.

Les séries individuelles sont ensuite comparées par paire, sans tenir compte du plan d'échantillonnage, lequel n'interviendra qu'au stade de l'interprétation des datations obtenues, en fonction de l'anatomie du dernier cerne présent sur chaque échantillon (5ème étape du processus de datation).

Cette étape consiste à faire coïncider le maximum de "pics" et de "creux" entre 2 séries individuelles de croissance. Un test statistique ("t" de Student) permet de juger objectivement la ressemblance des séries comparées pour chaque position de synchronisme (décalage progressif cerne par cerne).

Ainsi, 4 ensembles de séries synchrones sont constitués :

- Groupe 1 : 10 séries - n° 6, 7, 11, 13, 20, D, E, F, G et H (figure 3).

- Groupe 2 : 8 séries - n° 1, 2, 8, 9, 10, 12, 19 et C.

- Groupe 3 : 2 séries - A et I.

- Groupe 4 : les 3 planchettes en hêtre (figure 4).

2ème étape : Calcul de chronologies moyennes

Une chronologie moyenne représente la croissance de chaque groupe :

- Lisieux.M1 (pour le groupe 1) comporte 78 cernes.

- Lisieux.M2 (pour le groupe 2) comporte 151 cernes.

- Lisieux.M3 (pour le groupe 3) comporte 60 cernes.

- Lisieux.M4 (pour le groupe 4 - hêtres) comporte 152 cernes.

3ème étape : Comparaison sur les références

Les 3 premières chronologies moyennes sont comparées aux références de chênes, disponibles en base de données. La quatrième est confrontée aux références de hêtre.

L'objectif est toujours de faire coïncider le maximum de "pics" et de "creux", cette fois-ci entre une chronologie moyenne et une référence, l'opération étant renouvelée sur l'ensemble des références à disposition. Les valeurs "t" obtenues pour chaque position de synchronisme testée sont regroupées par classe : de 0,5 en 0,5. Celle qui se dégage du lot est retenue.

Cette étape aboutit au rattachement des chronologies moyennes à leur période :

- 1140-1217 pour Lisieux.M1

- 1320-1470 pour Lisieux.M2

- 1703-1762 pour Lisieux.M3

- 1042-1196 pour Lisieux.M4 (hêtre).

4ème étape : Fiabilité des datations

Les résultats de datation sur les références de chênes (ou de hêtres) sont présentés dans les figures 5 à 8.

La flèche indique la valeur "t" entre la chronologie moyenne testée et la référence considérée pour le synchronisme retenu. Le risque d'erreur est d'autant plus faible que la valeur retenue est éloignée de la distribution des autres propositions.

Lisieux.M1

La valeur "t" de Student la plus élevée est obtenue sur la référence du bassin parisien (figure 5). Elle est très forte et se dégage nettement des autres propositions du test, rejetées sur la gauche de l'axe des abscisses.

Sur les autres références dont celle de la région Normandie, la valeur "t" diminue, mais elle est également élevée et reste significative. Le synchronisme entre la chronologie moyenne et ces références est donc de très bonne qualité.

En conclusion, le synchronisme de la chronologie moyenne Lisieux.M1 sur les références de chênes, correspondant à la période 1140-1217, est retenu avec un risque d'erreur très faible, quasi-nul. La datation est de classe A (très fiable).

Lisieux.M2

Des valeurs "t" très élevées sont mises en évidence sur plusieurs références, dont celles de Nord-Picardie, de la région parisienne et de Normandie (figure 6).

Dans tous les cas, le synchronisme est d'excellente qualité.

En conclusion, le synchronisme de la chronologie moyenne LCD.M2 sur les références de chênes, correspondant à la période 1320-1470, est retenu avec un risque d'erreur très faible, quasi-nul. La datation est de classe A (très fiable).

Lisieux.M3

Des valeurs "t" relativement élevées sont obtenues sur les différentes références citées, mais

celle de Normandie n'est pas représentée pour la période considérée (figure 7). Ces valeurs ne se dégagent pas toujours nettement des autres propositions du test statistique, mais elles restent significatives.

En conclusion, le synchronisme de la chronologie moyenne Lisieux.M3 sur les références de chênes, correspondant à la période 1703-1762, est retenu avec un risque d'erreur faible. La datation est de classe B (fiable).

Lisieux.M4

Le chêne étant sur-représenté dans la construction, notamment pour la moitié nord de la France et pour la période médiévale, les références sont rares pour le hêtre.

La comparaison de la chronologie moyenne Lisieux.M4 (établie à partir des séries de croissance des planchettes de couchis) sur certaines de ces références, notamment celle issue de l'étude des ais de manuscrits de la bibliothèque d'Orléans, a mis en évidence un synchronisme de bonne qualité (figure 8). La valeur "t" est relativement élevée et se dégage des autres propositions. Le synchronisme entre la chronologie Lisieux.M4 et la référence orléanaise est donc de bonne qualité.

Néanmoins, l'absence de réplification d'un tel niveau de synchronisme sur un nombre conséquent de références ne permet pas de retenir cette datation, uniquement sur la base des procédures de calcul. Il ne s'agit que d'une proposition de datation (classe C) qui doit être infirmée ou validée par d'autres sources de données.

Rappel

La sécurité statistique est maximale quand le synchronisme est significatif entre la chronologie à dater et plusieurs références construites le plus indépendamment possible, c'est-à-dire avec des bois différents par des auteurs différents et plusieurs laboratoires en collaboration. La sécurité estimée doit être présentée pour étayer le propos du dendrochronologue, car elle est la seule objective et fournit des informations chronologiques indépendantes des autres sources : typologiques, architecturales...

Cette procédure permet de définir un niveau de risque pris par l'opérateur :

- Si la flèche qui indique la proposition retenue est très éloignée de la distribution des autres propositions (alors fausses) sur plusieurs références, alors le risque d'erreur est très faible. Il tend fortement vers 0, il est dit quasi-nul. La datation est de classe A (la meilleure).

- Si la flèche n'est pas nettement dégagée des autres propositions, alors le risque est faible, mais il n'est pas à négliger. La datation est de classe B.

- Si la valeur retenue ne dépasse significativement les autres propositions du test, alors la date n'est pas validée par les seules procédures de calcul. Elle nécessite une confirmation par d'autres sources de données pour discuter de sa pertinence. La datation est de classe C.

5ème étape : Estimation des phases d'abattages

Cette étape consiste à observer l'anatomie du dernier cerne conservé sur chaque échantillon (bois de coeur, aubier incomplet et dernier cerne d'aubier sous l'écorce) et d'en déduire la date d'abattage des arbres, pour chaque structure ou ensemble étudié (blocs-diagrammes, figures 9 et 10).

Quand l'aubier de chêne est complet, le dernier cerne sous l'écorce est constitué :

- uniquement de gros vaisseaux fabriqués au printemps, la coupe de l'arbre se situe alors au printemps.

- de gros vaisseaux de printemps et de fibres élaborées en été, l'abattage se situe donc après la période de croissance radiale de l'arbre et avant la reprise de celle de l'année suivante, soit en automne-hiver.

Absidiole nord

Un seul échantillon (G) possède un aubier complet jusqu'à l'écorce. L'arbre est exploité en automne-hiver 1214-1215.

Les autres échantillons sont en bois de

coeur. La date de coupe ne peut être déterminée avec précision, mais ces bois sont rattachés à la phase d'exploitation définie précédemment en 1214-1215. Toutefois, une coupe un peu avant ou après reste possible.

Absidiole sud

L'échantillon n° 11 est entièrement en bois de coeur, dont le dernier cerne est formé en 1201. Il a perdu tout son aubier. La coupe de l'arbre est donc nécessairement postérieure à 1201.

Les 2 autres échantillons datés (12 et C) mettent en évidence une phase d'abattage en automne-hiver 1442-1443.

Déambulatoire

Plusieurs phases d'abattages sont mises en évidence parmi les bois en remploi dans la charpente du déambulatoire :

- Automne-hiver 1217-1218 (échantillon n° 6).

Les bois n° 7, 13 et 20 sont rattachés à cette phase : les 2 premiers n'ont pas d'aubier, alors que le dernier en a conservé 4 cernes formés de 1203 à 1206, ce qui permet d'estimer la coupe de l'arbre entre 1207 et 1242 (2 à 40 cernes d'aubier dans 95 % des cas, Lambert, 1996).

- Automnes-hivers 1378-1379 et 1379-1380 (échantillons n° 9 et 8).

- Automne-hiver 1436-1437 (échantillon n° 2).

Le bois n° 1 est rattaché à cette phase.

- Entre 1471 et 1508, avec une probabilité de 95 %, pour l'échantillon n° 19.

- Automne-hiver 1762-1763 (échantillon A).

Planchette couchis

Le cerne le plus récent est identifié sur la planchette n° 1. Il est formé en 1193. Mais il ne s'agit pas du dernier cerne sous l'écorce. La coupe

est donc nécessairement postérieure à 1193.

- Mise en évidence d'une autre phase d'abattages des arbres dans le bras nord du transept.

Conclusion

Cette étude a permis de dater par dendrochronologie un ensemble de bois provenant des charpentes du déambulatoire et des absidioles de la cathédrale Saint-Jean de Lisieux.

Les plus anciens pourraient représenter les structures d'origine, avec des abattages en automne-hiver 1214-1215 pour l'absidiole nord et 1217-1218 pour la partie sud du déambulatoire. Dans l'absidiole sud, un élément sans aubier est exploité après 1201.

Dans la partie nord du déambulatoire, des planchettes de coffrage en hêtre sont mises en œuvre un peu après 1193.

Plusieurs chantiers de réfection sont également mis en évidence, du XIVe au XVIIIe siècle.

Enfin, les échantillons réalisés à titre exploratoire (figures 11 et 12) proviennent d'arbres coupés :

- en automne-hiver 1212-1213 et en automne-hiver 1215-1216 pour 2 chevrons de la charpente à chevrons formant ferme du chœur, après 1501 pour un tirant.

- en automne-hiver 1205-1206 pour un entrant de la charpente du bras nord du transept.

- en automne-hiver 1265-1266 pour un lien du beffroi et entre 1435 et 1459 pour un poteau.

Un complément d'échantillonnage plus conséquent est indispensable sur ces structures, notamment pour conforter ces premières datations et pour répondre à de nouvelles questions :

- Durée du stockage des bois dans le chœur.

- Chronologie relative : quel est l'ordre de réalisation des charpentes entre celles du chœur, du déambulatoire et des absidioles ?

N°	Unité	Zone	Fonction	Remplissage	Mortaises MB	Essence	1	2	3	4	5
1	Déambulateur	1	Panne inf., travée 1 retour TS	oui		Chêne	41	0	non	1381-1421	
2	Déambulateur	1	Chevron, travée 1 retour TS	oui	1	Chêne	25	10	oui	1412-1436	1436-1437
3	Déambulateur	1	Panne sup., travée 2/3 retour TS	oui	1	Chêne	26	10	?	non daté	
4	Déambulateur	1	Poteau, angle retour TS-aile sud	oui	3	Chêne	25	0	non	non daté	
A	Déambulateur	1	Poteau, travée 3 sud	oui	1	Chêne	60	22	oui	1703-1762	1762-1763
B	Déambulateur	1	Poteau	oui	1	Chêne	48	0	non	non daté	
5	Déambulateur	1	Panne sup., travée d'angle sud	oui	2	Chêne	20	0	non	non daté	
6	Déambulateur	1	Panne inf., travée 1 sud	oui	2	Chêne	39	10	oui	1179-1217	1217-1218
7	Déambulateur	1	Chevron, travée 2 sud	oui	1	Chêne	45	0	non	1147-1201	
8	Déambulateur	1	Chevron, travée 4 sud	oui	4	Chêne	60	16	oui	1320-1379	1379-1380
9	Déambulateur	1	Chevron, travée 5 sud	oui	1	Chêne	56	16	oui	1323-1378	1378-1379
10	Déambulateur	1	Chevron, travée 6 sud	oui	7	Chêne	42	0	non	1330-1371	
11	Absidiole sud		Chevron	oui	1	Chêne	49	0	non	1153-1201	
12	Absidiole sud		Chevron (rectangle à plat)	oui	1	Chêne	44	26	oui	1398-1441	1441-1442
C	Absidiole sud		Chevron (quartier scié)	oui	4	Chêne	81	26	oui	1361-1441	1441-1442
13	Déambulateur	2	Chevron	oui	4	Chêne	55	0	non	1151-1205	
14	Déambulateur	2	Panne (chanfreinée)	oui		Chêne	86	17	oui	non daté	
17	Absidiole nord		Arbalétrier est, ferme de croupe			Chêne	19	0	non	non daté	
D	Absidiole nord		Chevron 1/11	oui	1	Chêne	40	0	non	1162-1201	
E	Absidiole nord		Chevron 3/11	oui	1	Chêne	40	0	non	1172-1211	
F	Absidiole nord		Chevron 5/11	oui	1	Chêne	45	0	non	1152-1196	
G	Absidiole nord		Chevron 10/11	oui	1	Chêne	71	28	oui	1144-1214	1214-1215
H	Absidiole nord		Chevron 2/11	oui	1	Chêne	63	0	non	1140-1202	
18	Déambulateur	3	Arbalétrier	oui	2	Chêne	28	9	oui (Bl)	non daté	
19	Déambulateur	3	Sablère, noue avec chapelle	oui	2	Chêne	66	2	non	1405-1470	(1471-1508) Date C
20	Déambulateur	3	Chevron	oui	3	Chêne	48	4	non	1159-1206	(1207-1242)
22	Déambulateur	3	Entrait, angle retour TN	oui	2	Chêne	41	0	non	non daté	
23	Déambulateur	3	Poteau marqué II, retour TN	oui		Chêne	35	0	non	non daté	
I	Déambulateur	3	Poteau (au nord de l'échantillon 23)	oui	1	Chêne	47	15	?	1714-1760	peu après 1760
Pl. 1 TN/ Déambulateur			Planchette couchis			Hêtre	63		non	1131-1193	Date C
Pl. 2 TN/ Déambulateur			Planchette couchis			Hêtre	70		non	1123-1192	Date C
Pl. 3 TN/ Déambulateur			Planchette couchis			Hêtre	146		non	1042-1187	Date C

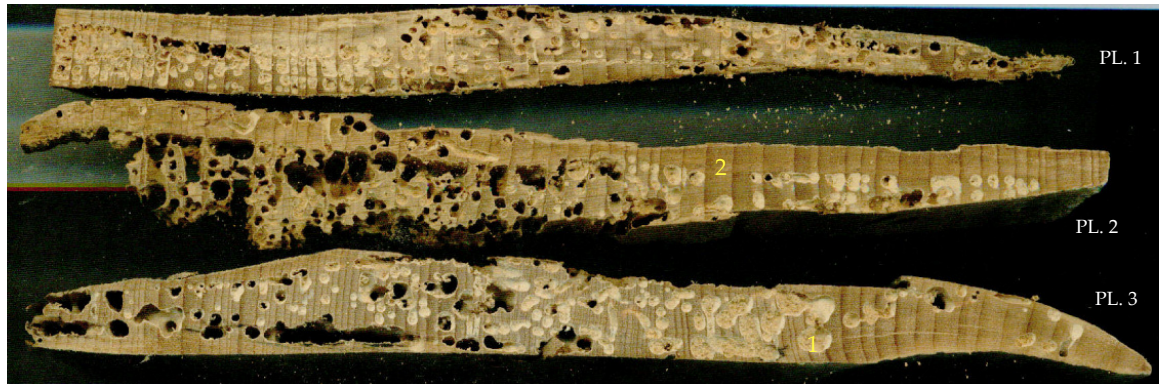
Zone 1 : partie sud du déambulateur et retour contre le bras sud du transept.
 Zone 2 : partie centrale du déambulateur, entre les 2 absidioles.
 Zone 3 : partie nord du déambulateur et retour contre le bras nord du transept.

Mortaises : voir relevés F. Epaud
 MB : entailles à mi-bois : voir relevés F. Epaud

Identifiant par numéro ou le titre : voir relevés F. Epaud.

Légende :
 1 : Nombre total de cerne.
 2 : Nombre de cerne d'aubier conservés, inclus dans (1).
 3 : Présence ou absence du cambium.
 4 : Année de formation du 1er et du dernier cerne de la série.
 5 : Saison d'abattage de l'arbre.
 1217-1218 = coupe en automne-hiver 1217-1218.
 (-) : estimation à partir du nombre de cerne d'aubier conservés.

Figure 1 : Liste des échantillons collectés, avec leurs caractéristiques dendrologiques et leur datation.



- 1 : Galerie d'insecte
- 2 : Cerne annuel de hêtre (bande claire + bande sombre)

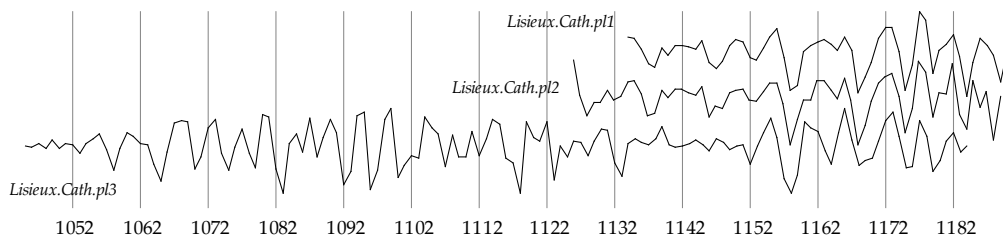


Figure 2 (en bas) : Planchettes de coffrage en hêtre.
Figure 4 (en haut) : Séries de croissance obtenues à partir des cernes en bout de planches.



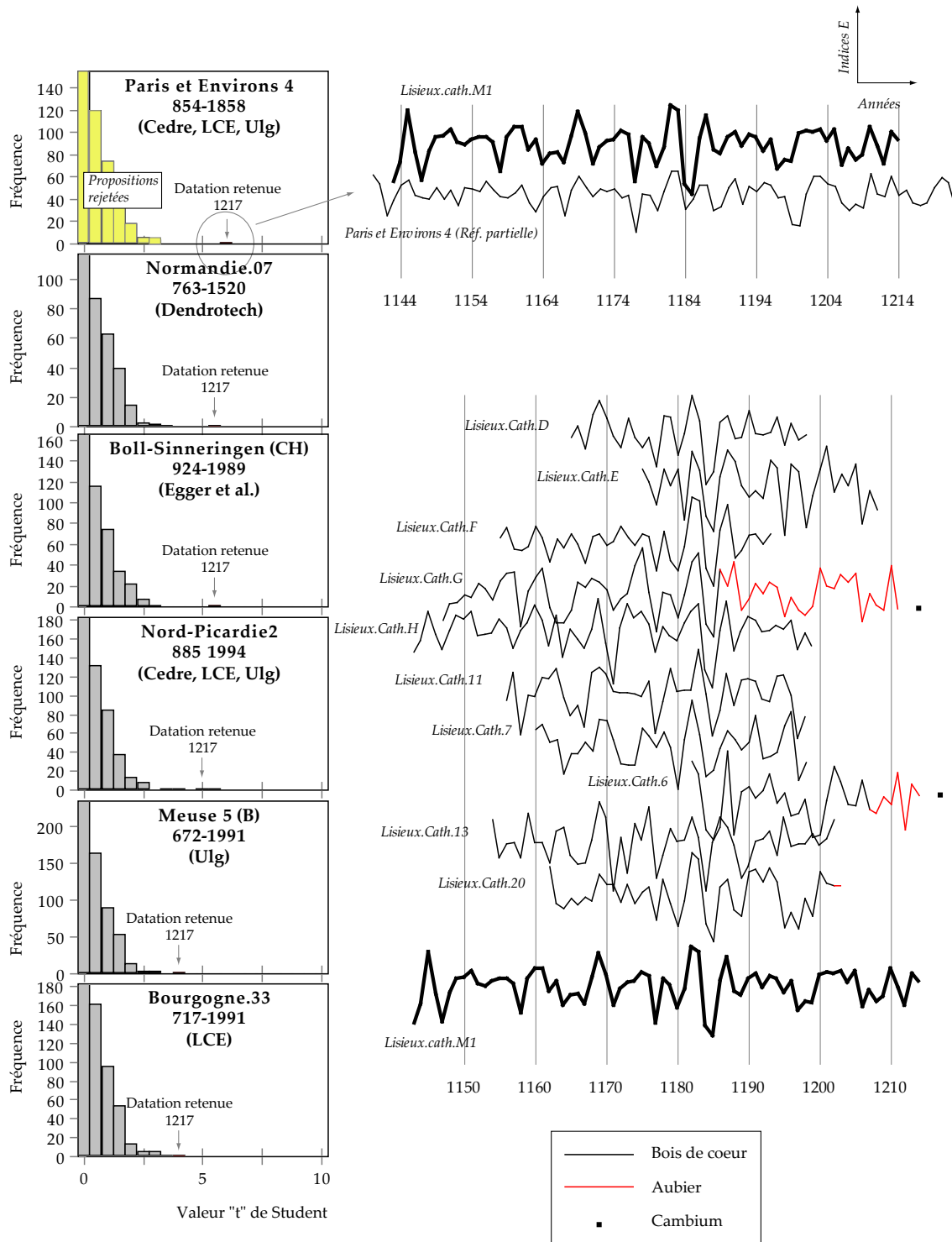


Figure 3 (à droite) : Séries de croissance du groupe 1, en position synchrone.
 Figure 5 (à gauche) : Résultats de datation de la chronologie moyenne Lisieux.M1 sur les références de chêne.

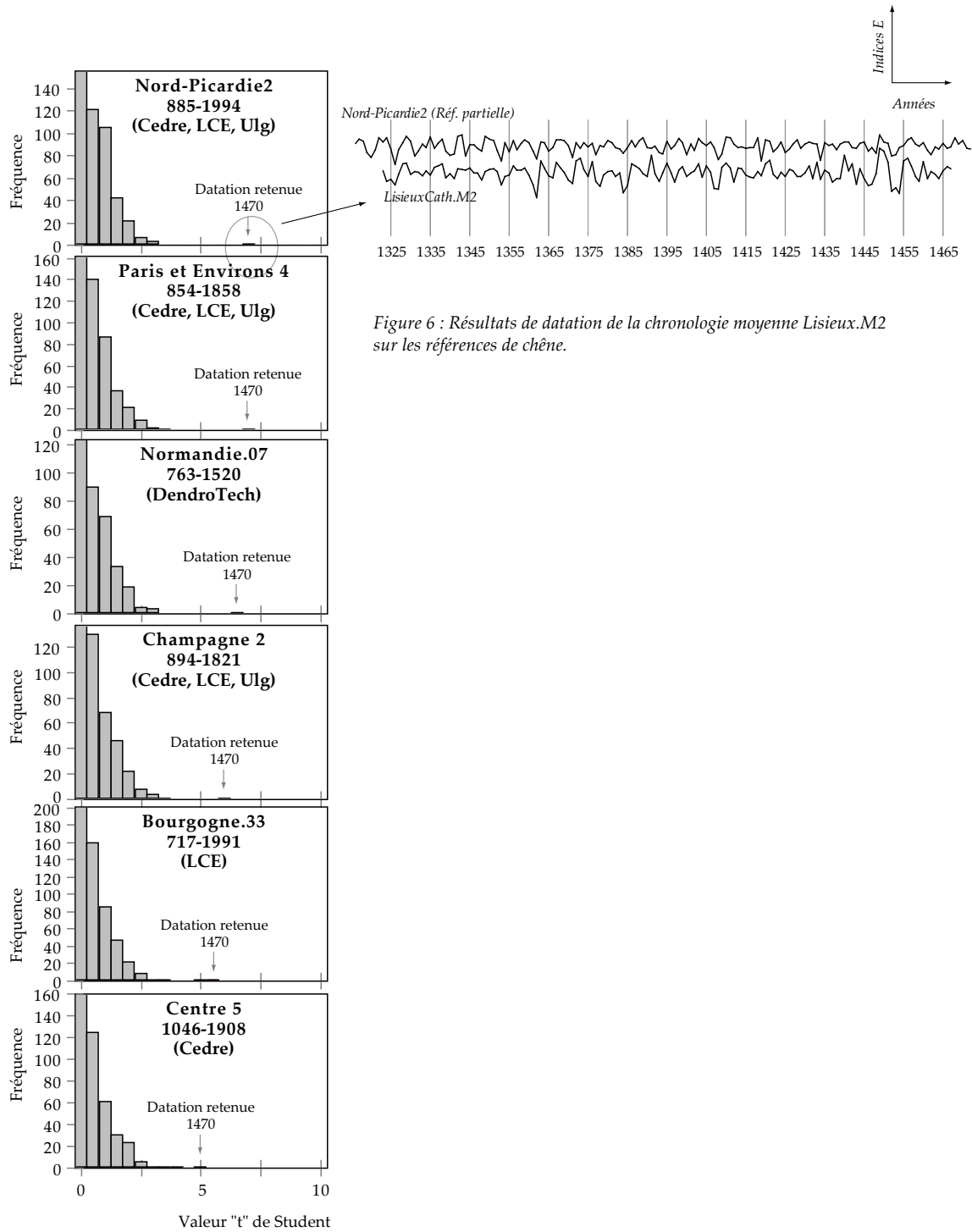


Figure 6 : Résultats de datation de la chronologie moyenne Lisieux.M2 sur les références de chêne.

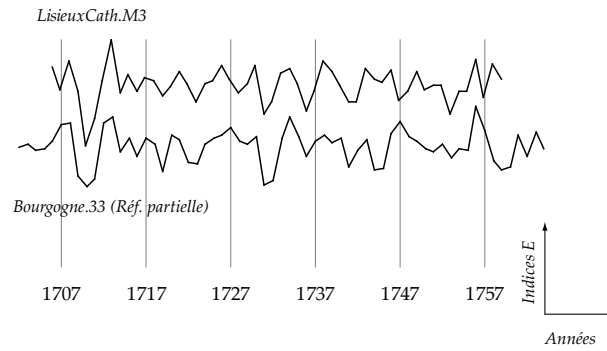
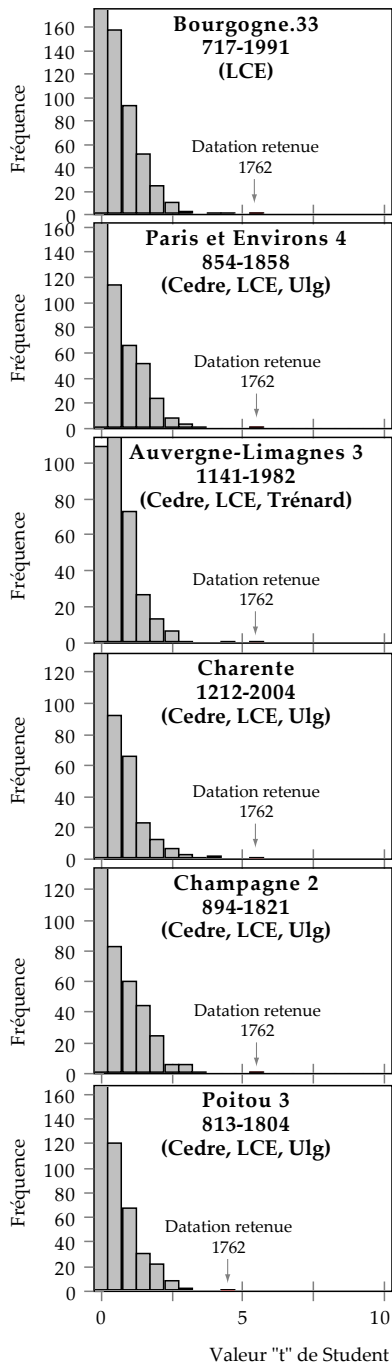


Figure 7 : Résultats de datation de la chronologie moyenne Lisieux.M3 sur les références de chêne.

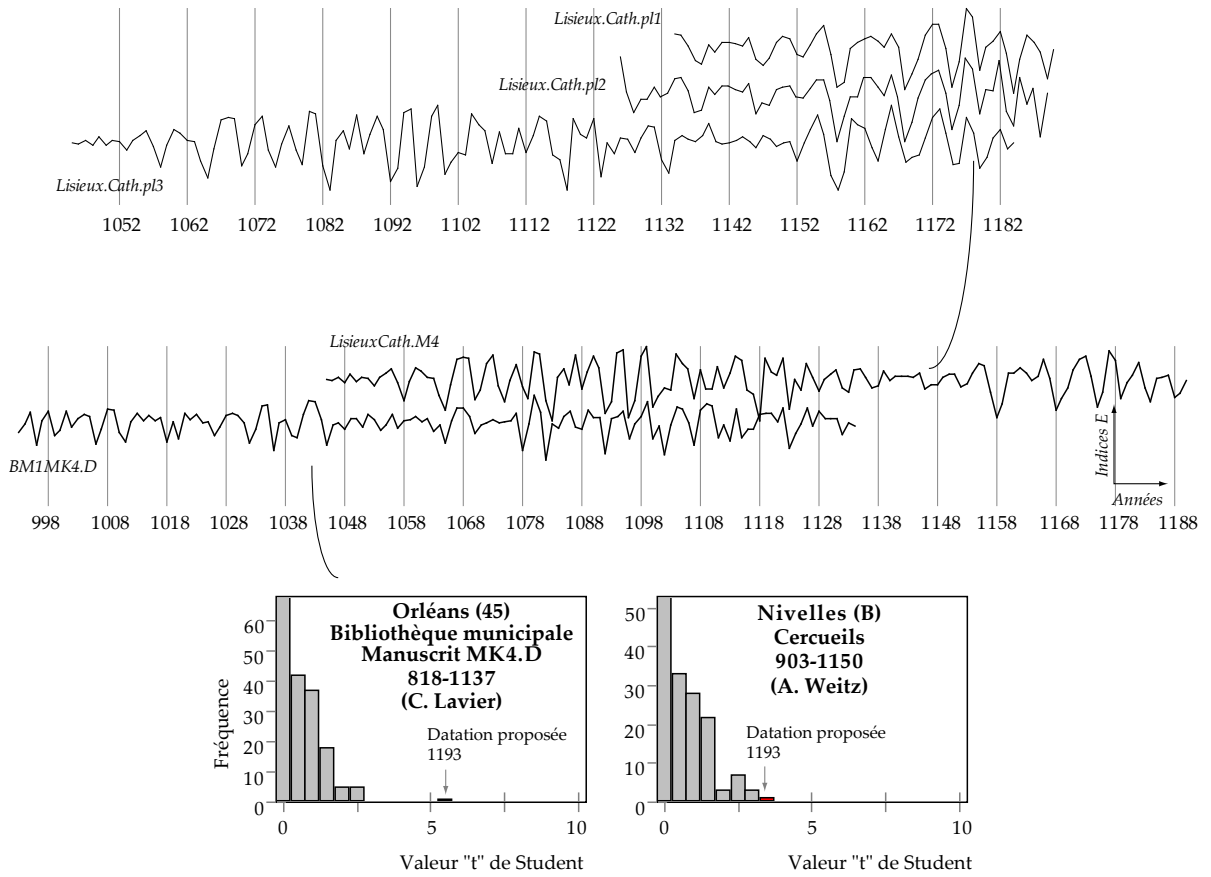


Figure 8 : Résultats de datation de la chronologie Lisieux.M4 sur les références de hêtre.

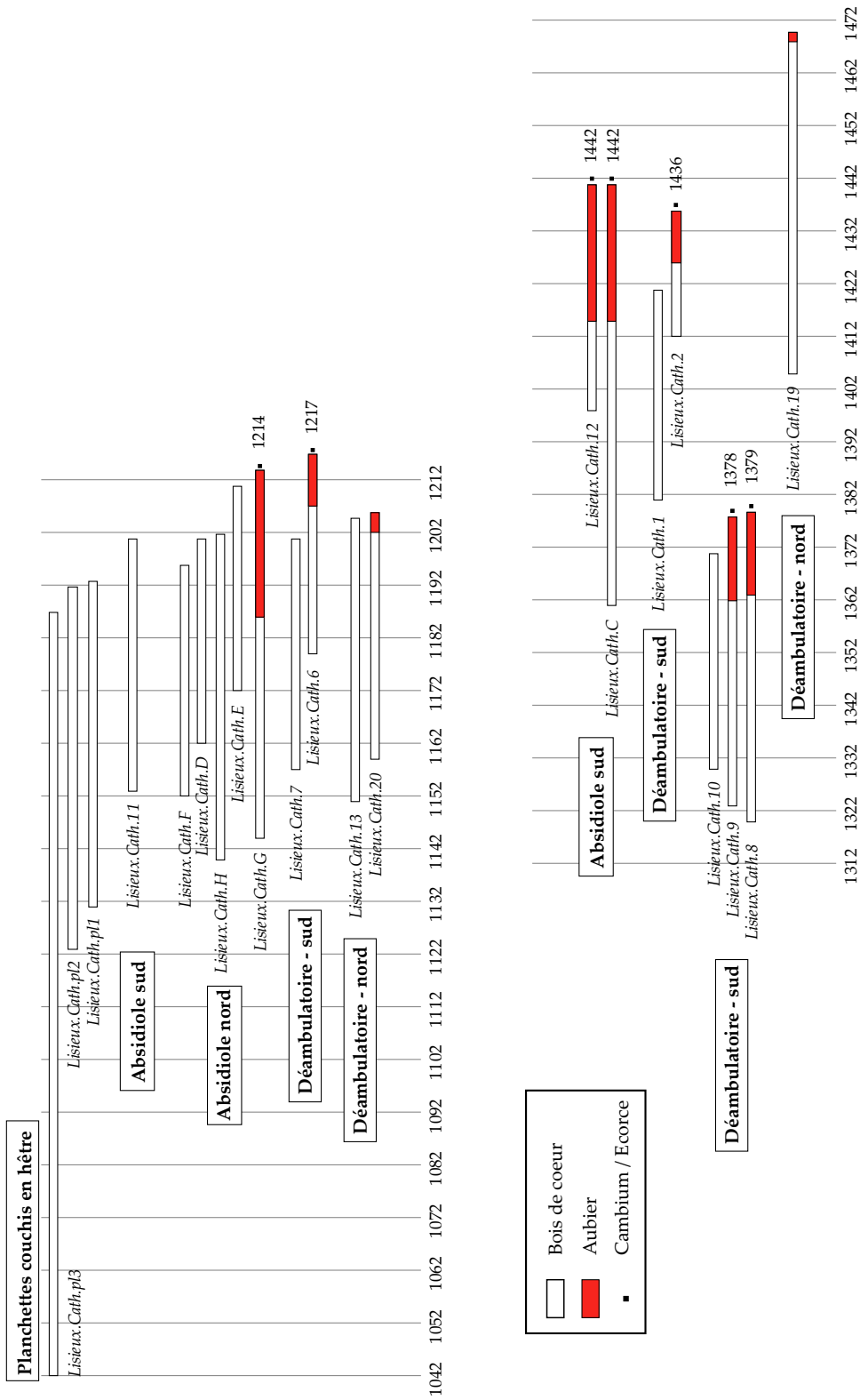


Figure 9 : Bloc-diagramme des bois du Moyen-Age par structure.

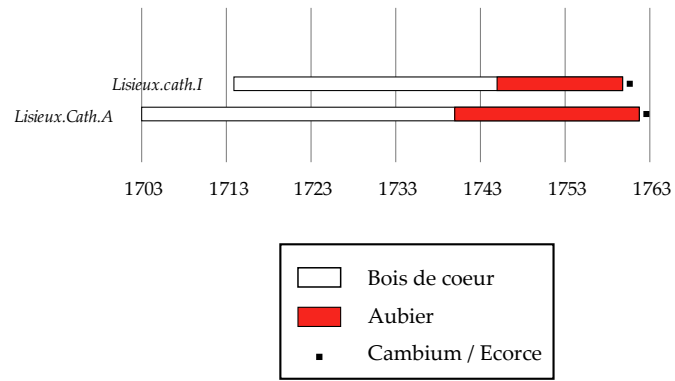


Figure 10 : Bloc-diagramme des bois de la période Moderne.

N°	Unité	Fonction	Essence	1	2	3	4	5
J	Choeur	Chevron nord F15 (depuis W)	Chêne	50	11	oui	1166-1215	1215-1216
K	Choeur	Chevron nord, F27	Chêne	39	12	oui	1174-1212	1212-1213
L	Choeur	3e tirant ouest	Chêne	63	0	non	1439-1501	
M	Transept nord	2e entrait depuis le nord	Chêne	102	19	oui	1104-1205	1205-1206
N	Beffroi	Lien est 1er niveau, cadre nord	Chêne	94	30	oui	1172-1265	1265-1266
O	Beffroi	Poteau central, cadre sud	Chêne	123	15	non	1312-1434	(1435-1459)

Légende :

1 : Nombre total de cerne.

2 : Nombre de cerne d'aubier conservés, inclus dans (1).

3 : Présence ou absence du cambium.

4 : Année de formation du 1er et du dernier cerne de la série.

5 : Saison d'abattage de l'arbre.

1215-1216 = coupe en automne-hiver 1215-1216.

(-) : estimation à partir du nombre de cerne d'aubier conservés.

Figure 11 : Liste des échantillons réalisés à titre exploratoire.

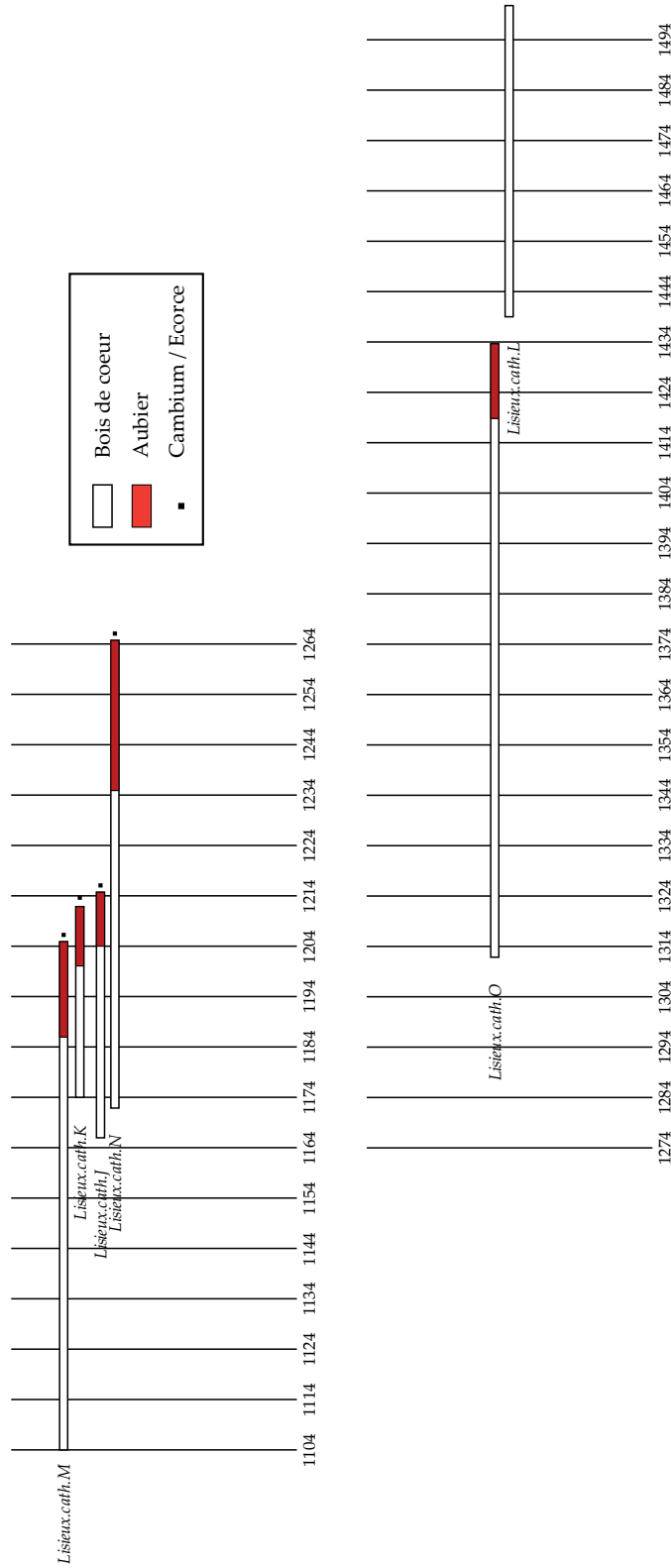


Figure 12 : Bloc-diagramme des échantillons réalisés à titre exploratoire.