



Etude archéologique des charpentes médiévales de la cathédrale Saint Pierre de Poitiers (86),

Frédéric Epaud

► To cite this version:

Frédéric Epaud. Etude archéologique des charpentes médiévales de la cathédrale Saint Pierre de Poitiers (86),. [Rapport de recherche] CNRS, CITERES-LAT. 2012. halshs-01249288

HAL Id: halshs-01249288

<https://shs.hal.science/halshs-01249288>

Submitted on 17 Dec 2019

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

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



**Etude archéologique
des charpentes médiévales
de la cathédrale Saint-Pierre
de Poitiers (86)**

Par Frédéric Epaud
Chargé de recherches au CNRS
Laboratoire Archéologie et Territoires, UMR6173 CITERES

2011-2012

Sommaire

I. CONTEXTE ARCHITECTURAL ET QUESTIONS DIVERSES	3
1. Les phases du chantier : rappel chronologique (fig. 1 à 3)	3
2. La question des toitures transversales du chœur	4
3. La surélévation des chéneaux et la distribution des gargouilles	5
4. Les bois d'œuvre : un vaste chantier d'approvisionnement	6
II. LE CROISILLON NORD	8
1. Description générale du comble	8
Le décalage de la charpente	8
L'adaptation de la charpente aux voûtes	9
2. Les campagnes de restauration	9
3. Les analyses dendrochronologiques	10
4. Les bois	11
5. Description de la charpente	12
6. Les fermes	13
Les fermes principales :	13
Les fermes secondaires :	14
7. Le contreventement longitudinal	14
8. Le marquage	14
9. Le levage	15
10. Etablissage	16
II. LE CROISILLON SUD	16
1. Description générale du comble	16
2. Les campagnes de restauration	17
3. Les analyses dendrochronologiques	17
4. Les bois	18
5. Le plan de la charpente	19
6. Les fermes	19
Les fermes principales	20
Les fermes secondaires	20
7. Le contreventement longitudinal	20
8. Le marquage	21
III. LE CHŒUR	21
1. Description générale du comble	21
2. Les campagnes de restauration	21
3. Les analyses dendrochronologiques	22
4. Les bois	23
5. Description générale de la charpente	24
6. Les fermes	25
Les demi-fermes des collatéraux (fig. 43)	25
Les fermes du vaisseau central	26
7. Le marquage	27
8. Comparaison avec les charpentes du XIII ^e siècle	27
9. Synthèse et interprétation	28
10. Les matériaux de couverture	29
V. LA FLECHE DE LA CROISEE DU TRANSEPT	29
VI. NEF	30
1. Description générale du comble	30
2. Les campagnes de restauration et de reconstruction	30
3. Les analyses dendrochronologiques	31
4. La charpente du vaisseau central	33
5. La charpente du collatéral nord	36
6. Interprétation	36
Bibliographie	37

Cette étude a été réalisée grâce au financement de la Conservation régionale des Monuments Historiques de Poitou-Charentes et du CNRS (LAT CITERES, UMR 6173).

I. Contexte architectural et questions diverses

1. Les phases du chantier : rappel chronologique (fig. 1 à 3)

Yves Blomme identifie deux campagnes de construction pour les parties orientales de la cathédrale¹. La première (1150-1160) concernerait l'enveloppe des deux travées orientales du chœur et l'amorce de la suivante, au droit de laquelle on observe, depuis l'extérieur, un « coup de sabre » qui marquerait l'arrêt de ce chantier. La seconde campagne (1165-1175) porterait sur l'achèvement de la première travée du chœur, les deux croisillons et le début de la travée orientale de la nef ainsi que le voûtement cupuliforme du croisillon sud et des deux travées orientales du chœur dont une des clefs de voûte porte la date de 1167. Une rupture d'assises dans la travée orientale de la nef signale là aussi la fin de cette campagne. Pour les deux croisillons, Yves Blomme suggère qu'ils étaient destinés originellement à supporter chacun une tour de clocher comme semblent l'indiquer la présence d'un trou à cloche au sommet de leur voûte, la surépaisseur des murs et l'existence d'arcs de décharges² sur le croisillon sud. Il constate aussi que la tour nord de la façade occidentale, de faible module, dont la base aurait été projetée avec le transept³, n'était pas destinée à recevoir des cloches alors que la tour sud, prévue pour y loger les grosses cloches, aurait été édifée plus tardivement après l'abandon du projet du transept avec clochers. Selon ce projet, la croisée du transept aurait été surmontée d'une tour pourvue probablement d'une flèche en bois.

Les charpentes actuelles des croisillons, ainsi que leur mur-pignon, auraient donc été construits suite au renoncement de ce projet de tour, en les adaptant donc à des supports maçonnés prévus initialement pour un étage supplémentaire. Les escaliers de ces croisillons, prévus initialement pour monter aux étages supplémentaires de ces tours avortées, s'arrêtent donc brusquement au sommet des maçonneries et ont été couverts d'une toiture en pavillon, dont les solins s'observent encore sur les pignons, pour desservir l'accès aux chéneaux. Les marques de tâcherons observées sur les murs du croisillon nord sont en parties communes avec celles présentes dans les escaliers orientaux du chœur, ce qui signifierait que les mêmes équipes y auraient travaillées.

La troisième campagne, qui aurait débuté vers 1185, porterait sur le mur nord de la nef avec sa tour occidentale attenante. Il faut attendre la quatrième campagne (1195-1215) pour envisager le reste du voûtement du chœur et du transept ainsi que la partie inférieure du mur sud de la nef.

Dirigée probablement par un nouveau maître d'œuvre, la cinquième campagne (1235-1255) correspondrait au renoncement du parti primitif des tours des croisillons et de la croisée du transept pour, d'après Y. Blomme, la construction d'une vaste toiture à deux versants couvrant le chœur, la croisée du transept et la nef, imposée probablement par le surhaussement des voûtes du vaisseau central de la nef. Cependant, selon nos observations et celles d'Atemporelle, le projet primitif prévoyait déjà deux murs à arcades longitudinaux dans le chœur pour porter une grande toiture couvrant ses trois vaisseaux comme le prouve la présence d'un chaînage de pierres en attente à l'angle sud-est de la tour de croisée. Suite à l'abandon de ce premier projet, les murs de la cathédrale ont été réorientés selon un plan quadrangulaire, avec une façade occidentale bien moins large que celle prévue

¹ Yves Blomme, « La construction de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers », dans *Bulletin Monumental*, t. 152-I, 1994, p. 7-64.

² Ils s'observent au nord, au revers du mur portant l'assise Est des fermes, au droit du doubleau d'entrée de l'absidiole, au sud au même endroit et dans le mur pignon.

³ Yves Blomme considère que le gouttereau nord de la nef et la tour occidentale nord ont été construits après le croisillon nord, or on n'observe aucune rupture stratigraphique dans leurs appareillages jusqu'à 1m de hauteur, du croisillon nord à la tour nord, ce qui suppose que leurs fondations et leurs premières assises appartiennent à une même campagne.

initialement dotée, au sud, d'une grande tour à cloche. Cette phase suppose un achèvement simultané des parties hautes du chœur et des deux croisillons, avec des charpentes réalisées conjointement, comme nous le verrons plus loin, par les mêmes équipes de charpentiers et selon un programme commun. L'achèvement de la nef et de sa façade occidentale s'échelonnait en plusieurs étapes sur toute la seconde moitié du XIII^e siècle.

2. La question des toitures transversales du chœur

Il subsiste dans le chœur, entre les voûtes et au droit des doubleaux, des vestiges de murs transversaux qui appartiennent à une phase de chantier antérieure à la mise en œuvre de la charpente actuelle. Ces murs, larges d'au moins 80 cm, ont été démontés en grande partie mais leur fouille récente⁴ a permis de démontrer qu'ils étaient plus élevés, contemporains ou postérieurs à la construction des voûtes⁵ et qu'ils ont été recoupés, après un laps de temps relativement long, par la mise en œuvre des piles des deux murs longitudinaux à arcades qui soutiennent la charpente haute. Leur fonction reste encore indéterminée mais il est probable qu'ils aient servi d'appui à des toitures transversales provisoires et à leurs chéneaux, dans l'attente de l'achèvement du chantier. En effet, on observe sur les deux grands murs longitudinaux du chœur, sur leur face nord et sud, des solins faiblement inclinés (**fig. 4 et 53**) qui témoignent de l'existence de toitures transversales, couvrant chacune des trois travées sur toute la largeur de l'édifice, en connexion avec des logements prévus pour des chéneaux.

Il est donc possible d'envisager des toitures posées temporairement après l'achèvement de chaque travée de voûte, suivant l'avancement du chantier avec, dans ce cas, la toiture orientale posée peu après 1167. Ces toitures auraient été démontées puis remontées au moment de la construction des piles des deux murs à arcades. Il est en effet difficile de concevoir que le chantier de ces deux grands murs ait pu se faire en présence de ces toitures qui couvriraient toute la superficie du chœur, entravant ainsi les échafaudages, la circulation des ouvriers, la manutention des pierres et des engins de levage. Une fois les deux murs à arcades édifiés, les toitures transversales auraient alors été reposées, toujours dans un but provisoire, dans l'attente probable de l'achèvement des élévations maçonnées des deux croisillons puisque les charpentes des croisillons et du chœur semblent avoir été réalisées simultanément (voir plus loin). Ces toitures transversales ne correspondraient donc pas à un projet qui se voulait définitif et qui aurait avorté, mais bien à une construction légère provisoire liée à un long arrêt de chantier, qui suppose la suspension de toute activité sur le chœur, entièrement condamné par ce couvrement. Les traces de ces toitures relevées sur les piles montrent en effet qu'elles étaient irrégulières, de hauteur différente (la toiture orientale plus basse de 1m30 que les deux autres) et avec des pentes variables entre elles et même selon les versants pour chacune d'entre elles : 21° pour le versant est et 30° à l'ouest pour la toiture orientale, 33° à l'est et 38° à l'ouest pour la toiture médiane, et 38° à l'est et 33° à l'ouest pour la toiture occidentale. De telles irrégularités nous semblent inconcevables pour un projet définitif. Par ailleurs, le chevronnage était placé au plus près des voûtes, voire posé sur elles pour la toiture orientale, ne laissant qu'un raidissement limité en partie haute, presque inefficace et uniquement pour les toitures médiane et ouest, interdisant tout dispositif d'appui au pied de la toiture, type blochet et jambe de force. La largeur des murets ne permettait d'ailleurs pas de recevoir des doubles cours de sablières avec blochets pour deux charpentes juxtaposées, sans compter le chéneau. Ces charpentes devaient donc être légères, constituées de perches, et ne porter qu'une couverture en matériaux tout aussi légers (bardeaux ou chaume). En aucun cas, elles ne pouvaient avoir eu une vocation pérenne, avec des tuiles bien trop lourdes pour cette structure. Enfin, rappelons les pierres en attente à l'angle sud-est de la tour de croisée qui prouvent qu'une grande toiture longitudinale avait été bien projetée dès la première campagne. Ces toitures transversales auraient été démontées lors de la construction de la grande charpente longitudinale.

L'évacuation des eaux pluviales de ces toitures utilisait trois chéneaux transversaux (**fig. 4**), vraisemblablement des gouttières en bois, traversant les piles grâce à des réserves prévues dès la construction de ces murs, montrant que cet arrêt de chantier, avec toitures provisoires, était alors déjà planifié. Ces gouttières transversales déversaient les eaux dans les chéneaux des gouttereaux qui

⁴ Lire la contribution de F. Mandon (Atemporelle).

⁵ Dans les travées orientales, on observe que les maçonneries des murets s'appuient sur celles des voûtes.

étaient placés un mètre plus bas que ceux présents actuellement (lire ci-après). A cette étape du chantier, il est probable en effet que les chéneaux de pierre des gouttereaux ainsi que leurs gargouilles étaient déjà en place, prévus non pour les toitures transversales mais bien pour une grande toiture longitudinale. Toujours à cette étape du chantier (toitures transversales), il semble que le grand mur pignon oriental n'était pas encore édifié. En effet, d'une part, la base du versant de la toiture orientale vient buter contre ce mur pignon et aucune réserve n'est présente dans les piles attenantes pour le passage d'une gouttière. Si ce pignon était présent, l'évacuation des eaux aurait donc été impossible. D'autre part, les assises du pignon sont mal chaînées avec celles des piles, les trous de boulins sont de type différent⁶ et ne se correspondent pas horizontalement, indiquant que ces deux chantiers ne sont pas contemporains. De plus, on observe nettement un changement de joint d'assise au niveau de chacune des deux tourelles occidentales, avec un arrêt de chantier supposé au seuil de la porte la plus haute⁷ et à la base de la partie octogonale (**fig. 5**). Ainsi, une quatrième gouttière en bois transversale devait être placée à la base de cette toiture, sur la base du mur pignon et se raccorder aux deux gargouilles de la façade orientale, dans l'axe des piles, et celles des deux tourelles. L'absence de pignon devait se justifier pour l'approvisionnement en matériaux depuis la façade et, notamment, le levage des bois de la charpente. C'est vraisemblablement après le montage de la charpente du chœur que le grand pignon aurait été édifié, ainsi que ses deux tourelles, condamnant les quatre gargouilles orientales.

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

3. La surélévation des chéneaux et la distribution des gargouilles

En présence des toitures transversales provisoires, les deux tourelles d'escalier orientales donnaient accès au comble par la porte inférieure tandis que la porte supérieure assurait la communication entre les chéneaux extérieurs. A l'intérieur de la tourelle nord, on distingue encore l'ouverture du chéneau d'origine qui traversait la tourelle pour déverser ses eaux dans la gargouille nord-est. Ces chéneaux étaient situés 1 m environ plus bas que ceux d'aujourd'hui, comme en témoignent d'ailleurs la surélévation des gargouilles par des culots, sinon leur condamnation (**fig. 6**). Ces dernières étaient placées à l'origine à la hauteur du larmier, comme celles des deux tourelles orientales qui ont été conservées en l'état. Ce rehaussement serait intervenu lors de la construction du parapet qui nous semble appartenir à un remaniement du XVI^e siècle. Cette modification concerne aussi les deux croisillons dont les gargouilles ont également été surélevées par des corbeaux, voire supprimées, ne laissant que leur colonnette sur culot sculpté (**fig. 7**), et également le gouttereau sud de la nef. Le gouttereau nord de la nef a conservé son parapet d'origine même s'il semble avoir été rehaussé d'une assise de pierre, comme son chéneau.

⁶ Les boulins des murs à arcades sont de petites ouvertures, au négatif circulaire quand le mortier en garde l'empreinte, et aménagés dans une entaille à l'angle inférieur d'une pierre tandis que ceux du pignon sont bien plus grands et aménagés comme précédemment mais aussi par un espacement entre deux pierres, donc pour des bois de plus fort calibre.

⁷ Cette porte donne accès à l'intérieur de la tourelle inachevée dans laquelle on distingue encore, au nord, l'ouverture aujourd'hui bouchée du chéneau d'origine du gouttereau nord qui traversait la tourelle pour déverser ses eaux dans la gargouille située à l'angle nord-est. La porte du dessous donnait accès à l'escalier et ne communiquait qu'au comble de la toiture transversale.

La modification du système d'évacuation des eaux et la construction du parapet semblent bien attestées pour le xvie siècle au regard des moulures des lucarnes encadrant les accès extérieurs des combles du chœur et des deux croisillons et dont le niveau de circulation correspond à celui des nouveaux chéneaux. Ces lucarnes portent par ailleurs les armoiries du chapitre qui sont également présentes sur le parapet, au nord-ouest du croisillon nord, attestant de leur contemporanéité. Ces chéneaux ont été de nouveau modifiés au xixe siècle pour condamner certaines gargouilles au profit de gouttières en métal.

Du fait de la construction de ces parapets, il est probable que les gargouilles du chœur situées en milieu de travées, à l'aplomb des baies, peuvent ne pas être d'origine et appartenir à cette phase de travaux. Notons enfin que les accès primitifs du comble des croisillons aux chéneaux ont été condamnés lors de ces travaux et qu'ils étaient placés sous le niveau des sablières.

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

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

Trois campagnes d'analyses dendrochronologiques ont été effectuées. Les deux premières, réalisées en 1999⁸ et 2001⁹ par le CEDRE, n'ont pas permis d'aboutir à des dates d'abattage concluantes pour les bois d'origine, en raison, d'une part, de la ressemblance de ces derniers avec ceux rapportés au XVIIIe siècle, du remplacement de nombreux éléments lors des récentes restaurations et, d'autre part, de la rareté des aubiers sur les bois de la phase primitive. Le détail de ces précédentes analyses est présenté dans les chapitres consacrés spécifiquement à chacune de ces charpentes. La troisième campagne, effectuée en octobre 2012 par le CEDRE, encadrée cette fois-ci archéologiquement et conditionnée au prélèvement systématique des cambiums, a permis de saisir la complexité du chantier de construction. En effet, pour les bois d'origine des croisillons et du chœur, il s'avère que les abattages ont été programmés près de 20 ans environ avant le montage des charpentes, avec au moins dix coupes distinctes réparties entre 1196 et 1222. Le montage des charpentes des croisillons du transept et du chœur peut donc être placé peu après 1222. La localisation des prélèvements dans les charpentes, notamment sur des lots de pièces homogènes, prouve qu'il ne s'agit en aucun cas de plusieurs phases de construction mais bien d'un unique chantier réalisé à partir d'un stock de plusieurs centaines de grumes, issues de coupes multiples et étalées sur près de deux décennies. On relève au moins dix coupes distinctes, avec trois campagnes d'abattage plus importantes : en automne-hiver 1196-1197, 1213-1214 et du printemps 1216 à l'hiver 1216-1217. Celle de 1213-1214 concerne aussi bien des pièces des croisillons que du chœur, les autres se rattachent essentiellement aux bois du chœur mais résulte essentiellement du plus fort échantillonnage dendrochronologique dans cette charpente que dans celles du transept. La conception de ces charpentes et du projet de la grande toiture sur le chœur était donc programmée dès 1196 avec le début des premières campagnes d'abattages.

Ce cas de figure rappelle l'exemple de la cathédrale de Bourges où au moins 21 campagnes de coupes de bois ont été effectuées dès le début du chantier de la nef en 1230, soit 26 ans avant la mise en place des charpentes¹⁰. Il en était de même sur le chevet de la cathédrale de Tours où plusieurs campagnes d'abattages se sont succédé pendant 35 années jusqu'au montage de la charpente en 1265. Ces coupes successives et intermittentes seraient liées à un financement du chantier par des donations ponctuelles d'arpents de bois et de concessions de différentes parcelles de forêts, nécessitant le stockage des grumes dans l'attente du chantier.

⁸ C. PERRAULT et O. GIRARD CLOS. Essai de datation par dendrochronologie de bois provenant de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers (86). Rapport inédit, mai 1999, Besançon.

⁹ Olivier GIRARD CLOS, Patrick HOFFSUMMER et Christophe PERRAULT. Les charpentes de la cathédrale Saint-Pierre à Poitiers, typologie et dendrochronologie. Rapport inédit du CEDRE (Besançon), s.d.

¹⁰ Epaul 2012.

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

En effet, ces charpentes (croisillons et chœur) ont comme autre originalité de présenter des bois identiques, tant par leur section que par la façon dont ils ont été équarris. Outre la similarité de structure, les sections et les longueurs des pièces sont identiques entre les charpentes des deux croisillons et très proche entre celles-ci et celle du chœur. La restitution du débitage des bois, calculé à partir des sections de chaque pièce, mise bout à bout pour reconstituer les grumes, permet d'estimer que, pour la charpente de chaque croisillon, il a fallu rassembler 117 grumes au minimum dont 60 % de 26 cm de diamètre à la base et 40 % de 23 cm, pour des longueurs variant de 10 à 12 m. Pour la charpente du vaisseau central et des deux collatéraux du chœur, il a fallu 461 grumes dont 64 % de 26 cm de diamètre à la base, 27 % de 23 cm, le restant étant des grumes plus fortes de 27-29 cm de diamètre, et pour des longueurs moyennes de 11 à 14 m. Tous les abattages ont donc été effectués sur la base de deux gabarits de grume : 26 cm de diamètre pour plus de 60 % des bois et 23 cm pour 30 %, les autres étant des grumes spécifiques pour des entrails et des sablières. Si ces coupes ont été programmées près de 20 ans avant l'exécution de la charpente, les abattages ont cependant été réalisés en respectant à chaque fois des gabarits précis, deux mesures principales qui correspondaient aux besoins de la charpente.

Il est difficile d'envisager un équarrissage progressif des bois à l'issue de chaque coupe et une exécution des fermes échelonnée sur près de 20 ans. En effet, comme nous le verrons plus loin, les techniques d'exécution sont identiques à ces trois charpentes, avec des plans de marquage cohérents qui trahissent une mise en œuvre commune des fermes. Par ailleurs, les analyses dendrochronologiques faites sur 14 poteaux des collatéraux, répartis sur toute la longueur de la charpente, révèlent huit dates distinctes, correspondant à autant de coupes intervenues entre 1203 et 1217 pour ces bois, prouvant ainsi que l'exécution de cette charpente a été réalisée à partir d'un stock réunissant plusieurs lots de bois. Ces derniers ont été stockés à l'état de grumes à l'issue de chaque coupe, et entreposés dans l'attente du chantier, dans des conditions favorables qui ont permis d'en conserver l'humidité pour leur taille. Les bois ont été stockés à l'état de grumes à l'issue de chaque coupe, et entreposés dans l'attente du chantier, dans des conditions favorables qui ont permis d'en conserver l'humidité pour leur taille. Plusieurs pièces taillées dans des bois aux fibres torses¹¹ ont d'ailleurs vrillé en continuant leur torsion, brisant ou déformant leurs assemblages, confirmant ainsi que ces bois ont été mis en place peu de temps après leur équarrissage¹² (**fig. 8**).

Concernant la taille des bois, on observe que toutes les pièces des charpentes des croisillons et du chœur sont sur-équarrées, avec des arêtes vives et très peu d'aubier¹³. L'équarrissage à la doloire a été systématiquement forcé comme pour les chevrons et les poteaux des collatéraux qui présentent parfois des pieds refendus à cœur avec une section de 20 x 14 cm. Le caractère systématique de cette taille forcée, assez inhabituelle pour la période, à l'ensemble des bois de ces trois charpentes semble confirmer que les 700 grumes environ du stock ont été équarrées par les mêmes équipes de bûcherons, vraisemblablement sur un à deux ans. Il apparaît donc les bois, abattus pourtant selon des gabarits précis, étaient de trop fort diamètre et ne correspondaient pas exactement aux sections voulues par les charpentiers. Ce sur-équarrissage peut aussi s'expliquer par une dégradation superficielle des grumes liée à de mauvaises conditions de stockage sur le long terme.

¹¹ Défaut naturel du bois caractérisé par une croissance en spirale autour de l'axe du tronc.

¹² Un bois de brin qui conserve le cœur de l'arbre a en effet tendance à se déformer après son équarrissage.

¹³ Cette rareté des aubiers explique en grande partie le peu d'échantillons dendrochronologiques avec cambium.

II. Le croisillon nord

Les deux croisillons du transept sont presque identiques, tant dans leur plan, leurs élévations maçonnées que dans leur charpente. Si les sculptures des parties inférieures témoignent d'une même campagne, celles des parties hautes suggèrent cependant que le croisillon nord serait plus tardif que son pendant sud. De plus, la voûte du croisillon sud, de quatre voutains soutenus par une croisée de fortes ogives, est identique à celles des travées orientales du chœur, datées de 1167, alors que celle du croisillon nord, composée de huit voutains délimités par de fines ogives non porteuses, comme celles des collatéraux, appartiendrait à la campagne suivante. Il apparaît qu'entre le voutement du croisillon sud et celui du croisillon nord, un laps de temps relativement important s'est écoulé et qu'un changement de parti est intervenu, marquant le renoncement des tours de transept et de la croisée. Quoiqu'il en soit, l'achèvement des deux croisillons a dû se faire simultanément puisque leur charpente, ainsi que celle du chœur, présentent la même structure et des techniques d'assemblage et de marquage identiques, attestant une mise œuvre commune de ces toitures, par les mêmes charpentiers.

1. Description générale du comble

Le grand comble du bras nord du transept forme une toiture à deux versants, terminée au nord par un mur pignon et au sud par le mur de la tour de croisée, coiffée aujourd'hui par la toiture du vaisseau principal (**fig. 10 à 12**). Au droit de cette tour, la toiture du bras nord se raccorde à celle du vaisseau principal par deux grandes noues.

Cette charpente couvre l'unique travée du bras nord, avec son absidiole nichée dans l'épaisseur du mur oriental, et la travée du collatéral nord qui lui est contigüe, au sud (**fig. 13**). Elle couvre les deux travées principales en s'appuyant, à l'est, sur un muret édifié à l'aplomb des doubleaux orientaux des voûtes, au droit de la naissance de l'absidiole, tandis qu'une toiture en appentis, constituée de longs coyaux, assure le couvrement de l'absidiole orientale. Une toiture en appentis existait dès l'origine puisque la base des chevrons ne possèdent pas de clous et n'étaient donc pas recouverts de lattes.

Plusieurs accès desservaient ce comble. Le muret ouest est percé au nord, près du pignon, par une porte qui donnait accès à un escalier logé dans l'épais contrefort nord-ouest et, plus au sud, par une seconde qui devait s'ouvrir, avant la construction de la charpente de la nef, sur le chéneau. Le muret oriental est quant à lui ouvert d'une première porte au nord pour accéder sous l'appentis et d'une seconde au sud, contre la tour, qui débouchait dans le comble du bas-côté nord du chœur. Excepté ce dernier, ces accès, qui étaient placés sous le niveau des sablières, ont été condamnés lors du rehaussement des chéneaux et de la construction du parapet au XVI^e siècle, au profit d'un nouvel accès, placé au-dessus des sablières, au nord-est du comble.

Les deux gouttereaux sont surmontés d'un parapet au pied duquel sont placés les chéneaux. Le gouttereau oriental porte donc le parapet, le chéneau et la base de la toiture en appentis, tandis que le muret, situé à l'aplomb du doubleau, réceptionne le pied des fermes. Le gouttereau ouest présente, quant à lui, un fort rétrécissement par un important talus.

Le décalage de la charpente

Les fermes de cette charpente, comme celles du croisillon sud, ont leur assise ouest qui est déportée de 60 cm vers l'est, et se présentent en porte-à-faux du muret avec des sablières internes portées en encorbellement par de larges corbeaux et par des maçonneries au droit des voûtes (**fig. 14**). Ce débord des pieds explique le décalage de l'axe longitudinal des fermes de 40 cm vers l'est, et donc du mur pignon et sa baie centrale, par rapport aux voûtes et aux deux baies du premier niveau. Ce décalage semble lié à la mise en place du chéneau, aujourd'hui rehaussé (voir plus loin), sur le mur occidental dans les collatéraux. Ce mur, large de 112 cm, est porté par un arc doubleau entre les voûtes du collatéral. Or, il se doit de recevoir les sablières, dont l'emprise est de 100 cm de large, et le chéneau,

constitué de lourdes pierres de 50 cm de large (**fig. 15**) et qui, à l'origine, était positionné plus bas et remontait jusqu'à la naissance de la toiture contre la tour de croisée. Faute de place sur ce mur qui ne pouvait être élargi, le maître d'œuvre aurait donc préféré déporter vers l'intérieur les sablières en les plaçant en encorbellement sur des corbeaux, plutôt que le chéneau, vers l'extérieur, à l'aplomb des voûtes. Cette contrainte ne s'observe pas sur le mur est du croisillon, de même largeur pourtant que son vis-à-vis, ni sur celui du croisillon sud. En effet, le versant Est se raccordait dès l'origine au grand versant de la toiture du chœur, comme l'atteste l'absence de solin sur la tour, avec une toiture en appentis qui reportait le chéneau non plus sur ce mur mais en tête des gouttereaux.

L'adaptation de la charpente aux voûtes

Le maître charpentier a fait reposer la charpente sur deux murets longitudinaux afin de la surélever par rapport aux voûtes, en raison de deux contraintes majeures. La première est liée à la pénétration des voûtes dans la charpente et la seconde, au décalage du pied ouest des fermes.

Les voûtes cupuliformes du bras nord et du collatéral pénètrent profondément dans le comble, jusqu'à 3,50 m de hauteur pour un diamètre à la base de 11 m pour la voûte nord et jusqu'à de 3 m de hauteur et un diamètre de 9 m pour la voûte sud (**fig. 12**). Cette particularité, typique du style gothique angevin, constitue un handicap majeur pour le bon fonctionnement d'une charpente à chevrons-formant-fermes. En effet, une charpente de ce type est constituée de travées de fermes secondaires, sans entrain à la base, réparties entre des fermes principales à entrain dont la fonction est d'empêcher l'écartement de la charpente à sa base. Les fermes secondaires, faute de tirant et de dispositif longitudinal de soutien des fermes, ont tendance à s'ouvrir à leur base, générant sur ses supports de fortes poussées latérales, préjudiciables pour la stabilité des murs. Ainsi, plus les travées sont courtes et plus ces poussées latérales sont réduites.

Ici, l'insertion des voûtes dans la charpente, qui oblige une implantation des fermes principales à la naissance des voûtes, suppose deux travées de charpente trop longues (9 m et 11 m), avec deux fermes aux extrémités nord et sud, aujourd'hui disparues, et une troisième au milieu, entre les deux voûtes. De telles longueurs de travées sont exceptionnelles aux XIIe-XIIIe siècles pour des charpentes de ce type et auraient généré inéluctablement la déformation des murs. Pour y remédier et raccourcir ces travées, le maître charpentier a surélevé la charpente en la faisant reposer sur deux murets parallèles de 170 cm de haut et de 112 cm de large. Ainsi, il a été possible de créer une troisième travée centrale, en plaçant deux fermes principales médianes au plus près des voûtes, avec leur entrain presque en contact de leurs maçonneries.

La nécessité de placer le chéneau sur le gouttereau ouest a contraint le maître charpentier à décaler les pieds ouest de la charpente sur un encorbellement. Ce chéneau était placé à 2 m plus bas que celui d'aujourd'hui. Or, ce déplacement des sablières n'était possible qu'en rehaussant la charpente du fait de la présence des voûtes qui étaient déjà en contact avec les fermes. Ainsi, la surélévation de la charpente sur des murets permettait le désaxement de la charpente pour l'insertion du chéneau sur le gouttereau ouest, et aussi une meilleure répartition des fermes principales de part et d'autre des voûtes.

2. Les campagnes de restauration

La charpente d'origine a connu deux grandes campagnes de restauration. La première, réalisée en 1771d, a porté sur le remplacement des sablières et des blochets ouest et de ceux, à l'est, de la travée sud. Quelques chevrons de la travée sud ont aussi été remplacés. De même, la ferme principale qui terminait la travée sud, contre le mur de l'ancienne tour, a disparu et l'entrain de la première ferme principale nord, contre le mur pignon a également été retiré.

La seconde campagne appartient aux travaux exécutés par l'architecte en chef des monuments historiques Bonnard en 1978-1987 sur les charpentes et couvertures de l'ensemble de la cathédrale. Ces travaux ont été d'une rare violence sur le croisillon nord, en 1978-1981, puisque 43 % des bois ont été changés, hormis ceux déjà remplacés au XVIIIe siècle, plus particulièrement sur la travée sud et sur l'appentis. Vu le bon état de conservation des bois d'origine encore en place et la restauration du XVIIIe siècle, il est difficile d'admettre que ces remplacements aient été vraiment nécessaires. D'autre

part, il est difficile de comprendre pourquoi les entrails des fermes principales d'about n'ont pas été restitués, vu le rôle primordial qu'ils jouent pour l'équilibre statique de la structure.

Les fermes les mieux conservées sont donc situées dans les travées médianes et nord, de même pour les sablières et les blochets, uniquement à l'est. En dépit de ces travaux, la disposition des fermes et de leurs assemblages est suffisamment bien conservée, sur un ensemble de fermes suffisant et en place, pour autoriser leur interprétation.

3. Les analyses dendrochronologiques

Cette charpente, comme celles des autres parties de la cathédrale, a bénéficié de deux campagnes de datation dendrochronologique. La première a été réalisée en mai 1999 par Olivier Girardclos et Christophe Perrault, du laboratoire de Chrono-Ecologie de l'Université de Franche-Comté, financée par la Conservation régionale des monuments historiques de Poitou-Charentes¹⁴. Malheureusement, les prélèvements ont été faits sur des bois appartenant à une campagne de restauration d'époque moderne et aucun sur des bois de la charpente d'origine. De plus, sur ces échantillons, un seul présentait un cambium permettant d'attribuer une date d'abattage en 1771d.

Tableau de localisation des prélèvements et datation.

n° échantillon	Pièce	Ferme	Date d'abattage
36	chevron ouest	26	vers 1770
37	chevron ouest	22	vers 1770
38	blochet ouest	16	vers 1770
39	blochet ouest	15	vers 1770
40	blochet est	20	vers 1770
41	blochet est	26	vers 1770
42	jambette est	24	?
43	chevron est	25	?
44	jambette est	11	?
45	blochet ouest	2	1770-1771

Faute de résultats probant, une deuxième campagne a été commandée en 2001 par le Centre de recherches sur les monuments historiques pour la publication d'un ouvrage sur les charpentes de l'ouest de la France. Elle a été réalisée de nouveau par Olivier Girardclos, Christophe Perrault, du CEDRE de Besançon, et Patrick Hoffsummer¹⁵.

n° échantillon	Pièce	Ferme	Date d'abattage
107	jambette ouest	2	après 1189
108	jambette ouest	6	après 1189
109	entrait	18	après 1192
110	sablière interne est		?

Seulement quatre échantillons ont été prélevés. Sur ceux-là, aucun ne présente de cambium et le dernier cerne d'aubier mesuré est daté de 1189 et 1192, ce qui suppose, avec l'estimation de l'aubier manquant, un abattage des bois compris entre 1193 et 1223. La difficulté d'obtenir des dates

¹⁴ C. PERRAULT et O. GIRARDCLOS. Essai de datation par dendrochronologie de bois provenant de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers (86). Rapport inédit, mai 1999, Besançon.

¹⁵ Olivier GIRARDCLOS, Patrick HOFFSUMMER et Christophe PERRAULT. Les charpentes de la cathédrale Saint-Pierre à Poitiers, typologie et dendrochronologie. Rapport inédit du CEDRE (Besançon), s.d.

d'abattage s'explique par le suréquarrissage de la plupart des bois d'origine qui ne conservent donc que très peu d'aubier.

Faute de résultats probant, une troisième campagne de prélèvement a été effectuée, avec un suivi archéologique et en prenant la précaution, cette fois-ci, de visiter tous les bois jusqu'à leur tête et de prélever systématiquement le cambium, quand il existe, à l'aide d'une coupeuse électrique (**Annexe 1**, en fin de document). Seuls quatre bois avec cambium ont pu être observés et prélevés sur l'ensemble de la charpente. Trois d'entre eux ont donné une date d'abattage à l'automne-hiver 1213-1214. En raison du faible échantillonnage, ce résultat se doit d'être confronté aux données archéologiques (observations des bois et relevés). Comme cela a déjà été évoqué et le sera encore plus loin, il s'avère que cette charpente a été exécutée conjointement avec celles du croisillon sud et du chœur en raison de la ressemblance quasi parfaite de leur structure et de leurs techniques de mise en œuvre. Les bois utilisés pour cette charpente appartiennent donc à un lot plus important qui a été utilisé pour l'exécution des deux autres charpentes. Il est donc nécessaire de regarder les dates d'abattages des bois des deux autres charpentes pour connaître le *terminus post quem* de cet ensemble de bois, à savoir 1222d, d'après un prélèvement du croisillon sud. La mise en œuvre de cette charpente, comme celle des deux autres, est donc à placer peu de temps après 1222, c'est-à-dire juste après les derniers abattages.

4. Les bois

Tous les bois utilisés pour la réalisation de cette charpente ont taillés dans du chêne, par équarrissage à la doloire des grumes, en ayant conservé le cœur de l'arbre au sein de chaque pièce à l'exception de quelques pièces fendues à cœur comme les blochets (**fig. 16**), issues probablement des extrémités inférieures des grumes. Ils ont la particularité d'être tous suréquarris, avec très peu d'aubier aux arêtes, ce qui semble indiquer que les bois abattus, de trop fort diamètre, ne correspondaient pas exactement aux sections recherchées. De nombreux bois conservent des traces d'entailles préliminaires à l'équarrissage, réalisées perpendiculairement à l'axe longitudinal du bois et distantes entre elles de 40 cm environ (**fig. 17**). Ces entailles successives servaient à faciliter le dégrossissage et le retrait des dosses à la hache. Cette technique préparatoire appelée « ébauchage » a été observée dans de nombreuses charpentes du XIII^e siècle en Normandie comme en Bourgogne¹⁶. Elle était encore préconisée dans certains traités de charpenterie comme celui de Mathurin Jousse en 1702¹⁷ et est encore pratiquée de nos jours en Roumanie et en Hongrie.

Les chênes présentent pour nombre d'entre eux des fibres torsées montant en spirale autour de l'axe central, qui est un mode de croissance naturel fréquemment observé chez cette essence. Les bois sont relativement droits, avec des nœuds et présentent peu de courbures naturelles.

Le relevé des sections et des longueurs des pièces permet une restitution du débitage des bois, en mettant bout à bout les pièces de sections correspondantes pour reconstituer les grumes.

Tableau des moyennes des sections et des longueurs des bois de la charpente du bras nord (face nord/sud x face est/ouest) :

Pièces	Section (cm)		Ecart type		Longueur (m) (assemblages compris)
	piéd	tête			
Chevron	19,5 x 15,2	16 x 15	0,9 x 0,6	0,9 x 0,4	9,5
Echarpe	15,6 x 15	14,8 x 14,7	0,6 x 0,6	0,5 x 0,5	5,9
Entrait retroussé	15,7 x 15,2		0,5 x 0,4		5,4

¹⁶ Epaud 2007, p. 49.

¹⁷ Jousse M., *Le théâtre de l'art du charpentier, enrichi de diverses figures*. Edition de 1627 corrigée et augmentée par M. de la Hire, 3^{ème} édition, Jombert lib., Paris., 1702, p. 12.

Jambe de force	14,9 x 14,9	0,35 x 0,2	1, 7
Blochets	19,9 x 14,4	0,35 x 0,5	1,3
Entrait	19 x 15	20 x 15	12
Poinçon	16 x 16	15 x 15	4,8
Sablière	20 x 16		9 - 9,8

Tableau des évaluations des quantités et des mesures de grumes de la charpente :

Pièces	Grumes	Longueur (m) de la grume	Diamètre (cm) de la grume à la base
1 chevron + 1 blochet +1 jambe de force	1	12,5	26
1 écharpe + 1 entrait retroussé	1	11,3	23
2 écharpes	1	11,8	23
2 poinçons	1	9,6	23
1 entrait	1	12	26
1 longrine	1	10	23
1 sablière	1	10	26

Pour les besoins de la charpente, soit 28 fermes, il a fallu 56 chevrons, 56 jambes de force, 56 écharpes, 48 blochets, 28 entrails retroussés, 4 entrails, 4 poinçons, 10 sablières et 4 longrines. Selon les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus, il a fallu rassembler au minimum 117 grumes dont 60 % de 26 cm de diamètre à la base et 40 % de 23 cm, pour des longueurs variant de 10 à 12 m.

5. Description de la charpente

Cette charpente présente une structure à chevrons-formant-fermes subdivisée en trois travées : une travée nord de 13 fermes secondaires, une travée médiane de trois fermes secondaires et une travée sud de 9 fermes secondaires (**fig. 18-19**). La charpente était à l'origine terminée au nord, contre le mur pignon, et au sud, contre l'ancienne tour de croisée, par une ferme principale qui délimitait les travées enjambant les deux voûtes. Elles assuraient ainsi le maintien de ces travées en contenant les poussées latérales des fermes secondaires. Lors des travaux de 1771d, la ferme principale sud a été supprimée de même que l'entrait de la ferme principale nord.

La largeur du vaisseau, dans œuvre des murs, est de 10,15 m en moyenne. Cependant, la portée de la charpente d'origine, de la sablière interne est à la sablière interne ouest, est de 9,80 m, du fait du déport de la base ouest des fermes vers l'intérieur sur des corbeaux en encorbellement.

Les fermes d'origine, en place, sont espacées régulièrement de 68 cm, de rive à rive, ce qui fait un écartement à l'entraxe des fermes de 83 cm. Aux XIIe-XIIIe siècles, l'entraxe des fermes d'une charpente de ce type, dans le Bassin parisien, varie entre 54 et 67 cm autour d'une moyenne de 62 cm, quelle que soit les dimensions de l'édifice et la portée d'entrait. Dans l'état actuel des connaissances des charpentes médiévales en Poitou-Charentes, il est difficile de savoir si cet espacement est exceptionnel ou s'il répond à des usages régionaux, mais au regard des charpentes de la France septentrionale, il ne saurait s'expliquer autrement que par une contrainte technique majeure. En effet, il est probable que cet espacement excessif soit destiné à limiter les poussées latérales au droit des travées, qui sont d'une longueur exceptionnelle, et aussi à alléger la charpente qui s'appuie, à l'est, non pas sur un mur gouttereau mais sur les arcs doubleaux des voûtes.

Selon les dispositions d'origine, les fermes principales et secondaires reposent, à l'est et à l'ouest, sur un double cours de sablières continues (21 x 15 cm), espacées de 56 cm. Elles sont aboutées entre elles aux extrémités, au tiers de la longueur de la charpente, par une enture oblique à talons biaux, maintenue par trois ou quatre fortes chevilles (**fig. 20**). A l'extrémité sud, elles étaient encastées dans les maçonneries de la tour de croisée (**fig. 21**). Les entrails des fermes principales comme les blochets des fermes secondaires sont fixés aux sablières par le même type d'assemblage, c'est-à-dire par une petite

entaille droite transversale, de 6,5 cm de large, qui vient s'encastrent dans les sablières, elles-mêmes entaillées pour former une languette de même largeur, destinées à les pénétrer (**fig. 22**). Que ce soit pour les blochets ou les entrails, les sablières ont leur languette disposée vers le centre du mur. Ce dispositif dérive des assemblages à languettes, typiques des charpentes du XIIe siècle et qui ont tendance à disparaître au début du XIIIe siècle¹⁸.

6. Les fermes (fig. 12)

Les fermes sont inclinées à 51°, ce qui est caractéristique des pentes de toit à la charnière du XIIe et du XIIIe siècle.

Les fermes principales :

Les trois travées étaient délimitées aux extrémités par des fermes principales. Des quatre fermes principales ne subsistent plus que F14 et F18, F1 ayant perdu son entrail et F28 ayant été entièrement supprimée en 1771d.

D'après les éléments en place, chacune de ces fermes est constituée d'un entrail à la base, un faux poinçon et un couple de chevrons, raidis par deux jambes de force, une croisée d'écharpes et un faux entrail (**fig. 22**).

Longs de 9,50 m, les chevrons, comme ceux des fermes secondaires, ont une très forte section à la base 19,5 x 15 cm, disposée de champ, pour une section de tête de 16 x 15 cm. Ils s'assemblent en tête par enfourchement. Les jambes de force qui les raidissent en pied y sont assemblés par un tenon mortaise renforcé par un embrèvement. En pied, la jambe de force est fixée à l'entrail par un tenon mortaise qui ne présente pas de cheville. La croisée d'écharpes s'assemble aux chevrons, en pied, par un tenon mortaise renforcé là aussi par un embrèvement, chevillé transversalement, et, en tête, par un mi-bois avec ergot (**fig. 23**). Ce type d'assemblage est assez rare à cet emplacement, prisé d'habitude par des mi-bois à demi queue d'aronde ou des tenons mortaises. Ce qui est encore plus inhabituel est le positionnement du faux entrail par rapport aux écharpes puisque, ici, le faux entrail vient en applique sur les écharpes et les chevrons, entièrement assemblé à eux par des mi-bois, alors que généralement ce sont les écharpes qui viennent s'appliquer aux chevrons et au faux entrail par des mi-bois, dans un second temps dans l'ordre de mise en place des bois. Le mi-bois du faux entrail aux chevrons présentent là encore un ergot sur l'arête supérieure pour faciliter la rétention de l'assemblage.

L'entrail, qui surprend par sa faible section (19 x 15 cm) pour une longueur de 12 m, présente des arêtes chanfreinées amorties par des congés aux extrémités. Il est soulagé en milieu de portée par un faux poinçon qui est suspendu au faux entrail par un mi-bois avec ergot et dont la tête s'arête juste sous la croisée des écharpes (**fig. 24**). En pied, le faux poinçon s'assemble à l'entrail par un tenon mortaise en forme de demi-queue d'aronde, bloquée par une cale appelée rossignol, destiné à renforcer la traction de l'assemblage.

Bien que nous soyons dans un comble fermé par des voûtes maçonneries, et donc obscur, les charpentiers ont tout de même orné le faux poinçon aux extrémités d'un fût rabattu à une section octogonale de 9 x 8 cm seulement d'un chapiteau et d'une base constitués d'arêtes chanfreinées terminées par des congés et soulignées par un tore sur une base carrée (**fig. 25**). Ces sculptures et l'étonnante finesse du fût confèrent à ces faux poinçons une apparence de légèreté et de fragilité.

On constate que ces fermes se sont déformées au cours des siècles sous l'action conjuguée du poids de la couverture et de la relative souplesse des bois, liée à leur grande portée. Le ploiement de l'ensemble des pièces se manifeste par une courbure de l'entrail vers le bas, avec une flèche¹⁹ de 9 cm, une flexion du faux entrail avec une flèche de 4 cm, qui s'accompagne de la déformation conjointe des écharpes avec une flèche de 5 cm au tiers inférieur. Les chevrons ont subi très peu de déformation du fait de la présence de l'entrail à leur base qui assure le maintien de leur pied.

¹⁸ F. Epaud, *De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie*, Publications du CRAHM, Caen, 2007, p. 144.

¹⁹ Ecartement maximal de la position entre la pièce au repos et la même pièce soumis à la flexion.

Les fermes secondaires :

Les fermes secondaires sont constituées d'un couple de chevrons raidis par une jambe de force, une croisée d'écharpes et un entrait retroussé (**fig. 26**). Un chevillage transversal renforce la fixation des assemblages de pied des écharpes aux chevrons. Un blochet réceptionne le pied du chevron et de la jambe de force par tenon mortaise. L'extrémité interne des blochets est taillée en quart de rond, ce qui n'est pas sans procurer un effet esthétique appréciable sur l'ensemble des blochets (**fig. 27**).

Les assemblages des raidisseurs sont les mêmes que ceux des fermes principales. La déformation des bois est cependant légèrement plus prononcée, notamment pour les chevrons avec une flèche de 4 cm en partie inférieure et de 2,5 cm en moyenne en partie supérieure.

7. Le contreventement longitudinal

La charpente a été conçue sans dispositif de contreventement axial des fermes ; celui présent actuellement, constitué d'un faîtage sur potelets, ayant été mis en place en 1978-1981. Cependant, dans le plan des chevrons des deux versants, sur la face extérieure des chevrons d'origine, on observe une série continue d'entailles à mi-bois de F1 à F18 pour deux longrines disposées chacune selon une inclinaison distincte (en pointillé sur la coupe longitudinale de **fig. 11**). Sur le versant est, la première longrine est assemblée en tête du chevron de F1 et se prolonge jusqu'en pied du celui de F8 (**fig. 28**). La seconde débute en pied du chevron de F9 et se termine en tête de celui de F17. Sur le versant opposé, les longrines sont disposées de façon presque symétrique, de F1 à F10 pour la première et de F11 à F18 pour la seconde. Après F18, les rares chevrons d'origine subsistants ne comportent aucune entaille, ce qui suppose que la travée sud était dépourvue de ce dispositif sur ses deux versants.

Les chevrons rapportés au XVIII^e siècle et au XX^e siècle ne comportent pas ce dispositif, ce qui atteste de l'antériorité de ce contreventement par rapport aux premiers travaux de restauration. Par ailleurs, il est difficile de concevoir la taille des assemblages des chevrons en hauteur, et le piquage des assemblages des longrines avec présentation de la pièce sur des fermes déjà levées, même si cela n'est toutefois pas à exclure pour une charpente de cette dimension. Il est donc peu probable que ces longrines aient été ajoutées après le levage de la charpente, ce qui semblerait confirmer une mise en place de ce dispositif dès l'origine.

Ce type de contreventement des fermes est attesté sur la charpente à chevrons-formant-fermes de la nef de la cathédrale de Bourges en 1257d. Les autres exemples observés sur des charpentes du XIII^e siècle sont malheureusement, faute de relevé archéologique, considérés comme des rajouts des XV^e-XVI^e siècles, comme sur celle du XIII^e siècle de la maison 13 rue des Changes à Chartres²⁰, mais il y a de fortes présomptions pour penser qu'il est aussi d'origine. Le cas présent serait donc l'exemple le plus ancien attesté en France, dans l'état actuel de la recherche, et aussi l'un des premiers dispositifs de contreventement des fermes puisque les étré sillonnements longitudinaux apparaissent vers 1220-1230 en France septentrionale. Avant l'apparition de ces dispositifs, les charpentes ne sont pas contreventées et le maintien des fermes n'est assuré que par le lattis de la couverture. Ce dispositif permet ici de contreventer les fermes dans le plan du chevronnage pour limiter le risque de déversement de la structure. En cas de déséquilibre des fermes, suite à une découverte, celles-ci ne peuvent verser que dans le même sens grâce aux deux points symétriques de retenue. Toutefois, la faiblesse de ce dispositif apparaît pour les fermes raidies en pied qui peuvent tout de même verser en cas de découverte.

8. Le marquage

Pour leur levage, les bois sont identifiés par des marques de pièces, c'est-à-dire par une seule marque par pièce, et non par une marque par assemblage (marque d'assemblage) (**fig. 29**). Les marques sont inscrites sur la face supérieure (entraits retroussés et écharpes) ou externe (jambes de force) des pièces,

²⁰ Anciennement désignée comme salle de justice (*Charpentes de la région Centre du XII^e au XIII^e siècle*, Centre de Recherches sur les Monuments Historiques, Monum, Editions du Patrimoine, 2002, p 178).

en partie haute des écharpes et généralement à l'est pour les entrails retroussés (**fig. 19**). Les marques des chevrons, inscrites sur leur face extérieure, ne sont donc visibles que sous les départs des grands coyaux à l'est. Seuls les blochets et les jambes de force des fermes secondaires n'ont pas été marqués du fait du type de marque utilisé. En effet, le marquage utilise un système de graduation par accumulation des signes (9 signes pour exprimer 9), nécessitant donc beaucoup de place, et sans abréviation par des chiffres romains à base V et X qui commencent pourtant à se diffuser en France dès la fin du XII^e siècle²¹. Trois types de signe sont utilisés : l'encoche taillée avec un ciseau d'un tranchant de 2 cm de large, le trait curviligne en forme de (, et le double trait curviligne en forme de)(, taillés avec une gouge de 2,2 cm de large (**fig. 30**).

Ce marquage ne présente pas de latéralisation puisque l'éventuelle permutation d'orientation des pièces au sein d'une même ferme, au cours du montage, est impossible du fait des assemblages à mi-bois, à l'exception des jambes de force et des blochets. Toutefois, on constate que les marques en forme de (sur les écharpes sont tournées vers le haut pour les écharpes ouest et vers le bas pour les écharpes est. De même, les entrails retroussés sont marquées presque toujours à l'est. Ces distinctions semblent liées à des habitudes de marquage ou au positionnement du charpentier par rapport à la pièce, plutôt qu'à une volonté délibérée de latéraliser ces marques.

Le marquage utilise ces trois types de signe de façon graduée et continue pour la réalisation des fermes. En effet, lors de la taille des bois et de l'exécution des 28 fermes, les charpentiers ont exploité chaque type de marque jusqu'à la valeur 10 maximum, c'est-à-dire jusqu'à dix signes.

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

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

Il apparaît, d'après le plan de marquage, que la marque à encoche a d'abord été utilisée pour la réalisation de dix fermes secondaires, suivie après par l'emploi de la marque (pour la fabrication de dix autres fermes secondaires puis, par extension, par celui de la marque)(pour terminer les quatre dernières fermes secondaires et pour l'exécution des quatre fermes principales, achevant ainsi la numérotation à la valeur huit. Selon cette hypothèse, les fermes principales auraient été réalisées en dernier, après l'exécution des fermes secondaires.

Si ce marquage a vraisemblablement été utilisé de façon graduelle et continue pour la réalisation des fermes, avec ces trois types de signes, le montage n'a, quant à lui, pas respecté cette graduation puisque la numérotation est dispersée et incohérente dans la charpente. Le levage ne s'est donc pas servi du marquage des fermes pour coordonner leur implantation dans le plan de la charpente, toutes les fermes secondaires étant, il est vrai, identiques et l'assemblage des sablières par languette autorisant l'interversion des fermes.

9. Le levage

Pour le levage des fermes, il est fort probable qu'un plancher de travail ait mis en place en haut des murs, au niveau des sablières, posé sur un échafaudage en encorbellement sur les murs. Les pièces étaient montées une à une jusqu'à ce plancher de travail, depuis l'intérieur du vaisseau, par un engin de levage amovible qui suivait la progression du chantier. Les bois étaient ensuite assemblés sur ce plancher pour constituer une ferme en fonction de leur marque, et chevillés. Le sens d'enfoncement des chevilles témoigne ainsi du sens de levage des fermes. Une fois la ferme constituée sur ce plancher, on procédait à son levage à l'aide d'une grande chèvre pour la première, puis en fixant les cordages en tête des fermes déjà levées pour dresser les suivantes. Toutes les fermes étaient ainsi levées une par une, en reculant progressivement le plancher de travail vers la tour.

²¹ Epaul 2007, p. 92.

Pour le levage des fermes, les cordes étaient accrochées aux chevrons par une encoche pratiquée sur l'arête extérieure, face nord, au tiers supérieur des chevrons (**fig. 31**).

10. Etablissage

Plusieurs assemblages conservent des traces de piquage au traceret, petite pointe métallique, notamment au droit des mi-bois, qui témoignent des tracés préparatoires à la taille réalisés sur l'aire d'épure lorsque les bois étaient superposés les uns sur les autres sur des cales afin de définir l'emprise des assemblages (**fig. 32**).

Enfin, à l'about extérieur des blochets, sur leur tranche, on peut observer les traces de taille à la hache qui renseignent sur le fait que la scie n'était pas utilisée pour la découpe des bois sur ce chantier (**fig. 33**).

II. Le croisillon sud

1. Description générale du comble

Le comble est identique à celui du croisillon nord. Sa toiture à deux versants est terminée au sud par un mur pignon et au nord par le mur de la tour de croisée au droit de laquelle deux grandes noues assurent le raccord avec les toits du chœur et de la nef (**fig. 34**). Ce volume recouvre l'absidiole orientale sous une toiture en appentis.

La charpente couvre, au sud, la voûte du croisillon, quadripartite avec une croisée de grosses ogives terminées par un oculus au sommet et, au nord, celle du collatéral, octopartite et finement nervurée (**fig. 35**). La voûte du croisillon appartient à la phase correspondant au projet d'une tour clocher sur cette travée, projet qui fut abandonné avant la mise en place de la voûte du collatéral. A cette phase sont associés les départs d'importants arcs de décharge qui encadrent cette voûte et dont les claveaux sont toujours en place (**fig. 36**). Lors d'une visite du comble, Fabrice Mandon²² a justement observé que la recharge de maçonneries couvrant cette voûte au nord-est a conservé le négatif de l'arc de décharge nord, dont les claveaux ont été démontés à une date indéterminée. D'après ces arcs, le mur oriental qui s'élevait dans le comble, à la hauteur de cette voûte, avait une épaisseur de 1,72 m, au droit du doubleau de l'absidiole, et celui situé au sud, incluant le pignon, avait une largeur de 2,30 m.

La similarité de cette voûte avec celles du chœur, datées de 1168, placerait donc cette phase 30 ans environ avant la mise en place de la charpente. Une toiture provisoire couvrirait donc probablement ce croisillon qui se présentait peut-être avec des élévations plus importantes et qui auraient été démontées. Aucune trace de toiture ne subsiste de cet état intermédiaire.

La construction de deux murets de 1,60 m de haut et de 112 cm de large, résulte des mêmes nécessités que dans le croisillon nord, à savoir rehausser la charpente pour, d'une part, désaxer le pied ouest des fermes et permettre d'asseoir le chéneau sur le gouttereau et, d'autre part, mieux répartir les fermes principales au plus près des voûtes, en créant ainsi une travée médiane (**fig. 39-40**). Cette dernière permet de raccourcir les travées enserrant les voûtes, et de réduire ainsi les poussées latérales générées par les fermes secondaires.

Chaque muret est ouvert de deux portes. Au sud, contre le pignon, elles s'ouvraient sur les chéneaux et sur l'escalier à vis, placé dans l'épaisseur du contrefort sud-est et qui était couvert d'une toiture²³. Dans la travée nord, elles donnaient accès aux collatéraux de la nef et du chœur.

On observe une déviation de l'orientation du muret oriental de part et d'autre de la porte nord. La partie sud du muret reprend l'orientation de l'arc de décharge sous-jacent, du projet primitif, tandis que la partie nord s'appuie sur l'arc doubleau des collatéraux, liés à la phase postérieure. Ce

²² ATEMPOREL.

²³ Le solin de cette toiture s'observe encore contre le mur pignon.

changement d'orientation témoigne de l'abandon, en cours de chantier, du plan d'origine de la cathédrale, en forme de trapèze avec une façade plus large que le chevet, et du rattrapage progressif des murs vers un plan rectangulaire à partir de la première travée du chœur. La partie sud du muret oriental, reprenant l'orientation du croisillon selon la première phase, a donc été corrigé dans son prolongement au nord pour l'adapter au nouveau plan de la cathédrale.

Les quatre colonnettes sur culots, situées sur les gouttereaux et le pignon, étaient destinées à supporter des gargouilles pour l'évacuation des eaux des chéneaux qui étaient placés, à l'ouest, à plus de 2 m sous le chéneau actuel et, à l'est, à 1,20 m en dessous du fait de la toiture en appentis qui prolonge plus bas la couverture²⁴ (**fig. 34**). Ce niveau d'évacuation, contemporain de la mise en place de la charpente, devait être flanqué d'une balustrade primitive, soulignée par la corniche à modillons, similaire à celle du gouttereau nord de la nef, encore en place. Ces chéneaux ont été rehaussés, en les réemployant, lors du remplacement de la balustrade par le parapet actuel, vraisemblablement au XVI^e siècle.

Comme dans le croisillon nord, sur le muret ouest, les sablières sont déportées de 60 cm vers l'intérieur de la charpente et sont portées par de larges corbeaux espacés irrégulièrement entre 1,30 m et 1,80 m (**fig. 37**). Lors de sa construction, la nef gothique n'était pas encore édifiée et un chéneau devait donc réceptionner les eaux du versant ouest, sur toute sa longueur jusqu'à la tour de croisée, contrairement à l'est où le versant est couvert par les toitures du collatéral du chœur et de l'appentis. Dans la travée contigüe à la tour, le muret ouest s'appuie sur l'arc doubleau des collatéraux et sa largeur est donc limitée à 1,12 m. Ne pouvant recevoir le chéneau (50 cm de large) et les sablières (100 cm de large), celles-ci ont donc été déportées vers l'est.

Ce déport des sablières ouest explique donc le décalage vers l'est des fermes, et donc du mur pignon et de sa baie centrale, par rapport aux voûtes et aux deux baies du premier niveau du pignon. Il justifie aussi le rehaussement de la charpente par le muret puisque les voûtes empêchaient le débord des fermes à leur base.

2. Les campagnes de restauration

La charpente du croisillon sud a connu une première campagne de restauration à l'époque moderne, en 1769d soit deux ans avant celle du croisillon au nord, et une seconde en 1978-1981.

Les travaux de 1769d ont consisté à changer toutes les sablières et les blochets à l'exception de ceux situés à l'est, de F11 à F25 (**fig. 40**). Les fermes 1 à 7 ont été presque entièrement remplacées, de même que la ferme 27 située contre le mur pignon, avec parfois des réemplois. Lors de ces travaux, les deux fermes principales qui étaient situées aux extrémités de la charpente ont été supprimées. La ferme 27 qui est située à l'emplacement d'une ancienne ferme principale présente toutefois un entrail à sa base.

Comme dans le croisillon nord, la campagne de restauration réalisée sous la direction de l'architecte en chef des monuments historiques Bonnard en 1978-1981 a été très brutale pour des raisons injustifiées puisque la restauration moderne était de bonne qualité et la structure d'origine, de bonne tenue. De nombreuses écharpes et entrails retroussés ont été changés, même sur les fermes du XVIII^e siècle, et un contreventement axial, composé d'un faîtage et de potelets porteurs, a été rajouté.

3. Les analyses dendrochronologiques

Comme dans le croisillon nord, les analyses réalisées en 1999 par O. Girardclos et C. Perrault²⁵ ont été faits essentiellement sur des bois d'époque moderne et non sur ceux de la charpente d'origine. En effet, les fermes refaites au XVIII^e siècle présentent une structure similaire à celle d'origine et leurs bois sont équarris à la hache, quand il ne s'agit pas de réemplois, ce qui explique l'erreur de

²⁴ Lire plus loin la partie sur les chéneaux.

²⁵ C. PERRAULT et O. GIRARDCLOS. Essai de datation par dendrochronologie de bois provenant de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers (86). Rapport inédit, mai 1999, Besançon.

prélèvement des dendrochronologues. Sur ces échantillons, seuls deux, sans aubier, concernent des bois d'origine, ce qui est insuffisant pour dater la structure.

Aucun prélèvement supplémentaire n'a pourtant été réalisé lors de la seconde campagne d'analyse dendrochronologique en 2001, par Olivier Girardclos, Christophe Perrault, du CEDRE de Besançon, et Patrick Hoffsummer, pour la publication d'un ouvrage sur les charpentes de l'ouest de la France²⁶.

Tableau de localisation des prélèvements et datation :

n° échantillon	Pièce	Ferme	Date d'abattage
75	jambette est	2	1803
76	chevron est	3	?
77	jambette est	1	1804
78	blochet ouest	1	1769
79	sablière interne ouest	1	1769
80	chevron ouest	4	1769
81	chevron ouest	6	1769
82	chevron ouest	3	1769
83	sablière interne ouest	20	après 1754
84	sablière interne ouest	15	1769
85	jambette ouest	20	après 1182
86	jambette ouest	22	après 1171

D'après ces datations, quelques éléments des premières fermes auraient été changées quelques décennies après l'intervention de 1769, pour des raisons qui nous échappent.

Les analyses réalisées en octobre 2012 ont permis de dater précisément seulement deux bois (**Annexe 1**) avec des abattages en automne-hiver 1213-1214 et en 1221-1222, là encore à cause de l'absence d'aubier sur les bois d'origine qui sont tous sur-équarris. Le bois abattu en 1221-1222 s'avère être en fait un réemploi d'une jambe de force du croisillon nord, reconnu grâce à sa marque d'assemblage, et qui a été remplacée dans le croisillon sud soit lors des travaux de 1769, soit récemment en 1978-1981. Pour les mêmes raisons que précédemment (lire p.5 et 9), ces analyses permettent d'attribuer la mise en œuvre de cette charpente peu après 1222.

4. Les bois

Les bois d'origine sont issus de chênes équarris à la hache, conservant le cœur de l'arbre. Comme précédemment, tous les bois sont suréquarris et ne conservent que très peu d'aubier. Ils sont relativement droits mais présentent pour nombre d'entre eux une forte torsion de leurs fibres dans le sens antihoraire, déjà observée sur les bois du croisillon nord. Il s'agit d'un défaut naturel du bois caractérisé par une croissance des fibres en spirale autour de l'axe du tronc. Plusieurs chevrons taillés dans ces bois tors, après leur mise en place, se sont déformés en poursuivant leur torsion antihoraire, entraînant avec eux parfois la jambe de force et le blochet, comme ceux de F19 à 24, à l'est (**fig. 38**).

Pour les chevrons et les écharpes, les bois sont orientés selon le sens de croissance de l'arbre, avec sa base en pied de la pièce et son faite en tête, d'où les plus fortes sections en partie inférieure et inversement. Pour les entrails et les entrails retroussés, le sens est aléatoire avec le pied de plus forte section orienté soit vers l'est, soit vers l'ouest.

Des entailles d'ébauchage, distantes de 45 cm en moyenne, sont visibles sur de nombreux bois.

²⁶ Olivier GIRARD CLOS, Patrick HOFFSUMMER et Christophe PERRAULT. Les charpentes de la cathédrale Saint-Pierre à Poitiers, typologie et dendrochronologie. Rapport inédit du CEDRE (Besançon), s.d.

Outre la similarité avec la structure de la charpente et des fermes du croisillon nord, les sections des bois utilisés pour cette charpente sont aussi identiques. Il est donc possible que ces bois soient issus d'un même lot d'approvisionnement, déterminé sur des mesures communes.

Tableau des moyennes des sections et des longueurs des bois de la charpente du bras sud (face nord/sud x face est/ouest) :

Pièces	Section (cm)		Ecart type		Longueur (m) (assemblages compris)
	pied	tête			
Chevron	19,4 x 15	14,4 x 14,7	0,8 x 0,2	1,2 x 0,6	9,6
Echarpe	15,6 x 15	14,3 x 14,5	0,9 x 0	0,8 x 0,5	5,8
Entrait retroussé	15 x 15		0,5 x 0,6		5,3
Jambe de force	15 x 15		0,5 x 0,2		1,8
Blochets	19,5 x 15		0,7 x 0,4		1,3
Entrait	17,5 x 15	20 x 14,5			12
Poinçon		14 x 15			4,8
Sablière	16,5 x 16	18,5 x 14,5			14

Les longueurs étant tout aussi semblables, l'évaluation de la quantité de grumes destinées aux 28 fermes de cette charpente aboutit aux mêmes résultats que pour celle du croisillon nord soit 117 grumes dont 60 % de 26 cm de diamètre à la base et 40 % de 23 cm, pour des longueurs variant de 10 à 12 m.

5. Le plan de la charpente

La structure à chevrons-formant-fermes de cette charpente est identique à celle du croisillon nord (**fig. 40 et 41**). Elle comprenait à l'origine trois travées de longueur inégale, subdivisées par F9 et F15, avec une ferme principale à chaque extrémité, disparue lors des travaux de 1769 ou de 1804. Les fermes sont disposées à l'ouest sur des corbeaux est sont assises sur un double cours de sablières, qui ne sont conservées qu'entre F11 et F25 à l'est. Ces sablières sont aboutées entre elles par une enture oblique pourvue d'un seul talon droit et fixée par trois fortes chevilles. La seule sablière interne conservée, dont les extrémités sont amputées, est taillée dans un bois vraisemblablement de plus de 14 m alors que les bois les plus longs de cette charpente font 9,60 m. Du fait de l'irrégularité de ses fibres, des cales ont été placées sous cette sablière (entre F11 et F12, sous F22) pour combler l'espace entre celle-ci et la maçonnerie. Aucun étrésillon n'assure la liaison entre la sablière interne et la sablière externe. Comme dans le croisillon nord, la portée des fermes, de sablière interne à sablière interne est 9,80 m et l'espacement des fermes est de 69 cm. De même, les blochets et les entrails sont assemblés aux sablières par une entaille droite : à mi-section pour la sablière externe et avec une languette insérée dans une entaille pour la sablière interne (**fig. 42**).

6. Les fermes

Inclinées à 51,5°, les fermes d'origine sont identiques à celles du croisillon nord (**fig. 41**). Leur face d'établissage est orientée vers le sud de F1 à F18 et vers le nord de F19 à F27.

Les fermes principales

Les fermes principales qui étaient situées aux extrémités de la charpente ont disparu. Seules subsistent F9 et F15 dans un état remanié au XXe siècle, notamment en pied avec de fortes reprises à la résine. Le poinçon de F15 est un fac-similé datant des années 1980.

Nous renvoyons à la description des fermes principales du croisillon nord puisque leur structure, leurs assemblages et les moulurations des entrails et des poinçons sont strictement identiques. On observe aussi que les poinçons et les entrails présentent une extrême finesse avec de très faible section (**fig. 43**).

On note que le tenon-mortaise des têtes des jambes de force n'est pas chevillé, contrairement aux autres fermes.

Sur F15, il est intéressant d'observer une erreur de taille dans les assemblages de l'entrail aux sablières, à savoir un décalage vers l'est de 5 cm des entailles initialement prévues à l'encastrement des sablières. Ces entailles n'ont pas été utilisées et d'autres ont été taillées à côté à l'emplacement correct pour leur assemblage définitif. Cette erreur s'observe aussi bien à l'est qu'à l'ouest.

On constate une déformation des bois liée à leur propre poids ainsi que de celui de la couverture. Il s'agit plus particulièrement du fléchissement de l'entrail, du faux entrail et des écharpes. Les chevrons n'ont que légèrement plié du fait de la présence de l'entrail qui contient les poussées.

Les fermes secondaires

Nous renvoyons là aussi à la description des fermes du croisillon nord qui sont strictement identiques, tant sur le plan structurel que sur celui des assemblages et des chevillages. Rappelons qu'ici, la face d'établissage est au sud jusqu'à F18 et au nord après, avec un chevillage correspondant (enfoncement nord-sud avant F18 et inversement après) sans que l'on n'ait trouvé d'explication logique.

On observe sur la plupart des chevrons d'origine, en tête et sur l'une de leurs arêtes extérieures, une petite entaille réalisée à la hache. Présentes généralement symétriquement sur les deux chevrons de chaque ferme, sur leur face nord ou sud, et qui semblent destinées à l'accroche des cordes du levage.

Sur la face sud des chevrons, tant sur les fermes secondaires que sur les fermes principales, on observe des trous de cheville, parfois traversants et généralement par deux, situées en pied et entre les assemblages du pied des écharpes et de l'entrail retroussé. Ces percements dans lesquels des chevilles sont encore parfois présentes, peuvent être liés, là aussi, à un dispositif de levage pour l'accroche des cordes.

Sur la face sud du chevron est de F15, aux mêmes emplacements que précédemment, on note la présence de cinq à six trous de chevilles, non traversants. Il se peut que cette ferme ait servi de support ou d'épure pour le montage des autres fermes et, ainsi, pour le percement à la tarière des assemblages (**fig. 44**).

7. Le contreventement longitudinal

Comme dans le croisillon nord, cette charpente ne présente aucun dispositif de contreventement axial ; celui présent actuellement a été mis en place en 1978-1981. Toutefois, comme précédemment, on observe des traces d'un contreventement disposé dans le plan des chevrons des deux versants (en pointillé **fig. 40**). Les chevrons rapportés au XVIIIe siècle et au XXe siècle ne présentent aucune trace de ce contreventement, attestant de l'origine de ce dispositif. Les chevrons d'origine conservent sur leur face extérieure des entailles inclinées à mi-bois, non chevillées, pour deux longrines par versant. Sur le versant est, la première longrine est assemblée en tête de la ferme, aujourd'hui disparue, précédant F1 et descend jusqu'au pied de F10. La seconde débute au pied de F20 et se termine en tête de F27. Un fragment de celle-ci subsiste en place de F21 à F23. Sur le versant ouest, la disposition de deux longrines est presque identique excepté le fait qu'elles couvrent moins de chevrons : la première au nord s'assemble au pied de F7 et la seconde au sud débute au pied de F21. La partie médiane de la charpente n'était donc pas contreventée par ce dispositif. Toutefois, ce dispositif est optimisé par le

sens d'inclinaison des longrines en contreventant les extrémités de la charpente par leur partie haute, ce qui est le plus efficace.

8. Le marquage

Là aussi, le marquage de cette charpente est similaire à celui du croisillon nord (**fig. 45**). Il s'agit de marques de pièces inscrites sur la face supérieure des entrails retroussés, à l'est, des écharpes, en tête, et sur la face externe des jambes de force et des chevrons, en pied, même si pour ces derniers peu de marques ont été conservées. Il n'existe pas de latéralisation par versant : toutes les pièces de la ferme portent la même marque. Les jambes de force ouest ont été interverties lors de leur remontage après le remplacement de leur blochet au XVIII^e siècle ; leur marque ne correspond donc plus à celle de la ferme.

Comme précédemment, le marquage utilise le principe de la graduation par accumulation des signes, en l'occurrence, ici, des traits. On distingue deux séries de 1 à 10 traits juxtaposés au maximum, qui se distinguent chacun par l'outil d'inscription des traits : la hache pour la première (**fig. 46**) et la rainette pour la seconde. Le remplacement de nombreux bois aux XVIII^e et XX^e siècles ne permet pas d'avoir une lecture complète du marquage mais il apparaît, d'après les marques des fermes en place et celles des bois d'origine réemployés plus tardivement, que la numérotation des fermes était discontinue dans le plan de la charpente avec un mélange des deux séries. Par ailleurs, il est très vraisemblable que les deux séries atteignaient chacune 14 traits pour le marquage des 28 fermes.

Ce marquage ne distinguait pas les fermes principales des fermes secondaires et ne servaient pas à l'agencement préétabli et ordonné des fermes dans le plan de la charpente. Comme pour la charpente du croisillon nord, le marquage a certainement été utilisé de façon graduelle et continue pour la réalisation des fermes, une par une, suivant la numérotation, mais il n'a pas servi au moment du levage de la charpente pour coordonner l'implantation des fermes selon un plan numéroté cohérent.

III. Le chœur

1. Description générale du comble

Le comble se développe en un vaste vaisseau central flanqué au nord et au sud d'un collatéral, de part et d'autre de deux grands murs à arcades (**fig. 47**). Ces trois vaisseaux parallèles sont couverts par une unique toiture à deux versants, de 22 m de rampant chacun, faiblement inclinés à 42° (**fig. 48**). A l'Est, le comble se termine par un haut mur-pignon fermant le vaisseau central et les deux collatéraux. A l'ouest, la toiture centrale se prolonge au-dessus de la tour de croisée pour se poursuivre sur le vaisseau principal de la nef, tandis que la toiture des collatéraux se raccorde à celle des croisillons respectifs par une noue.

Le vaisseau central et ses deux collatéraux couvrent trois travées dont les voûtes bombées, de style gothique angevin, pénètrent en hauteur dans le comble. Celles du vaisseau central sont plus large et légèrement plus hautes que celles des collatéraux.

2. Les campagnes de restauration

Les charpentes du vaisseau principal et des deux collatéraux du chœur ont connu une première campagne de restauration à l'époque moderne, avec des bois abattus en 1770-1772d, soit en même temps que celle du croisillon nord et peu après celle du croisillon sud.

Comme pour les deux croisillons, la seconde campagne de « restauration », entreprise en 1981-1983 sous la direction de l'ACMH Bonnard, a été extrêmement brutale pour la charpente d'origine puisque, pour les charpentes du vaisseau central et des collatéraux, ce sont 77 % des bois qui ont été changés. Pourtant, d'après les photos prises avant cette « restauration », on observe que les bois ainsi que les

structures étaient en bon état de conservation, d'autant plus qu'elle avait été entièrement restaurée à la fin du XVIII^e siècle et que celle-ci avait été très bien exécutée. Pour preuve, les dendrochronologues du CEDRE, qui ont carotté dans ces charpentes, ont majoritairement confondu les bois d'origine avec ceux mis en place au XVIII^e siècle, en raison du très bon état de conservation des bois du XII^e siècle. Le massacre archéologique de cette charpente ne peut s'expliquer que par la cupidité de l'entreprise « les métiers du bois », pourtant habilitée Monument Historique, et l'incompétence notoire de l'architecte en chef et du conservateur régional des Monuments Historiques alors en exercice.

3. Les analyses dendrochronologiques

La première campagne de datation dendrochronologique, faite en mai 1999 par O. Girardclos et C. Perrault, du laboratoire de Chrono-Ecologie de Besançon²⁷, complétée par une seconde en 2001, par le CEDRE²⁸ n'ont, comme précédemment, pas permis d'aboutir à des dates d'abattage concluantes, et toujours pour les mêmes raisons évoquées plus haut.

Collatéral nord :

N° échantillon	Ferme	Pièce	Datation
55	3	poteau	après 1130
56	17	poteau	peu après 1196

Collatéral nord (réfection moderne) :

N° échantillon	Ferme	Pièce	Datation
58	18	poteau	1771
59	23	chevron	peu après 1769
60	24	chevron	1772
61	26	sablière interne	1770
62	40	sablière externe	1771
63	40	blochet	peu après 1767
64	36	poteau	1771

Collatéral sud :

N° échantillon	Ferme	Pièce	Datation
66	36	poteau	après 1184
68	33	poteau	après 1191
71	13	contrefiche inférieure	après 1111

Collatéral sud (réfection) :

N° échantillon	Ferme	Pièce	datation
65	41	contrefiche inférieure	après 1757
67	41	poteau	peu après 1766
70	14	poteau	peu après 1763

²⁷ C. PERRAULT et O. GIRARDCLOS. Essai de datation par dendrochronologie de bois provenant de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers (86). Rapport inédit, mai 1999, Besançon.

²⁸ Olivier GIRARDCLOS, Patrick HOFFSUMMER et Christophe PERRAULT. Les charpentes de la cathédrale Saint-Pierre à Poitiers, typologie et dendrochronologie. Rapport inédit du CEDRE (Besançon), s.d.

72	3	contrefiche inférieure	peu après 1770
73	6	chevron	après 1738
74	7	contrefiche supérieure	après 1398

Les dendrochronologues ont confondu les bois du XVIII^e siècle avec ceux du XII^e siècle, d'où une insuffisance de prélèvements pour la datation de la structure d'origine. Par ailleurs, le prélèvement des aubiers n'a pas été fait systématiquement, ce qui donne une incertitude dans la date d'abattage pour chaque échantillon. Enfin, la charpente haute du vaisseau central n'est accessible qu'au niveau des sablières, dont la partie sud a été presque entièrement remplacée.

Dix-sept nouveaux prélèvements ont donc été réalisés en octobre 2012 avec plusieurs autres compléments de cambiums sur d'anciens carottages. En raison du sur-équarrissage des bois, les seules pièces qui permettaient d'obtenir de l'aubier et un nombre suffisant de cernes étaient les poteaux, d'où leur sur-représentation dans l'échantillonnage. Ceux-ci étaient cependant répartis correctement dans toute la charpente pour constituer un bon échantillonnage pour l'ensemble de la charpente. La charpente haute a quant à elle été peu prélevée en raison des difficultés d'accès. Toutefois, il s'avère que les éléments de la charpente haute sont assemblés aux demi-fermes des bas-côtés, prouvant leur mise en place commune. Ces échantillons ont permis de fournir 20 dates d'abattage étalées sur près de deux décennies pour lesquelles on reconnaît au moins dix coupes distinctes, avec trois campagnes d'abattage plus importantes : en automne-hiver 1196-1197, 1213-1214 et du printemps 1216 à l'hiver 1216-1217 (pour l'interprétation lire p. 5-6). Comme précédemment, nous constatons que l'ensemble des bois des charpentes des croisillons du transept et du chœur sont issus d'un même lot de grumes abattus sur plusieurs coupes et stockées dans l'attente du chantier qu'il est possible de situer peu après la dernière coupe identifiée en 1222.

4. Les bois

Toutes les pièces sont des bois de brin, en chêne, issues par équarrissage à la doloire. Cet équarrissage est forcé sur de nombreux bois (absence d'aubier), ce qui dénote un approvisionnement en grumes surdimensionnées pour les besoins du chantier. Comme la face d'assemblage ou la largeur des pièces (face nord/sud, longitudinale à l'axe de la charpente) est de 14 cm seulement pour les demi-fermes des collatéraux et la charpente du vaisseau central, de nombreuses pièces, notamment les plus longues, ont eu un équarrissage forcé comme les poteaux des collatéraux, de 20 x 14 cm en pied et 16 x 14 cm en tête, dont le cœur du bois apparaît souvent sur l'une des faces en pied de pièce. Le bois travaillé était de forte section et l'épaisseur voulue de 14 cm, bien trop faible, pour que la taille puisse contenir le cœur de l'arbre au sein de la pièce. Les chevrons présentent aussi un cœur fendu au pied de la pièce (20 x 14 cm), comme les blochets. En effet, comme dans la plupart des charpentes à chevrons-formant-fermes des XII^e-XIII^e siècles, les pièces sont toutes taillées selon une largeur commune de façon à faciliter leur assemblage, ici à mi-bois. Les pièces principales de grande longueur, comme les poteaux et les chevrons qui ont une épaisseur de 20 cm (face est/ouest), ont ainsi une section rectangulaire mise de champ, dans le sens transversal, qui permet de mieux lutter contre la flexion pour les chevrons et contre les poussées des contrefiches pour les poteaux.

Tableau des moyennes des sections et des longueurs des bois (face nord/sud x face est/ouest) :

Pièces	Section (cm)		Longueur (m) (assemblages compris)
	pied	tête	
Collatéral			
Chevron	20 x 14	?	12
Poteau	20 x 14	16 x 14	8,5
Entrait retroussé	15 x 13		5.8

Contrefiche inférieure	15 x 14	6,3
Sablière	20 x 14	10-14,5
Charpente centrale		
Chevron	20 x 14	?
Jambe de force	14 x 13	1,8
Entrait	22 x 15	19 x 16
Poinçon	16 x 13	4,2
Blochets	24 x 14	1,6
Sablière	25 x 15	11-14

Tableau des évaluations des quantités et des mesures de grumes de la charpente :

Pièces	Grumes	Longueur (m) de la grume	Diamètre (cm) de la grume à la base
Collatéral			
1 chevron + 1 jambe de force + 1 blochet	1	14	26
1 entrain retroussé + 1 contrefiche inf.	1	12	23
1 poteau + 1 contrefiche sup.	1	12	26
1 sablière	1	10-14	26
Charpente centrale			
1 chevron + 1 jambe de force + 1 blochet	1	14	26
2 écharpes	1	12	23
2 entrains retroussés	1	11	23
1 entrain	1	15	27
2 poinçons	1	8,5	23
1 sablière	1	11-14	29

Pour les besoins de la charpente, soit 46 fermes et 92 demi-fermes, il a fallu au minimum 461 grumes dont 64 % de 26 cm de diamètre à la base, 27 % de 23 cm, le restant étant des grumes plus fortes de 27-29 cm de diamètre, pour des longueurs moyennes de 11 à 14 m.

5. Description générale de la charpente

Il s'agit d'une structure à chevrons-formant-fermes homogène, dans le sens où les demi-fermes des deux collatéraux et les fermes du vaisseau central appartiennent à une conception et une réalisation communes (**fig. 49 et 50**). Les demi-fermes des collatéraux sont assemblées à chacune des fermes du vaisseau central et se présentent donc dans un même plan transversal, pour constituer une toiture unique à deux versants continus de faible pente : 41,8°. La numérotation que nous avons attribuée aux demi-fermes et aux fermes de façon arbitraire de l'ouest vers l'est, de 1 à 46, leur est donc commune. L'espacement (entrevous) des demi-fermes et fermes est de 66 cm en moyenne, très proche de celui des fermes des deux croisillons (68 cm au nord et 69 cm au sud), ce qui fait un écartement des fermes à l'entraxe de 80 cm, ce qui est très important.

Si les fermes du vaisseau central sont réparties en travées, avec des fermes principales et secondaires, les demi-fermes des collatéraux sont toutes identiques et ne sont pas subdivisées en travée. Le bombement des voûtes angevines interdisent en effet la présence d'entrain à la base des demi-fermes, hormis à leur retombée, au droit des arcs doubleaux sous-jacents et des piles des murs à arcades. Cependant, en ces endroits, les demi-fermes ne possèdent pas non plus d'entrain à leur base, ni de modification qui laisserait supposer leur présence à l'origine.

La charpente du vaisseau central est subdivisée en dix travées de 4 m de long en moyenne, comprenant chacune quatre fermes secondaires (**fig. 51 à 53**). Les fermes principales situées à chaque extrémité de

la charpente ont été supprimées soit lors des travaux du XVIII^e siècle, soit lors de la « restauration » des années 80. En l'absence de dispositif longitudinal au sein de la structure de la charpente, la répartition des charges transmises par ces fermes sur les deux murs à arcades est homogène et régulière sur toute sa longueur et ne s'articule pas spécifiquement en fonction de l'emplacement des piles.

6. Les fermes

Les demi-fermes des collatéraux (fig. 43)

Les demi-fermes des deux collatéraux sont identiques (fig. 54 à 57). Chacune des 46 demi-fermes repose sur l'entablement des gouttereaux sur deux cours de sablières continues, qui ont aujourd'hui disparues mais qui devaient être similaires à celles du vaisseau central, au nord, les seules conservées.

On observe que ces murs gouttereaux, au nord comme au sud, en face interne, ont leurs dernières assises en encorbellement (fig. 57) et que plusieurs massifs de maçonneries, de longueur irrégulière, leur ont été rajoutés afin de pouvoir porter ces sablières qui sont en débord par rapport à l'axe des gouttereaux (fig. 58). Comme pour les deux croisillons, côté ouest, les maçons ont été pris au dépourvu lorsqu'il a fallu intégrer les chéneaux de pierre au sommet des gouttereaux du chœur, puisqu'ils n'étaient pas suffisamment larges pour porter aussi les sablières. L'encorbellement a donc été réalisé, complété par ces massifs saillants, afin de porter le cours de ces sablières, aujourd'hui disparues.

Côté intérieur, les demi-fermes s'appuient sur un unique cours de sablières, larges de 20 cm, conservées seulement dans le collatéral nord²⁹, et qui repose sur un débord de la base des piles du mur à arcades et, entre ces piles, sur des massifs longitudinaux de maçonnerie (fig. 59). Faute d'entrait à la base des demi-fermes, les poussées latérales engendrées par les demi-fermes sur ce cours de sablières internes sont donc compensées par les piles et par le frottement de ces larges sablières sur les massifs longitudinaux. En effet, la reprise complète de ces sablières internes dans le collatéral sud au XVIII^e siècle puis au XX^e siècle, qui a entraîné leur surélévation et de nouveaux appuis sur des cales, a provoqué la déformation des nouvelles sablières en libérant ces poussées latérales entre les piles (fig. 60). Dans le collatéral nord, les sablières d'origine sont aboutées entre elles par une enture oblique à talons biaux, maintenue par quatre fortes chevilles (fig. 61), comme dans les croisillons.

Chaque demi-ferme est constituée d'un chevron, abouté à celui de la ferme du vaisseau central, et raidi en pied par une jambe de force, un entrait retroussé placé suffisamment haut pour enjamber les voûtes et deux contrefiches obliques. Ces raidisseurs viennent s'appuyer sur un long poteau qui s'assemble en pied dans la sablière interne, et en tête dans les blochets ou l'entrait des fermes du vaisseau central. Les deux contrefiches s'assemblent au chevron par un mi-bois avec ergot, face ouest, et, en pied, au poteau par un tenon-mortaise embrevé, comme la jambe de force au chevron. Aucune enture des chevrons raccordant ceux des collatéraux au vaisseau central n'a été conservée. Quelques rares chevilles d'origine encore en place montrent que le chevillage des assemblages est orienté de l'ouest vers l'est, et donc que le levage des demi-fermes s'est opéré depuis la tour de croisée vers le pignon oriental. Ces chevilles ont une section carrée avec une tête aux arêtes rabattues (fig. 62).

Le relevé précis au scanner de la structure et plus particulièrement des demi-fermes les mieux conservées révèle des déformations qui témoignent des poussées engendrées par la toiture et aussi des défauts de conception de la charpente, notamment l'absence d'entrait à leur base. En effet, on observe que les chevrons se sont pliés sur leur partie inférieure où, effectivement, aucun raidisseur ne vient les raidir sur plus de 3 m. de longueur alors que cette partie supporte les charges les plus importantes. Par le jeu combiné des raidisseurs, l'entrait retroussé s'est légèrement affaissé vers le chevron, entraîné par le fléchissement de celui-ci, tandis que la contrefiche inférieure a fortement poussé le pied du poteau vers l'extérieur, jusqu'à sa butée contre les piles et, entre ces piles, jusqu'à la limite de sa résistance induite par sa forte épaisseur (20 x 14 cm) et par les frottements de la large sablière (20 x 14 cm) sur son support maçonné.

²⁹ Les auteurs de l'étude de la CRMH, réalisée en, ont confondu les sablières du XVIII^e siècle, ainsi que leurs assemblages, avec ceux d'origine.

Les fermes du vaisseau central

Les 46 fermes sont subdivisées en dix travées de 4 fermes secondaires chacune (**fig. 53 et 54**). Rappelons que les deux fermes principales situées à chaque extrémité de la charpente ont disparu. Comme on le verra ci-dessous, les fermes de cette charpente sont identiques à celles des croisillons nord et sud, dans leur structure mais non dans l'inclinaison des pièces puisque la pente ici est bien plus faible ($41,8^\circ$) que dans les deux bras du transept (51° et $51,5^\circ$).

Toutes ces fermes reposent sur un cours continu de deux larges sablières (25 x 15 cm), espacées de 35,5 cm, qui ont la particularité de ne pas être reliées entre elles par des étrépillons, comme dans les deux croisillons (**fig. 63**). Longues de 10 à 14 m, ces sablières s'aboutent aux extrémités par une enture biaise aux talons droits, maintenue par 3 ou 4 chevilles. Les blochets et les entrails sont assemblés pareillement aux sablières par une entaille droite : à mi-section pour la sablière externe et avec une languette au milieu de l'entaille pour la sablière interne, comme dans le croisillon sud (**fig. 64**).

Les fermes principales sont chacune constituée d'un entrail soutenu par un faux poinçon, et d'un couple de chevrons raidis par deux jambes de force, une croisée d'écharpes et un faux entrail (**fig. 55**). Prolongeant ceux des collatéraux, les chevrons ont une section de 20 x 14 cm à la base, disposés de champ pour mieux résister à leur flexion du fait de la faible pente. La tête des jambes de force et le pied des écharpes y sont assemblés par un tenon mortaise embrevé, renforcé pour ces dernières par une cheville transversale. La tête des écharpes et le faux entrail s'assemblent au chevron par un mi-bois avec ergot, face ouest, avec un positionnement du faux entrail en applique sur les écharpes, par mi-bois, comme dans les croisillons. Long de 14,6 m pour une portée de 12 m, l'entrail présente une faible section, avec des arêtes chanfreinées. Malgré la présence d'un faux poinçon, les entrails se sont pliés sous leur propre poids, avec une flèche importante de 20 cm à mi portée. Cet affaissement semble lié à celui de la partie supérieure de la ferme puisque l'on constate que les chevrons ont fléchi au-delà de la jambe de force qui, elle, assure un raidissement indéformable. Le fléchissement des chevrons, ayant entraîné le ploiement des écharpes et aussi l'affaissement de toute la partie supérieure de la ferme, a donc contribué aussi à plier l'entrail à cause d'une transmission directe des charges verticales par le faux poinçon. Ce dernier est assemblé au faux entrail par un mi-bois avec ergot et, en pied, à l'entrail par un tenon mortaise en demi-queue d'aronde, bloquée par un rossignol. Comme précédemment, sa tête et son pied présentent sont finement sculptés, avec un fût d'une extrême finesse, de 9 x 7 cm de section octogonale seulement (**fig. 65**).

Les fermes secondaires sont constituées d'un couple de chevrons raidis par une jambe de force, une croisée d'écharpes et un entrail retroussé, assemblés comme dans les fermes principales (**fig. 57**). Un blochet de très forte épaisseur (24 x 14 cm), issu vraisemblablement de l'extrémité inférieure des grumes destinées aux chevrons (20 x 14 cm), réceptionne le pied de la jambe de force et vient s'assembler à son extrémité en sous-face du chevron, par tenon mortaise (**fig. 63-64**). Son extrémité intérieure est taillée en quart de rond. En sous face du blochet, la tête du poteau du collatéral vient s'y assembler. Comme précédemment, les fermes sont déformées par un fort fléchissement des chevrons et des écharpes.

On observe, comme dans les croisillons, un contreventement des fermes dans le plan des chevrons de chaque versant avec l'assemblage par mi-bois, sur leur face extérieure, d'une longrine oblique. Le contreventement du XXe siècle reprend la disposition de celui d'origine avec un décalage de seulement à quelques centimètres. Sur le versant nord, la première longrine est assemblée en tête du chevron de F9 et se termine au pied de celui de F18 (**fig. 53**). La seconde débute au pied de ce dernier pour aboutir en tête de celui de F27 ; la troisième reprend en tête de celui-ci et se prolonge jusqu'au pied de F35 puis une dernière de F35 jusqu'à F46. Sur le versant opposé, les longrines sont disposées de façon symétrique. Seules les dix premières fermes sont dépourvues de contreventement, pour une raison qui nous échappe comme, là aussi, dans le croisillon nord pour la travée sud et dans le croisillon sud dans la partie médiane.

7. Le marquage

Là aussi, le marquage de cette charpente est similaire à celui des croisillons avec un marquage de pièce et non de marque d'assemblage. Dans les collatéraux, elles sont inscrites au pied des chevrons sur leur face extérieure, en pied des contrefiches, face inférieure, à l'extrémité externe des entrails retroussés, face inférieure, et au pied des poteaux, face extérieure pour les deux premières séries du collatéral nord (F1 à F31), et en face intérieure pour tous les autres. On observe dans le collatéral nord, au pied des poteaux de F35, 37 et 38, que les marques sont recoupées par l'assemblage à la sablière et que celui-ci a donc été tracé en dernière étape, après l'achèvement complet des demi-fermes (**fig. 67**). Dans les fermes du vaisseau central, les marques visibles sont inscrites au pied des écharpes, face inférieure, et uniquement pour les fermes principales, sur la face interne des jambes de force. Les blochets et les autres jambes de force ne sont pas marqués ce qui suppose qu'elles étaient laissées assemblées aux chevrons au cours du levage des fermes. Ce marquage spécifique des jambes de force des fermes principales semble indiquer que celles-ci étaient exécutées par une équipe distincte, aux habitudes propres, mais qui se référait à un plan de marquage cohérent et commun à toutes les fermes. Les chevrons, les entrails retroussés et faux entrails doivent être très probablement marquées sur leur face supérieure, puisqu'aucune marque n'a été observée sur leur autre face.

Concernant le type de marque, il s'agit là aussi d'un marquage basé sur le principe d'accumulation de signes, dont le nombre a valeur de numéro (**fig. 66**). Ce numéro est commun à chaque ferme et aux deux demi-fermes qui lui sont assemblées dans un même plan transversal. Néanmoins, on observe une latéralisation du marquage de part et d'autre de l'axe longitudinal de la charpente avec une marque commune aux éléments du versant nord, intégrant la demi-ferme du collatéral nord et la moitié nord de la ferme du vaisseau central, et une autre marque, de même valeur numérique toutefois, pour les éléments du versant sud. Selon ce principe, le marquage comporte trois séries continues : une première de 1 à 16 de F1 à F16, une seconde de 1 à 15 de F17 à F31 et une troisième de 1 à 15 de F32 à F46, chaque série étant donc départagée au nord et au sud par un type de marque différent. On comprend dès lors que la conception et la réalisation des demi-fermes et des fermes du vaisseau central sont contemporaines.

Pour la première série, au nord, les marques correspondent à une succession de demi-lunes inscrites à l'aide d'une gouge de 3,2 cm d'ouverture (**fig. 68**). Au sud, elles se présentent sous la forme de carrés de 1,8 cm de côté réalisés au ciseau (**fig. 69**). Dans la deuxième série, au nord, il s'agit de crochets de 3,6 cm de large, inscrits au ciseau obliquement à l'axe des bois (**fig. 70**), tandis qu'au sud elles apparaissent sous la forme de rectangle de 3,8 cm de large inscrits au ciseau (**fig. 71**). Enfin, la troisième série montre, au nord, des marques faites d'une succession de grandes croix tracées à la grosse rainette sur toute la largeur de la face des pièces (**fig. 67**) et, au sud, d'une suite de traits faits au même instrument aussi sur toute la largeur de la face des bois. Seules les marques de la moitié sud des fermes du vaisseau central ont disparu avec les bois lors de la dernière restauration mais on suppose qu'elles correspondent à celles du collatéral sud.

Ce système de marquage par accumulation de signes, typique du XII^e siècle, a le triple inconvénient d'être long et pénible à réaliser, avec parfois jusqu'à 16 signes à inscrire sur plusieurs pièces, d'obliger à faire plusieurs courtes séries pour limiter l'encombrement, et de présenter un risque certain de confusion entre des pièces marquées d'une multitude de signes. Parfois, les encoches sont réparties en deux séries parallèles sur la même face pour limiter cet encombrement. On comprend dès lors que ce marquage ait disparu dès les premières décennies du XIII^e siècle pour être remplacé par des marques à base V et X, plus rapide à exécuter, permettant une seule série illimitée, et réduisant de beaucoup le risque de confusion entre les pièces.

8. Comparaison avec les charpentes du XIII^e siècle

Les charpentes à chevrons-formant-fermes du vaisseau central du chœur et des deux croisillons appartiennent à un type de structure relativement commun et largement répandu en France septentrionale de la seconde moitié du XII^e et de la première moitié du XIII^e siècle (**fig. 72**). Leur principe du raidissement des chevrons par une croisée d'écharpes associée à un entrail retroussé,

assemblés par des mi-bois aux extrémités, se rencontre aussi bien dans de petits édifices comme dans le manoir de Vilgué au Vieil-Baugé (Maine-et-Loire), la chapelle de l'hôpital Saint-Jean d'Angers et les églises de Fay (Sarthe), de Cour-Cheverny (vers 1159d) et Monthou-sur-Cher (vers 1173d) dans le Loir-et-Cher³⁰ que dans des grandes structures comme la salle des Etas Généraux de Blois et les cathédrales de Tours (1255-1265d), de Bayeux (1223-1250d) et de Rouen (1228d)³¹. L'emploi des écharpes se restreint après le milieu du xiii^e siècle dans la seconde moitié du xiii^e siècle pour disparaître au xiv^e siècle où il s'observe pour la dernière fois à cathédrale d'Auxerre en 1357d³².

Le contreventement par des longrines dans le plan du chevronnage est bien plus rare et se rencontre dans la charpente de la cathédrale de Bourges en 1257d, et probablement dans celle de l'ancienne salle de justice du XIII^e siècle à Chartres, datée de 1270d³³. Celui de Poitiers serait donc le plus précoce observé en France septentrionale dans l'état actuel des connaissances. La plupart des charpentes antérieures au milieu du xiii^e siècle ne sont pas contreventées et seul le lattis de la couverture assure le maintien des fermes, même pour de grandes structures (cathédrales de Bayeux, de Lisieux, de Sens...). Les techniques de marquage sont typiques de la seconde moitié du xii^e siècle et se rencontrent par exemple dans la charpente de la salle des malades de l'hôpital Saint-Jean d'Angers³⁴, datée de 1176-1183d, avec des séries cumulatives similaires, des signes identiques et une latéralisation semblable à celle du chœur. Cependant, ce type de marquage disparaît très tôt au xiii^e siècle pour laisser place au marquage à base V et X.

9. Synthèse et interprétation

Au regard des structures et des techniques utilisées dans les charpentes des deux croisillons du transept et du chœur, il s'avère que ces charpentes ont très vraisemblablement été conçues selon un programme commun et exécutées par les mêmes équipes de charpentiers lors d'un unique et vaste chantier. Ces observations semblent être confirmées par les datations dendrochronologiques qui prouvent que les bois d'œuvre de ces trois charpentes sont issus d'un même stock de 700 grumes environ qui ont été réunies et entreposées suite à au moins une dizaine de coupes successives, réparties entre 1196 et 1222. La conception de ces charpentes est alors à placer dès la fin du XII^e siècle avec un programme d'abattage qui aurait respecté pendant près de 25 ans les mêmes gabarits de bois. La question du stockage de ces grumes reste en suspens mais il est probable qu'elles aient été entreposées dans un milieu permettant la conservation de l'humidité du bois (enclos forestier ?). L'équarrissage de toutes ces grumes serait intervenu après les dernières campagnes d'abattage, juste avant l'exécution des charpentes. Le suréquarrissage de tous ces bois s'expliquerait alors par une dégradation superficielle des grumes liée à de mauvaises conditions de stockage. Le levage de ces charpentes aurait donc été réalisé en un seul et unique grand chantier, qui expliquerait ainsi l'absence de solin contre la tour de transept, au droit des toitures orientales des croisillons, insérées aussitôt dans la charpente des collatéraux du chœur.

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

³⁰ Charpentes 2002.

³¹ Epaul 2007 : 164 et 182.

³² Hoffsummer (dir.) 2002 : 200.

³³ Charpentes 2002, p 178.

³⁴ Hunot 2011.

édifié, venant se chaîner aux deux murs longitudinaux, assurant ainsi son contreventement³⁵. Les murs pignons des deux croisillons ont vraisemblablement aussi été levés après le levage des charpentes.

10. Les matériaux de couverture

La faible pente des toitures des croisillons (51,5°), du chœur (42°) et aussi de la nef (41°) peut convenir aussi bien à une couverture de tuiles creuses à crochet qu'à un couvrement en schiste ardoisier. Les deux hypothèses sont renforcées par la présence de nombreux fragments de tuiles creuses et de schistes dans les maçonneries des voûtes en divers endroits des combles même si la présence abondante de schistes dans le rein des voûtes des diverses parties de la cathédrale semble plutôt plaider en faveur du second choix. Peut-être faut-il considérer aussi les très forts espacements des fermes des charpentes à chevrons-formant-fermes des croisillons et du chœur, de 80 à 83 cm à l'entraxe, en rapport avec un type particulier de matériau de couverture ? On observe un entraxe aussi important dans les charpentes de la salle des malades (83,4 cm) et de la chapelle (87,8 cm) de l'hôpital Saint-Jean d'Angers, de la fin du XIIe siècle sans que l'on en comprenne les raisons³⁶.

V. La flèche de la croisée du transept

Les élévations de la tour de croisée révèlent plusieurs phases de construction, en lien avec les campagnes des croisillons, du chœur et de la nef³⁷. Il apparaît que les élévations des cinq premiers mètres de hauteur appartiennent au projet primitif d'une tour de croisée inachevée et que les trois mètres restant, aux campagnes des charpentes du chœur et des croisillons. En effet, d'après les raccords de maçonneries, la surélévation de cette tour a été réalisée après la construction des murs à arcades du chœur et avant l'achèvement des charpentes des croisillons puisque le solin de toiture de ces dernières y est engravé, uniquement sur les versants ouest. Ces élévations sont percées à la base de plusieurs logements pour des poutres de forte section, aujourd'hui disparues et qui constituaient une sorte de chaînage quadrangulaire disposé en diagonale par rapport au plan de la tour (**fig. 73 et 52**). Il est probable que ces poutres étaient destinées à supporter une partie de l'ossature de la flèche mais il semble, d'après l'absence de négatif de bois dans le mortier, que ces poutres n'aient jamais été mises en place.

Au sommet des murs, subsiste plusieurs sablières encore en place et qui constituaient la base d'une flèche octogonale qui s'élevait au-dessus de la grande toiture longitudinale, et qui était raccordée aux charpentes des croisillons, du chœur et de la nef (**fig. 74-75 et 78**). Ces sablières ont été datées par dendrochronologie de l'automne-hiver 1278-1279 ce qui place la construction de cette flèche en 1279 ou peu après, c'est-à-dire en même temps que le chantier de la charpente de la nef, comme on le verra plus loin. Il est vraisemblable que le chantier des charpentes de la nef, qui a progressé d'est en ouest, a commencé par l'érection de cette flèche pour permettre l'approvisionnement en matériaux de la tour de croisée depuis la nef, avant la construction de sa charpente.

Entre l'achèvement des charpentes du chœur et du transept peu après 1222 et la construction de cette flèche, en 1279 ou peu après, la tour de croisée, ainsi que sa voûte, étaient exposées aux intempéries. Il est donc probable que l'enduit de la voûte, qui est pourvu de plusieurs rigoles pour orienter le ruissellement aux angles de la tour, soit d'origine et ai servi de revêtement de protection durant cette période transitoire (**fig. 76**).

La flèche de charpente représentée sur les vues de la cathédrale de Gaignières en 1699 (**fig. 80**) pourrait dès lors être celle d'origine puisqu'aucune reprise des charpentes n'est relatée dans les textes avant son démontage. Dans son ouvrage sur l'histoire de la cathédrale, l'abbé Auber mentionne un

³⁵ Suggestion proposée par Jean-Pierre Crémier (Ingénieur à la CRMH Poitou-Charentes).

³⁶ Hunot 2011, p. 284 et 290.

³⁷ Se référer à la contribution de Fabrice Mandon dans cet ouvrage.

plan de 1742 signé Vétault au dos duquel une note manuscrite indique la hauteur de la flèche, qui devait culminer à 60 m au-dessus des toits, ce qui nous semble fantaisiste³⁸. Le démontage de cette flèche intervient vers 1770, d'après les datations dendrochronologiques des trois fermes qui la remplacent, et qui ont été réalisées sur le modèle de celles de la nef (**fig. 77**) d'après l'état des devis daté du 19 juin 1771 qui mentionne que doit être fait « trois fermes dans le meme goust que celle du grand comble de la nef »³⁹.

VI. nef

1. Description générale du comble

Comme sur le chœur, une grande toiture à deux versants, de presque 23 m de rampant, se déploie au-dessus d'un vaisseau central et des collatéraux nord et sud, de part et d'autre de deux grands murs longitudinaux ouverts d'arcades réparties irrégulièrement (**fig. 79**). La pente de la toiture du vaisseau principal est à 41°, tandis que celle des collatéraux, à 37°, ne correspond plus à celle d'origine du fait de ses modifications ultérieures. A l'Est, le comble prolonge celui qui couvre l'ancienne tour de croisée et le vaisseau central du chœur tandis qu'à l'ouest, il se termine contre le mur-pignon de la façade occidentale. Le vaisseau central et ses collatéraux couvrent quatre travées dont les voûtes bombées de style gothique angevin pénètrent profondément dans le comble. Contrairement au chœur, les voûtes du vaisseau central sont placées à 4,50 m plus haut que celles des collatéraux. D'après Y. Blomme, ce choix intervint au début du chantier comme le suggèrent le buchage des chapiteaux orientés vers l'intérieur de la nef des piles orientales et qui étaient originellement disposés à la hauteur de ceux des collatéraux⁴⁰. Ce repentir suppose que cette travée orientale, construite lors de l'érection de la tour de croisée pour la contrebuter, bien avant le lancement du chantier de la nef, prévoyait un voutement de la nef identique à celui du chœur.

2. Les campagnes de restauration et de reconstruction

D'après les relevés et les datations dendrochronologiques, les charpentes des deux collatéraux et du vaisseau central ont connu, depuis leur mise en œuvre au XIII^e siècle, deux interventions importantes. La première est intervenue entre 1772d et 1775d, et a porté sur la reconstruction complète de la charpente du collatéral nord, avec toutefois de nombreux réemplois de bois du XIII^e siècle et, très ponctuellement, sur la charpente du vaisseau central. Nous ignorons si cette campagne de travaux a touché le collatéral sud du fait des rénovations ultérieures.

Les charpentes des deux collatéraux et du vaisseau central ont connu, depuis leur mise en œuvre au XIII^e siècle, trois réfections. La première, intervenue vers 1772-1775d, a porté sur la charpente du collatéral nord qui a été entièrement reconstruite, avec toutefois de nombreux réemplois de bois d'origine et, très ponctuellement, sur celle du vaisseau central. Nous ignorons si ces travaux ont touché le collatéral sud du fait des rénovations ultérieures. D'après une commande passée en 1771 au maître architecte Pierre Vétault, nous savons que la galerie qui couronne la façade occidentale au-dessus de la rose était recouverte d'une toiture en ardoise : « *au dessus de la rozette il sera fait un cintre en charpente en assemblage sur toute la largeur entre les deux petits escaliers en place dudit ballet qui couvre la galerie, lequel cintre en charpente sera aussi couvert en ardoise...* »⁴¹. Celle-ci est d'ailleurs représentée bien plus tôt sur un dessin de Gaignières⁴² de 1699 (**fig. 80**). La ferme la plus occidentale (F14) du vaisseau central se distingue des précédentes avec des bois équarris grossièrement, des

³⁸ Je remercie Laurent Barrenechea, ABF de la Vienne, pour cette mention.

³⁹ Arch. dép. de la Vienne, liasse G191.

⁴⁰ Blomme 1994, p. 42.

⁴¹ Arch. dép. de la Vienne, liasse G 191.

⁴² Bibl. nat. : estampes, Gaignières 5989, VA-86 (4).

sections différentes de celles des bois des autres fermes, et des mortaises vides destinées à des éléments d'une croupe aujourd'hui disparue. De cette croupe subsiste au sol, au pied du pignon, une sablière qui a été datée par dendrochronologie entre 1597 et 1651⁴³. Une croupe a donc été réalisée dans la première moitié du XVIIe siècle⁴⁴, puis remplacée par une travée supplémentaire de charpente en 1888 par Lucien Magne lors de la construction du pignon actuel. Nous ignorons donc si cette croupe moderne remplace une plus ancienne ou bien si la charpente du XIIIe siècle se terminait par une ferme formant pignon.

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

Enfin, la troisième réfection correspond aux travaux entrepris en 1984-1987 par l'ACMH Bonnard qui ont consisté à renforcer la charpente du collatéral nord par le rajout de nombreuses pièces, et à changer les trois quarts du chevronnage, des sablières, des blochets et des jambes de force de celle du vaisseau central. Concernant le collatéral sud, sa charpente a été intégralement reconstruite au XXe siècle (?), avec néanmoins quelques réemplois qui n'ont pu être datés.

3. Les analyses dendrochronologiques

La première campagne d'analyse a été faite en mai 1999 par O. Girardclos et C. Perrault, du laboratoire de Chrono-Ecologie de Besançon⁴⁵, et a porté sur 21 échantillons sur la charpente du vaisseau central, et 14 sur celle du collatéral nord. En 2001, lors de la seconde campagne d'analyse effectuée par le CEDRE⁴⁶, 4 prélèvements supplémentaires ont été pratiqués sur le vaisseau central et un sur le collatéral nord⁴⁷. L'essentiel des carottages a été effectué sur les consoles qui supportent les entrails en raison des difficultés d'accès aux parties hautes de la charpente. Comme pour les autres charpentes, ces analyses n'ont pas permis de déterminer une datation précise et fiable de la charpente, en l'absence de cambium sur la plupart des échantillons et du nombre trop restreint d'échantillons datés avec aubier complet. L'abattage des bois prélevés est estimé entre 1268 et 1295.

Nef, vaisseau central

N° échantillon	Ferme	Pièce	Datation (avec aubier complet)	Dernier cerne sans aubier complet
1	12	Poteau nord	1264	
4	8	Aisselier nord		1261
5	1	Aisselier nord	1262	
6	2	Poteau nord		1260
7	3	Aisselier nord		1259
8	1	Aisselier nord ext.		1222
9	2	Aisselier sud		1264

⁴³ Une seconde datation a été proposée en 1307-1361d. Cependant, le contexte économique de cette période ne permettait pas d'entreprendre de grands travaux sur les charpentes et les traces de taille des bois de F14 ne correspondent pas non plus aux techniques en vigueur au XIVe siècle. Cette proposition a donc été rejetée.

⁴⁴ Nous ne comprenons pas pourquoi cette croupe n'est pas représentée sur le dessin de Gaignière à la fin du XVIIe siècle qui montre plutôt une ferme-pignon.

⁴⁵ C. PERRAULT et O. GIRARDCLOS. Essai de datation par dendrochronologie de bois provenant de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers (86). Rapport inédit, mai 1999, Besançon.

⁴⁶ Olivier GIRARDCLOS, Patrick HOFFSUMMER et Christophe PERRAULT. Les charpentes de la cathédrale Saint-Pierre à Poitiers, typologie et dendrochronologie. Rapport inédit du CEDRE (Besançon), s.d.

⁴⁷ Les tableaux présentés ne montrent pas les échantillons qui n'ont pu être datés.

10	3	Aisselier sud		1264
11	4	Poteau sud		1259
12	5	Aisselier sud		1260
13	8	Aisselier sud		1263
14	9	Poteau sud	1266	
15	10	Poteau sud		1253
16	11	Poteau nord		1250
17	13	Aisselier nord		1262
18	13	Poteau nord		1260
20	12	Poteau sud	1267	
21	12	Aisselier sud ext.		1256
101	6	Entrait		1258
102	5	Entrait	1261	
103	entre F2 et F3	Sablière interne nord		1238
104	entre F2 et F3	Sablière externe nord		1234

Un échantillon a révélé une reprise ponctuelle de la charpente lors des travaux de 1771 :

N° échantillon	Ferme	Pièce	Datation (avec aubier)
2	10	Poteau nord	1771

Sur les 15 échantillons prélevés sur la charpente du collatéral nord, 4 avec aubier complet ont permis de placer un abattage des bois d'origine, réemployés lors de la reconstruction de la charpente à l'époque moderne, en 1278-1279, même si cet échantillonnage reste assez faible sur le plan statistique. Les autres échantillons sont issus des structures nouvellement mises en place à l'époque moderne et ont pu être datés entre 1772 et 1775.

Nef, collatéral nord

N° échantillon	Pièce	Datation (avec aubier complet)	Dernier cerne, sans aubier complet
23	Poteau		1270
25	Lien supérieur		1264
32	Arbalétrier	1279	
33	Chevron	1278	
34	Chevron	1278	
112	Arbalétrier	1279	

N° échantillon	Pièce	Datation (avec aubier complet)	Dernier cerne, sans aubier complet
22	Sous-faîtière inférieure		1763
24	Sous-faîtière inférieure	1775	
26	Demi-entrait	1772	
27	Lien	1773	
28	Sabot	1772	

29	Lien	1759
30	Lien	1766
31	Poteau	1772
35	Arbalétrier	1771

En raison de la reconstruction intégrale de la charpente du collatéral sud en 1984-1987, avec très peu de réemploi, celle-ci n'a pas été analysée.

La troisième campagne d'analyse, faite en octobre 2012, a permis de collecter 16 nouveaux échantillons avec cambium et 9 compléments d'aubier d'anciens prélèvements sur les bois en réemploi du collatéral nord et de la charpente du vaisseau principal (**Annexe 1**). Ces 25 échantillons ont permis de mettre en évidence, avec 18 cambium datés, des abattages en continu depuis l'automne-hiver 1277-1278 jusqu'à l'automne-hiver 1279-1280. Il est intéressant de noter que des coupes se sont poursuivies en dehors des périodes de repos végétatif au printemps 1278. Pour l'interprétation de ces données, il convient au préalable d'analyser archéologiquement les structures.

4. La charpente du vaisseau central

En raison de l'inaccessibilité de la charpente, les observations précises des bois, des assemblages et des marques se sont portées essentiellement sur la base des fermes. Toutes les pièces d'origine sont des bois de brin en chêne équarris à la doloire. Elles sont pour la plupart droites excepté les entrails qui présentent une légère courbure vers le haut, et d'autres pièces qui se répartissent en deux lots. On observe en effet que, de F1 à F8, les aisseliers des consoles sont coudés (**fig. 88**) alors que ceux de F9 à F14 sont droits avec une section moindre. De même, les longs liens du contreventement longitudinal, assemblés en tête à la faîtière, sont légèrement coudés de F1 à F8 alors que les précédents sont taillés dans des bois rectilignes. Nous verrons par la suite d'autres petites différences entre ces deux ensembles de fermes. On observe également quelques bois vrillés comme le poteau de la console sud de F7 (**fig. 81**) qui a été taillé dans un bois aux fibres torses et qui s'est déformé après sa mise en place, lors du séchage, en pivotant sur son axe dans le sens horaire et en provoquant la cassure de l'aiselier auquel il est assemblé.

Tableau des moyennes des sections (face nord/sud x face est/ouest) et des longueurs des bois :

Pièce	Section (cm)		Longueur (m) (assemblages compris)
	pied	tête	
Chevron	17 x 18		9,2
Jambe de force	13 x 18		2
Blochét	16,5 x 20		0,8
Arbalétrier	18,5 x 18,5		8,3
Poinçon	19 x 19,5		6,1
Entrail	21 x 20 (au milieu)		14
Sablière	16 x 19		
Chapeau (console)	16 x 18		3,1
Poteau (console)	20 x 18,5		4
Contrefiche (console)	19,5 x 19		3,7
Aisselier (console)	19 x 16,5		3,1

La charpente du vaisseau central est une structure à fermes et pannes constituée de 14 fermes identiques (**fig. 82-84**). Elle se prolonge sur la croisée du transept avec trois fermes similaires (**fig. 3**) dont la mise en œuvre date de 1770.

Chaque ferme est constituée d'un entrain, d'un poinçon triangulé par un couple de chevrons et d'arbalétriers raidis par deux grandes contrefiches et deux jambes de force verticales (**fig. 85-86**). Celles-ci soutiennent les arbalétriers au droit des deux cours de pannes maintenues par des échantignoles. Comme les jambes de force transmettent d'importantes charges au quart de la longueur de l'entrain, celui-ci est soutenu par une console à chaque extrémité afin de reprendre ces charges et les reporter au sol. Ces consoles sont constituées d'une semelle, qui ont toutes été changées au XXe siècle, d'un chapeau horizontal placé sous l'entrain, fixé à lui par de fortes chevilles et assemblé à son extrémité à la sablière interne, un poteau adossé au mur et deux aisseliers. Pour stabiliser ces consoles vraisemblablement au moment de leur mise en place, des liens obliques sont assemblés aux flancs des chapeaux et aux sablières internes (**fig. 88**).

Tous les assemblages de ces fermes sont à tenon et mortaise. En raison du remplacement de nombreuses pannes, nous ignorons quelles étaient leur longueur d'origine et par quel type d'enture elles se raccordaient entre elles. Les entrains reposent aux extrémités sur les murs sur un double cours de sablières qui ne sont pas étré sillonnées entre elles. Ces sablières ne sont conservées qu'au sud-est de la charpente. Chacune d'entre elles est assemblée en sous-face de l'entrain par une simple entaille à mi-bois en demi-queue d'aronde, qui est taillée dans le sens inverse sur la seconde sablière.

Dans chaque travée, une panne faîtière est tenonnée au flanc des poinçons, en tête, et soulagée par deux longs liens obliques qui s'assemblent au tiers inférieur des poinçons (**fig. 84**). Ces pannes faîtières, avec les deux cours de pannes par versant, soutiennent les chevrons auxquels elles sont chevillées. Dans leur disposition d'origine, conservée uniquement sur dans les travées orientales, chaque chevron est assemblé en pied à un blochet et une jambe de force (**fig. 86-87**). Celle-ci est simplement embrevée au chevron, sans tenon-mortaise, avec un about biais et fixé par deux chevilles transversales. Comme pour les entrains, les sablières s'assemblent en sous-face des blochets par une simple entaille à mi-bois en demi-queue d'aronde, inversée d'une sablière à l'autre. On note que la plupart des chevrons sont délardés en partie inférieure, en sous-face, afin de faciliter la taille de l'embranchement. Ce délardement se retrouve sur plusieurs chevrons des fermes, ce qui prouve qu'ils ont été taillés en série sans prévision de leur destination pour les couples de chevrons ou pour les fermes.

On compte quatre couples de chevrons par travée (**fig. 84**), excepté sur deux travées entre F6 et F8 qui ne comptent que trois couples de chevrons. On constate également que l'espacement des fermes et donc la longueur de ces travées n'est pas constant, excepté bien sûr ces deux courtes travées. De F1 à F6, les fermes sont écartées précisément et régulièrement de 3,51 m à l'entraxe tandis que de F9 à F14, elles sont très régulièrement espacées de 3,37 m. Du fait de ces différences de longueur, les assemblages des longs liens obliques aux pannes faîtières sont plus espacés à l'ouest qu'à l'est. Déjà évoqué précédemment, on distingue aussi d'autres nuances structurelles entre ces deux lots de fermes : F1-F8 et F9-F14. Pour le premier ensemble, à l'est, les chapeaux sont dépourvus de moulures à leur extrémité intérieure, les aisseliers des consoles et les longs liens obliques des pannes faîtières sont coudés (**fig. 88**) et les poteaux des consoles sont percés en pied d'un trou transversal qui semble lié à une technique de levage. Pour le second ensemble à l'ouest, les chapeaux sont moulurés à leur extrémité intérieure (**fig. 89**), les aisseliers des consoles sont droits, comme les longs liens obliques qui soutiennent les pannes faîtières, et les poteaux sont dépourvus de trou traversant. Ces petites différences structurelles semblent indiquer que ces deux lots de bois ont été exécutés et probablement levés séparément, à un intervalle de temps relativement court puisqu'ils appartiennent à une conception d'ensemble commune et donc au même projet. Il est probable que cette charpente ait été exécutée en deux temps, sur deux ans. La jonction de ces deux ensembles se situe au droit de F8, après les deux courtes travées en partant de l'est, et aucune trace de cloison provisoire n'a été observée pour fermer le comble si celui-ci avait dû rester ouvert pendant une durée relativement longue. Dans les maçonneries des murs à arcades, on observe justement à cet endroit une couture stratigraphique qui ne rompt pas les hauteurs d'assises mais qui se traduit par une cassure dans l'appareillage. De part et d'autre de cette couture, on note que les trous de boulins sont de taille différente⁴⁸ et répartis sur des assises distinctes ce qui traduit effectivement deux campagnes de chantier auxquelles il faut rattacher les deux ensembles de cette charpente.

⁴⁸ Plus visible sur le mur nord, à l'est, les trous de boulins sont taillés dans l'angle d'une pierre tandis qu'à l'ouest de cette couture, ils occupent l'emplacement d'une pierre complète.

Le marquage des bois est incomplet puisqu'il n'a pu être observé qu'à la base de la charpente. Il s'agit de marques d'assemblages et non de pièces, c'est-à-dire que les marques sont disposées sur les deux pièces assemblées, au droit de leur jonction, et toujours sur la face est des fermes. On observe deux marquages distincts, associés chacun à l'un des deux ensembles définis précédemment. De F1 à F8, le marquage est continu de l'est vers l'ouest avec une numérisation de 1 à 8 des fermes et avec une latéralisation pour différencier les bois de la moitié nord de la ferme de ceux de l'autre versant : au sud, les marques sont en chiffres romains inscrits à la rainette tandis qu'au nord, il s'agit de marques à encoches de F1 à F4 (**fig. 90**), et de chiffres romains gravés au ciseau pour les suivantes. A partir de F9, la numérotation se poursuit différemment avec plus ou moins de cohérence. La numérotation continue à F9 avec une marque en chiffre romain à la rainette de valeur 9, de même pour F10 mais avec une nouvelle latéralisation qui apparaît et qui consiste à rajouter un demi-cercle aux marques nord ou un trait au sud. Les suivantes prennent cette fois-ci en compte, dans la numérotation, le nombre des chevrons, dont nous n'avons pas pu observer le marquage, avec 15 pour F11, 20 pour F12, 25 pour F13 et 30 pour F14, toujours en chiffres romains, avec abréviation et inscrits à la rainette.

Tableau des marques des fermes du vaisseau central de la nef :

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

Ce marquage prouve donc que cette charpente a bien été réalisée en deux temps, lors de deux chantiers distincts mais en respectant un projet d'origine commun.

Ce type de charpente est relativement fréquent dans les constructions gothiques dès 1220-1230, plus particulièrement en Ile-de-France dans les églises du Val d'Oise⁴⁹, de l'Essonne⁵⁰ et dans une moindre mesure en Haute-Normandie⁵¹ ou en Picardie comme dans la cathédrale d'Amiens vers 1284-1305d⁵². (**fig. 91**) Les charpentes à fermes et pannes se rencontrent également dès 1210-1220 dans les grandes granges abbatiales dans l'Oise⁵³, le Val d'Oise⁵⁴, l'Essonne⁵⁵ et en Normandie⁵⁶. La diffusion de ce type de charpente, comparée aux charpentes à chevrons-formant-fermes, s'explique, d'une part, par une meilleure répartition des charges sur les supports gothiques avec des fermes assises généralement au droit des piles avec donc un allègement des travées, dans les églises comme dans les granges et, d'autre part, par un nombre réduit d'assemblages et de fermes à tailler, une plus grande facilité de levage et une plus faible consommation en bois d'œuvre qui contribuent à diminuer considérablement la durée et le coût du chantier. Par ailleurs, l'évolution des disponibilités forestières au cours du xiii^e siècle exigeait probablement des constructions plus économes en bois d'œuvre.

⁴⁹ Ableiges, Bessancourt (second quart XIII^e siècle), Champagne-sur-Oise (1234d), Corneilles-en-Vexin, Grisy-les-Plâtres, Courcelles-sur-Viosne (second quart XIII^e siècle), Fontenay-en-Parisis (vers 1250), Marly-la-Ville (1262-1265d), Montreuil-sur-Epte (second quart XIII^e siècle), Seraincourt, Villiers-le-Bel (Epaud et Bernard 2008).

⁵⁰ Vert-le-Petit (1221-1222d).

⁵¹ Abbatale de Fécamp (vers 1217-1223d), réfectoire de l'abbaye de Bonport à Pont-de-l'Arche (1240-1241d) (Epaud 2007 p. 209)

⁵² A. Prache 1995, " L'emploi du bois dans la construction des cathédrales au XIII^e siècle " dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, p. 34-39. et Hoffsummer 2002, *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine n° 62, Monum, Editions du Patrimoine, Paris, p. 219.

⁵³ Fourcheret, Troussures, Fay (Saintines), Vaumoise, Azémont (Crépy-en-Valois).

⁵⁴ Saint-Ouen-l'Aumône, Tremblay-en-France.

⁵⁵ Longpont-sur-Orge.

⁵⁶ Val-de-la-Haye (1211-1220d), Pont-de-l'Arche (abbaye de Bonport, 1228d), Heurteauville (1237-1243d) et abbaye Notre-Dame d'Ardenne.

5. La charpente du collatéral nord

La structure actuelle a été mise en œuvre vers 1772-1775d (**fig. 92**). Il s'agit d'une charpente à fermes et pannes pourvue d'un portique longitudinal destiné à porter les demi-fermes et le chevronnage au-dessus des voûtes bombées. Lors de sa construction, de nombreux éléments de la charpente d'origine ont été réemployés, parfois dans leur position première (**fig. 93-95**). Il s'agit de chevrons, d'arbalétriers et de poteaux qui possèdent suffisamment de mortaises vides pour proposer une restitution d'une partie seulement de la charpente du XIIIe siècle.

On constate que la charpente actuelle reprend en partie les dispositions de la structure d'origine (**fig. 96**). Celle-ci était constituée de demi-fermes principales, assises entre chaque voûte, assemblée à un portique longitudinal qui portait, comme aujourd'hui, des demi-fermes secondaires et les chevrons. La restitution de ces demi-fermes principales est sujette à caution car peu d'éléments réemployés en sont issus. Il est probable qu'elles présentaient chacune un poteau médian qui la départageait en deux parties avec, au nord, un entrain et un arbalétrier soutenu par une longue jambe de force et une contrefiche en tête et, au sud, un second arbalétrier soulagé par un aisselier et une seconde contrefiche. Trois cours de pannes équidistantes, calées par des échantignoles chevillées sur les arbalétriers, soulageait le chevronnage. La panne médiane était portée par le poteau qui reposait en pied sur une cale. Entre chacune de ces demi-fermes principales, au-dessus des voûtes, trois à quatre demi-fermes secondaires par travée relayaient les charges des pannes sur le portique. Il existe davantage d'éléments réemployés provenant de ces demi-fermes pour proposer une restitution fidèle. Elles étaient composées d'un court poteau médian, appuyé sur une longrine du portique et auquel venait s'assembler les arbalétriers, soulagé au nord par une courte jambe de force, un entrain retroussé et, au sud, un aisselier et une contrefiche. Toutes ces contrefiches étaient ancrées directement dans les maçonneries comme en témoignent les logements encore visible dans le mur longitudinal. Il en était de même pour la tête des arbalétriers. Sur les pannes étaient chevillés les chevrons qui étaient constitués de deux pièces assemblées bout à bout par une enture biaise à talon droit, à la hauteur de la panne médiane. Ces chevrons assemblés entre eux ont été pour certains réemployés en l'état, sans avoir été démontés. En pied, chaque chevron était soulagé par une courte jambe de force assemblée par une embrèvement chevillé, comme dans le vaisseau central.

Même si la restitution précise des demi-fermes principales et du portique reste incertaine, on note toutefois que cette proposition suppose un principe structurel assez proche de celui de la charpente du vaisseau principal, avec des demi-fermes et des pannes. Il faut noter l'existence quasi certaine d'un portique longitudinal, difficilement restituable mais qui correspond à une innovation majeure pour le XIIIe siècle, justifiée ici par le voûtement très bombé. Il faut encore souligner l'ancrage dans les maçonneries des contrefiches et des arbalétriers qui est une technique relativement exceptionnelle pour le XIIIe siècle et qui dénote le caractère expérimental et relativement maladroit de report des charges sur les murs.

Quelques marques d'assemblages éparées, en chiffres romains gravés à la rainette, ont été relevées sur la face ouest des chevrons.

Concernant la charpente du croisillon sud, toute la structure a été reconstruite au XXe siècle avec trop peu de réemploi pour proposer une restitution (**fig. 97**).

6. Interprétation

La répartition des prélèvements dendrochronologiques dans la charpente peut mettre en lumière les deux parties de la charpente du vaisseau central. Dans la partie est (F1-F8), tous les bois analysés sont abattus entre l'automne-hiver 1277-1278 et le printemps 1278, tandis que dans la partie ouest (F9-F14), les abattages se répartissent entre l'automne-hiver 1277-1278 et 1279-1280. Il est donc probable que la charpente orientale fut exécutée exclusivement avec les bois des premières coupes, avec un levage en 1278 ou 1279, dans le prolongement du chantier de la flèche de la croisée du transept, et que la partie ouest, après un laps de temps d'un à deux ans nécessaire à l'achèvement des parties hautes maçonneries et des murs longitudinaux à arcades, fut réalisée en 1280 ou peu après, avec des bois issus

du surplus des premières coupes, et des suivantes. Cependant, il nous semble bien plus probable que, de 1277 à 1280, le financement du chantier se soit consacré exclusivement aux campagnes d'abattage des bois, avec un stockage des grumes dans l'attente du chantier, et que l'exécution des charpentes ait commencé à l'issue de ces coupes, à partir de 1280, avec une progression d'est en ouest, en débutant par la flèche de la croisée du transept, puis la partie orientale de la nef et, après l'achèvement des murs de la partie ouest, la seconde moitié de la charpente de la nef, conjointement aux collatéraux. Le début du chantier par la construction de la flèche puis de la partie orientale de la nef nous semble en effet plus logique pour des raisons de manutention des bois, avec un levage depuis la nef pour le chantier de la tour de croisée et une progression du chantier de l'est vers l'ouest. L'arrêt de chantier entre la partie est et ouest a dû être de courte durée en raison de l'absence de trace de cloison provisoire au droit de F8 et de l'homogénéité technique et structurelle de ces deux ensembles, témoignant d'une exécution par les mêmes charpentiers.

Bibliographie

- Andrault-Schmitt C., Pantet A., Texereau J. et Fillion-Braguet B., « La singularité des voûtes de la cathédrale de Poitiers et ses implications » dans Carvais R. *et al.* (dir.) *Edifices & artifices : histoire constructive : recueil de textes issus du premier*, Congrès francophone d'histoire de la construction, Paris, 19-21 juin 2008, Picard 2010.
- Andrault-Schmitt C., « Poitiers, cathédrale Saint-Pierre. Présentation architecturale », *La cathédrale de Poitiers*, Le temps qu'il fait, Cognac, 2006, p. 45-56.
- Auber abbé, *Histoire de la cathédrale de Poitiers*, Paris, 1849.
- Blomme Y., « La construction de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers », dans *Bulletin Monumental*, t. 152-I, 1994, p. 7-64.
- Epaud F., « La charpente de la nef de la cathédrale de Bourges », *Revue archéologique du Centre de la France* [En ligne], Tome 50 | 2011, 2012, mis en ligne le 16 janvier 2012, consulté le 09 février 2012. URL : <http://racf.revues.org/1686>
- Epaud F. et Bernard V., L'évolution des charpentes d'églises du Val d'Oise, du XI^e au XX^e siècle, in : *Revue archéologique du Centre de la France*, Tome 47, 2008, mis en ligne le 18 mai 2009. URL : <http://racf.revues.org/index1205.html>.
- Épaud F., *De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie*, CRAHM, Caen, 2007.
- Charpentes 2002
- Hoffsummer P. (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Grand Ouest de la France*, AMA vol. 5, Brepols, Turnhout, 2011.
- Hoffsummer P. (dir.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle, typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine n° 62, Monum, Editions du Patrimoine, Paris, 2002.
- Hunot J.-Y., « L'hôpital Saint-Jean d'Angers : un ensemble de charpentes du XII^e siècle » dans Hoffsummer 2011, p. 279-294.
- Charpentes de la région Centre du XII^e au XIII^e siècle*, Centre de Recherches sur les Monuments Historiques, Monum, Editions du Patrimoine, 2002.
- Prache A., " L'emploi du bois dans la construction des cathédrales au XIII^e siècle " dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, Paris, 1995, p. 34-39.