

ÉDITIONS DU PATRIMOINE  
CENTRE DES MONUMENTS NATIONAUX

## Charpentes et couvertures

Revue scientifique et technique des monuments historiques | Semestriel 1 | 2016

[monumental]



Études de cas Paris IV<sup>e</sup>

## Le relevé des charpentes médiévales de la cathédrale Notre-Dame de Paris : approches pour une nouvelle lecture

Les charpentes de la cathédrale Notre-Dame de Paris demeurent étonnamment mal connues. Mises en œuvre au cours de la première moitié du XIII<sup>e</sup> siècle, elles font partie des grandes charpentes médiévales et sont remarquables par leur conception, par leur réalisation et par leur état de conservation<sup>1</sup>.

Rémi Fromont  
et Cédric Trentesaux  
Architectes du Patrimoine

### Des documents contradictoires

Depuis Eugène Viollet-le-Duc, plusieurs auteurs se sont attachés à décrire les charpentes de la cathédrale. Mais, s'en tenant pour la plupart à une démonstration généraliste sur l'histoire des charpentes, ils n'ont pas pu offrir de vision détaillée quant à l'ensemble constitué par les charpentes du grand comble de la cathédrale. Les vues globales (plans et coupes) du grand comble sont rares et restent sommaires ou incomplètes, voire incohérentes avec la réalité.

Au sujet des fermes (ou chevrons-mâîtres)<sup>2</sup>, les relevés publiés sont comparables entre eux pour la forme générale, mais différent pour les détails. De plus, l'immense majorité des documents occultent les variations, évolutions, réparations, ou autres modifications. La qualité constructive et l'épaisseur historique ne sont pas restituées (fig. 9).

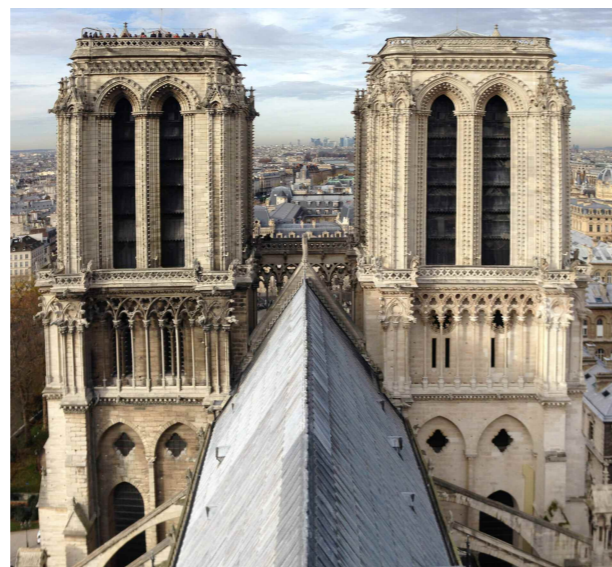
### Relevé complémentaire

L'étude consiste en la réalisation d'un relevé architectural de l'existant, l'objectif étant de renseigner les charpentes médiévales du grand comble de la manière la plus exhaustive possible.

Dans un premier temps, le relevé s'est concentré sur l'ensemble des chevrons-mâîtres, qui ont été décrits en coupe transversale. Le relevé a été réalisé à la main, en proportion, entièrement sur site : sections des bois, assemblages, réparations, variations entre chevrons-mâîtres ont été détaillés.

1. Le présent article est rédigé sur la base d'une étude menée en 2014-2015. Celle-ci a débuté dans le cadre de la mise en situation professionnelle du DSA Architecture et Patrimoine de l'école de Chaillot (promotion 2012-2014). Elle a été encadrée par Benjamin Mouton et Frédéric Martorello. Après le cursus de Chaillot, l'étude s'est poursuivie près d'un an. Elle s'est bornée aux charpentes médiévales de la cathédrale : les fermes du transept et la flèche, édifiées par Viollet-le-Duc, n'ont été étudiées que sommairement.

2. Les principes généraux de conception des charpentes sont relativement bien connus. On se reportera aux descriptions de H. Deneux, des Compagnons du Devoir et de B. Fonquernie.



1.

Le dessin à la main rend lisible l'information recueillie : l'information est dessinée parce qu'elle a été repérée. Cette technique privilégie l'information plutôt que la stricte exactitude graphique : un boulon est représenté « hors d'échelle » mais sa présence et sa forme sont compréhensibles dans le dessin.

À l'instar des archéologues, il s'agit de réaliser une empreinte de l'existant. Le travail sur site est indispensable : la confrontation directe avec l'édifice et la matière concrète permet de vérifier et de contrôler les données.

Le regard s'aiguissant avec l'expérience du site, plusieurs relectures, toujours par observation directe, ont été nécessaires pour repérer les multiples variations entre des chevrons-mâîtres pouvant paraître, au premier abord, identiques (fig. 10 et 11).

Dans un deuxième temps, il s'est agi de donner une vision plus globale du grand comble, en plan et en coupe longitudinale. Ces documents ont été levés à l'aide d'une station totale, permettant à l'opérateur de choisir *a priori* les points relevés. Les deux « pseudo-nuages » de points ainsi obtenus en plan et en coupe ont servi de fond pour parachever le relevé, toujours à la main et en observation directe sur site. Au dessin en proportion s'est ainsi ajouté le dessin à échelle exacte (1/50). La précision obtenue est de l'ordre de 3 centimètres pour 100 mètres (fig. 7 et 8).

Le relevé photographique n'a été réalisé qu'en dernier lieu, sur des éléments ciblés : vues générales et détails choisis. Sur une année de présence régulière dans la charpente, les photographies n'ont été prises que les derniers jours.

Au-delà du travail d'identification, le relevé s'est étendu à l'étude des déformations, au repérage de réparations et à l'étude des marquages et des systèmes de levage. L'examen attentif de ces éléments apporte de très nombreux enseignements sur la constitution, les mises en œuvre, les usages de la charpente et leurs évolutions. Il soulève surtout d'innombrables interrogations – dont certaines seront exposées ici – qui modifient la perception de la charpente.



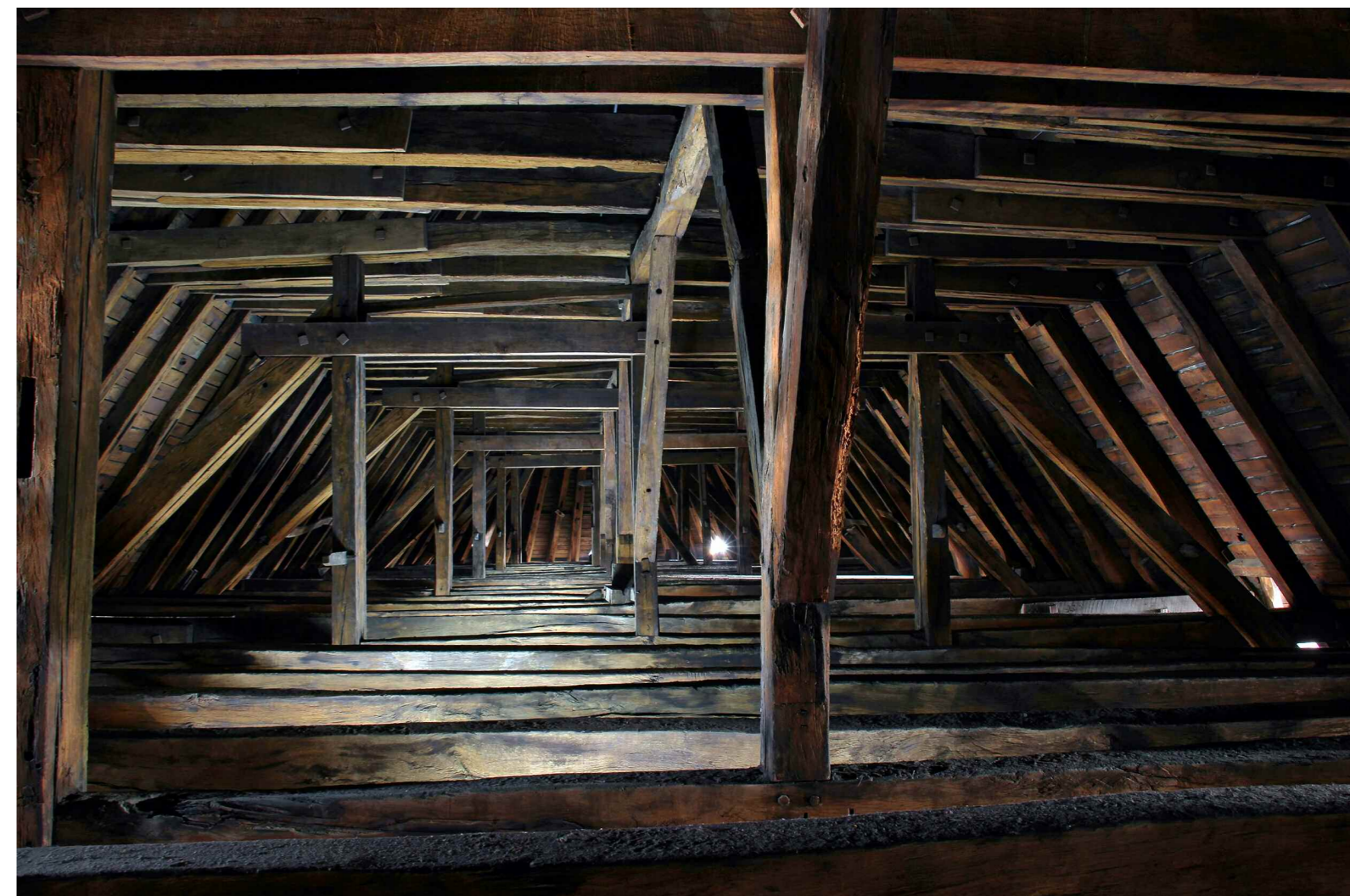
2.



3.



4.



5.

Études de cas Paris IV<sup>e</sup>

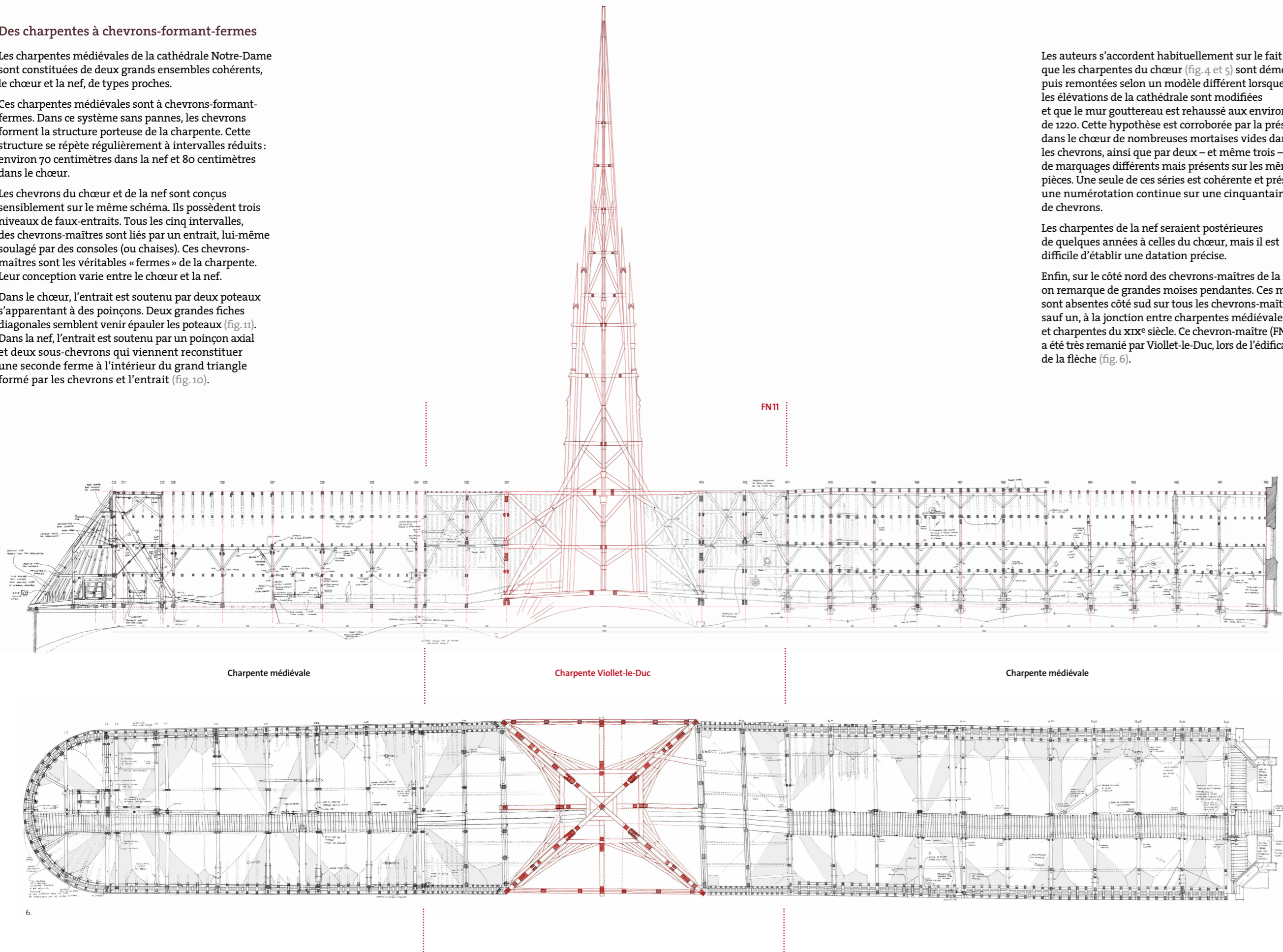
## Des charpentes à chevrons-formant-fermes

Les charpentes médiévales de la cathédrale Notre-Dame sont constituées de deux grands ensembles cohérents, le chœur et la nef, de types proches.

Ces charpentes médiévales sont à chevrons-formant-fermes. Dans ce système sans pannes, les chevrons forment la structure porteuse de la charpente. Cette structure se répète régulièrement à intervalles réduits : environ 70 centimètres dans la nef et 80 centimètres dans le chœur.

Les chevrons du chœur et de la nef sont conçus sensiblement sur le même schéma. Ils possèdent trois niveaux de faux-entraits. Tous les cinq intervalles, des chevrons-maitres sont liés par un entrait, lui-même soulagé par des consoles (ou chaises). Ces chevrons-maitres sont les véritables « fermes » de la charpente. Leur conception varie entre le chœur et la nef.

Dans le chœur, l'entrait est soutenu par deux poteaux s'apparentant à des poinçons. Deux grandes fiches diagonales semblent venir épauler les poteaux (fig. 11). Dans la nef, l'entrait est soutenu par un poinçon axial et deux sous-chevrons qui viennent reconstituer une seconde ferme à l'intérieur du grand triangle formé par les chevrons et l'entrait (fig. 10).



Les auteurs s'accordent habituellement sur le fait que les charpentes du chœur (fig. 4 et 5) sont démontées puis remontées selon un modèle différent lorsque les élévations de la cathédrale sont modifiées et que le mur gouttereau est rehaussé aux environs de 1220. Cette hypothèse est corroborée par la présence dans le chœur de nombreuses mortaises vides dans les chevrons, ainsi que par deux – et même trois – séries de marquages différents mais présents sur les mêmes pièces. Une seule de ces séries est cohérente et présente une numérotation continue sur une cinquantaine de chevrons.

Les charpentes de la nef seraient postérieures de quelques années à celles du chœur, mais il est difficile d'établir une datation précise.

Enfin, sur le côté nord des chevrons-maitres de la nef, on remarque de grandes moises pendantes. Ces moises sont absentes côté sud sur tous les chevrons-maitres, sauf un, à la jonction entre charpentes médiévales et charpentes du XIX<sup>e</sup> siècle. Ce chevron-maitre (FN 11) a été très remanié par Viollet-le-Duc, lors de l'édification de la flèche (fig. 6).

## Les palées longitudinales

Comme l'ont souligné les Compagnons du Devoir puis Patrick Hoffsummer, les charpentes de la cathédrale Notre-Dame de Paris constituent l'un des premiers exemples de charpente contreventée par palées longitudinales. Toutefois, et comme l'exposait déjà Viollet-le-Duc, le système de contreventement reste peu efficace<sup>3</sup>, relativement à la grande dimension des charpentes et par son positionnement bas, notamment dans le chœur. Dans la nef, le contreventement a été renforcé *a posteriori* par la mise en place d'une palée longitudinale sous le faitage. Cette palée occupe les deux tiers de la longueur du faitage. Discontinue, elle se développe principalement côté flèche et plus ponctuellement près du pignon ouest.

Tant dans le chœur que dans la nef, il est aussi probable que les palées inférieures aient pu être utilisées, en plus du contreventement, pour le montage des charpentes : les liens horizontaux des palées peuvent servir de ligne de calage des entraits intermédiaires des chevrons, entre deux travées déterminées par les chevrons-maitres. Ainsi, dans la nef, le marquage des palées, régulier et autonome de celui des chevrons, peut indiquer un montage des palées antérieur à celui des chevrons (fig. 12).

<sup>3</sup> Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné*, 1859, t. III, p. 15, article « Charpente ».

Pages 70 et 71

**Figure 1**  
Vue des tours du massif occidental et de la couverture de la nef depuis la flèche.

**Figure 2**  
Vue générale des charpentes de la nef, côté nord. Les moises pendantes viennent soulager le chevron-maitre au droit de la passerelle.

**Figure 3**  
Vue générale des charpentes de la nef, côté sud. Les moises pendantes sont inexistantes ici. On remarque les palées longitudinales.

**Figure 4**  
Pied de poteau moisant d'entrait, palée longitudinale (à droite) et réparations au pied du versant sud (à gauche), de la charpente du chœur.

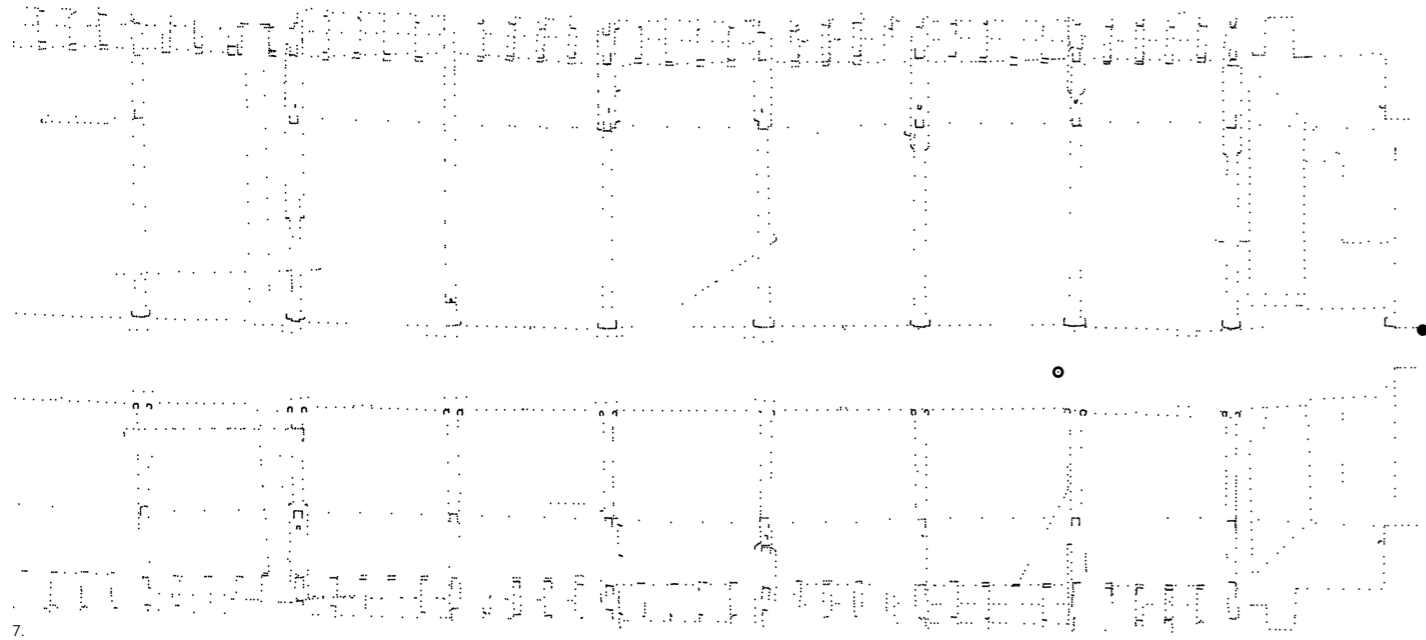
**Figure 5**  
Les charpentes du chœur, vues depuis le niveau des premiers faux-entraits, vers l'est. On aperçoit les nombreux renforcements des chevrons-maitres par des moises boulonnées (XIX<sup>e</sup> siècle) et les réparations des faux-entraits.

Ci-contre

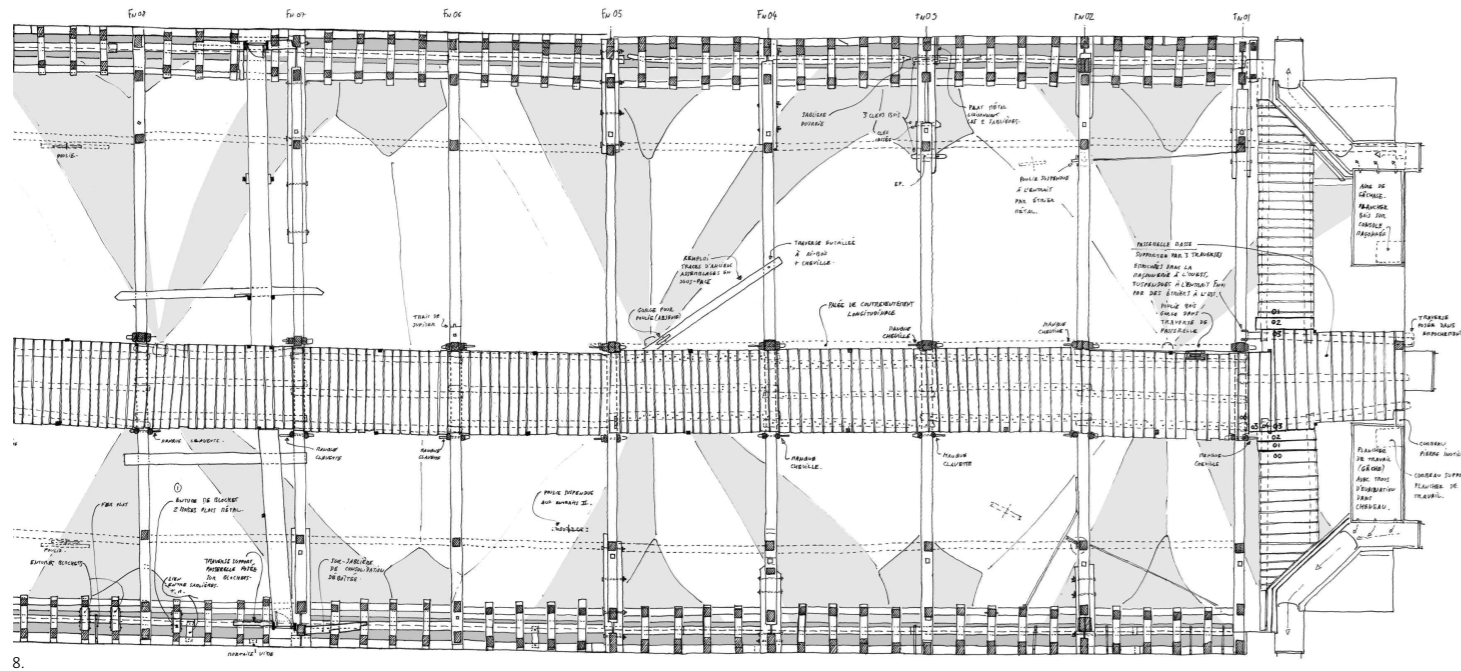
**Figure 6**  
Plan du grand vaisseau coupé au-dessus des blochets et coupe longitudinale dans l'axe du faitage regardant vers le sud. Assemblages des différentes minutes de relevés réalisées sur site. Échelle d'origine, 1/50.

Les charpentes ont été entièrement reprises par Viollet-le-Duc sur trois travées de part et d'autre de la flèche. Les chevrons-maitres assurant la jonction entre les charpentes modernes ont été conservés et renforcés pour pouvoir assurer la transition entre le système à chevrons-formant-fermes et le système à pannes. Les fermes du transept ont été entièrement reconstruites par Viollet-le-Duc.

Études de cas Paris IV<sup>e</sup>

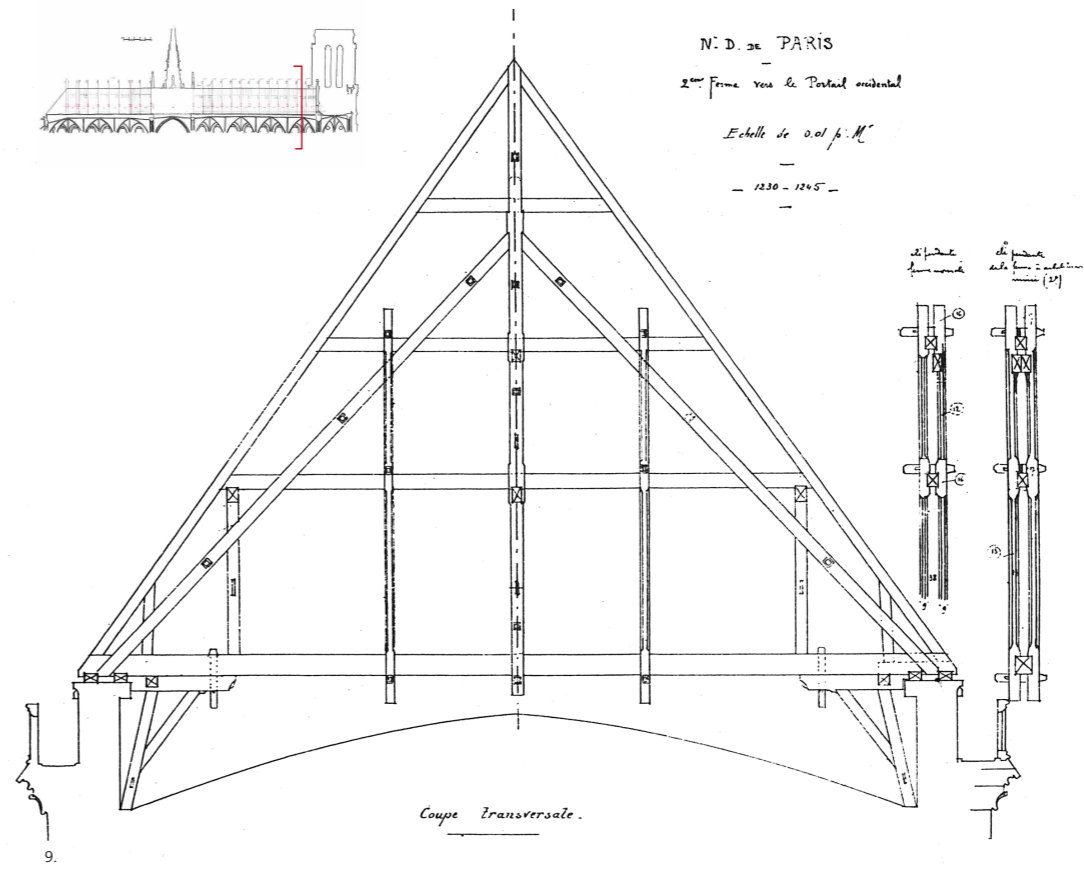


7.

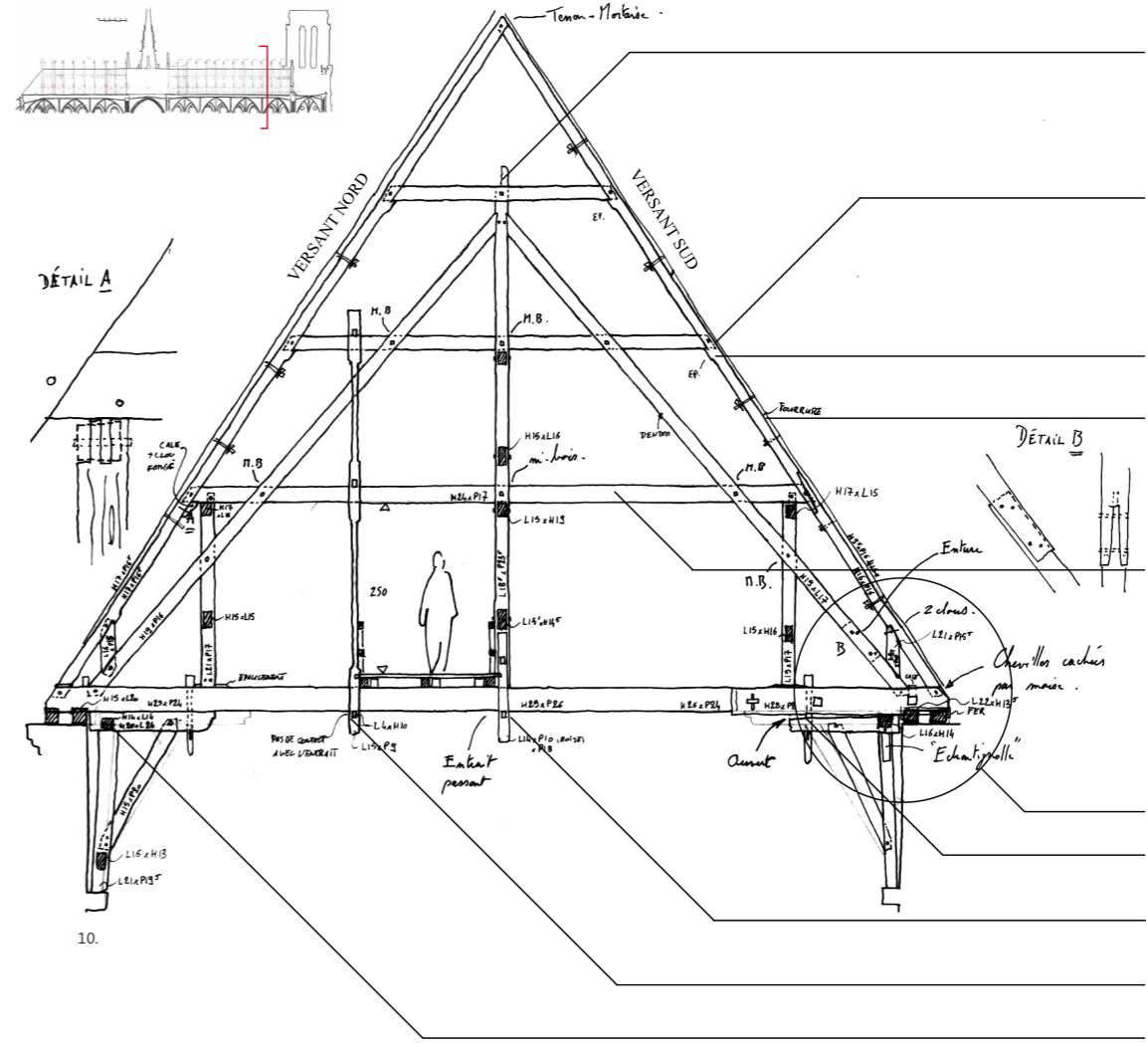


8.

**Figures 7 et 8**  
 Plan du comble, côté pignon ouest. Détail du « pseudo-nuage » de points (fig. 7), relevé avec la station totale de géomètre. Le même plan, après observation directe (fig. 8).



9.



10.

**Figure 9**  
 Relevé du 2<sup>e</sup> chevron-maitre de la nef par Henri Deneux, 1915. © MAP / CRMH, D6988.

**Figure 10**  
 Relevé du 3<sup>e</sup> chevron-maitre de la nef: exemples des informations lisibles.

L'assemblage du poinçon avec le dernier faux-entrait (originellement par clavette bois) est brisé. Cet assemblage a été renforcé par une tige filetée et un boulon de forme carrée, tout comme les assemblages à mi-bois entre le poinçon et les autres faux-entrants.

Les assemblages entre les faux-entrants et les chevrons sont par tenon et mortaise. Les plus anciens d'entre eux étaient « passants », c'est-à-dire que le tenon traversait de part en part le chevron. On en trouve trace sur les chevrons de remplissage du chœur.

La partie supérieure du chevron, au-dessus de l'enture, semble d'origine. Chaque assemblage à tenon et mortaise est renforcé par un épaulement du chevron.

Chevron doublé de fourrure de même épaisseur, assemblée par broche métallique clavetée. Réparation? Renforcement? Recherche de planéité du plan de couverture à la suite du fléchissement des chevrons?

Les faux-entrants sont d'une seule pièce ininterrompue d'un chevron à un autre. Ce n'est le cas que pour trois chevrons-maitres sur les onze de la nef.

Pied de charpente intégralement réparé et remplacé versant sud, contrairement au versant nord: enture du chevron; enture du faux-arbalétrier; about d'entrait remplacé par système moisant.

L'entrait n'est plus en appui sur la chaise.

Le pied du poinçon est constitué d'une épaisse clef moisante et clavette bois. A l'origine, les assemblages du poinçon avec l'entrait et les faux-entrants étaient sans métal.

L'entrait n'est pas en appui sur la clavette bois de la moise pendante. Le système est ici non opérant.

Le lien horizontal qui relie les consoles est un niveau plus bas que les sablières et ne sert pas d'appui - ici en tout cas - aux chevrons ni aux blochets. Son utilité semble en rapport avec le montage de la charpente.

Études de cas Paris IV<sup>e</sup>

## Les moises pendantes et la passerelle de visite : une interprétation

## La passerelle

Il est étonnant que la passerelle de visite ne soit jamais représentée dans les précédents relevés, notamment dans les dessins des chevrons-maîtres. Elle est évoquée dans certains plans<sup>4</sup>, mais elle est systématiquement absente des dessins en coupe transversale. Cette absence fait sans doute commettre un contresens à Henri Deneux et aux Compagnons dans leurs retranscriptions des chevrons-maîtres de la nef. Les publications récentes<sup>5</sup>, reprenant les dessins de leurs prédécesseurs, ne l'évoquent pas non plus.

La disposition de la passerelle est identique dans la nef et dans le chœur<sup>6</sup>. C'est un plancher de 1,60 mètre à 1,90 mètre de largeur environ, qui dessert l'ensemble du grand comble. La mise en œuvre est simple : fortes planches de 18 à 25 centimètres de largeur moyenne, clouées sur 3 rangs de grosses solives, elles-mêmes posées directement sur les entrails des chevrons-maîtres, côté nord. Certaines planches sont de remploi. Les clous sont forgés. La structure et les dimensions de la passerelle évoquent donc plus un platelage de travail qu'un simple espace de circulation.

Par ailleurs, la passerelle constitue un ouvrage indispensable sans doute dès la construction, puis dans l'usage de la cathédrale. Ainsi sert-elle, encore aujourd'hui, de platelage de travail lors des travaux d'entretien de la charpente ou de la couverture. Le grand comble sert aussi en quelque sorte de coulisses à la vie liturgique (en abritant les poulies de suspension des lustres par exemple). Malgré la simplicité de l'ouvrage, le rôle de la passerelle est donc prépondérant. En tant que telle, son intégration dans la conception de la charpente paraît inévitable (fig. 10 et 11).

## Les moises pendantes de la nef

Sur les chevrons-maîtres de la nef, de grandes moises pendantes semblent soutenir la passerelle de visite. La plupart des auteurs pensent que les moises pourraient être postérieures à l'édification des charpentes, mais la datation par dendrochronologie de deux d'entre elles montre que les bois auraient été abattus de 50 à 100 ans avant ceux des entrails. Il peut s'agir toutefois de bois de récupération.

En dehors du chevron-maître remanié par Viollet-le-Duc, les moises pendantes sont placées systématiquement et uniquement au nord, du côté de la passerelle de visite. Ces moises sont néanmoins représentées symétriquement au nord et au sud dans les relevés de Deneux et des Compagnons, même s'il n'existe aucune trace de leur existence sur le côté sud.

Sans doute n'y a-t-il jamais eu, dans la nef, de moises pendantes de ce côté. Bien que le système de moises pendantes soit un assemblage moisant simplement « posé » sur les faux-entrails, relativement démontable et réversible, aucune trace de la présence de ces moises côté sud n'a été relevée.

Les moises n'auraient alors pas de fonction statique pour les chevrons-maîtres eux-mêmes, mais serviraient plutôt à soulager la charpente au droit de la passerelle. En poursuivant cette hypothèse et en s'appuyant sur les indices donnés par la dendrochronologie, la passerelle et les moises pourraient donc être contemporaines<sup>7</sup>.

Il est aussi possible d'émettre l'hypothèse que la passerelle et les moises ont pu servir lors des grosses réparations effectuées dans le comble (peut-être dès la fin du XIII<sup>e</sup> siècle). On pourrait pousser l'hypothèse plus loin (sans doute trop), et se demander si la passerelle n'aurait pas aussi pu servir, tout simplement, de platelage de travail lors de la construction des voûtes.

## Les moises pendantes symétriques : une image donnée par Viollet-le-Duc ?

Un seul chevron-maître (fig. 6, FN11) donc, très remanié au XIX<sup>e</sup> siècle, présente un dessin symétrique (fig. 10). Il se situe à la jonction entre les charpentes médiévales de la nef et les charpentes modernes, à pannes, édifiées par Viollet-le-Duc en même temps que la flèche (fig. 6). La datation par dendrochronologie démontre que le bois de la moise nord (c'est-à-dire dans l'alignement des autres moises de la nef) aurait été abattu aux alentours de l'an mil, tandis que celui de la moise sud l'aurait été dans le premier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle. La mise en œuvre de cette dernière est donc très probablement contemporaine de l'intervention de Viollet-le-Duc.

Quelles pouvaient être les motivations de l'architecte ? En plaçant cette seconde moise pendante, Viollet-le-Duc améliore le schéma statique d'une ferme existante modifiée. Il établit aussi une symétrie *a priori* non historique. Ce faisant, il présente une vision idéalisée, « parfaite » de la charpente. Il valorise ainsi une mise en œuvre remarquable, dont le rôle structurel imaginé – soulager en flexion un entrail de grande dimension – est extrêmement novateur si on peut le rattacher à l'époque de construction du reste de la charpente.

Tout en émettant certaines réserves dans leurs textes, Deneux et les Compagnons du Devoir reprennent cette disposition dans leurs dessins.

Cette vision est cohérente avec l'esprit qui anime leur énorme travail de recherche, avant tout historique et typologique. L'approche présentée ici est complémentaire de la précédente : après le travail de compréhension générale, la lecture systématique de l'existant, ouvrage par ouvrage et au plus près de la matière, apporte un autre regard et ouvre donc de nouvelles et riches perspectives.

Rémi Fromont  
et Cédric Trentesaux

## Remerciements

Cette étude n'aurait jamais vu le jour sans le soutien de l'école de Chaillot, et plus particulièrement de sa directrice, Mireille Grubert, et de trois de ses enseignants, Benjamin Mouton, Frédéric Martorello et Florence Babics.

Nous remercions l'Unité départementale de l'architecture et du patrimoine de Paris et notamment son directeur, Serge Brentrup, et Christelle Dupas, conservatrice en chef de la cathédrale, pour la confiance qu'ils nous ont accordée, en nous donnant accès aux combles de la cathédrale.

Nous tenons aussi à remercier les Compagnons passants charpentiers pour leur aide précieuse, et en particulier Marcel Le Port et François Auger.

Enfin, nous remercions le mécénat Besnard de Quelen et la Fondation pour les Monuments historiques pour leur soutien financier.

4. Patrice Riboust, 3<sup>e</sup> agence des Bâtiments de France, *Notre-Dame de Paris, plan du grand comble*, 1979.

5. CRMH, 1972 ; Hoffsummer et Mayer, 2002 ; Fonquernie, 2012.

6. La mise en œuvre de la passerelle diffère dans les parties remaniées au XIX<sup>e</sup> siècle.

7. Lambert et Chevrier, 1997. Pour la passerelle, l'étude dendrochronologique n'a porté que sur une seule « poutre transversale » soutenant le plancher. La phase d'abattage de cette pièce, dans la seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle, est contemporaine de celle des moises pendantes prélevées au cours de cette même étude.

## Ci-contre

Figure 11  
Le relevé d'un chevron-maître du chœur.

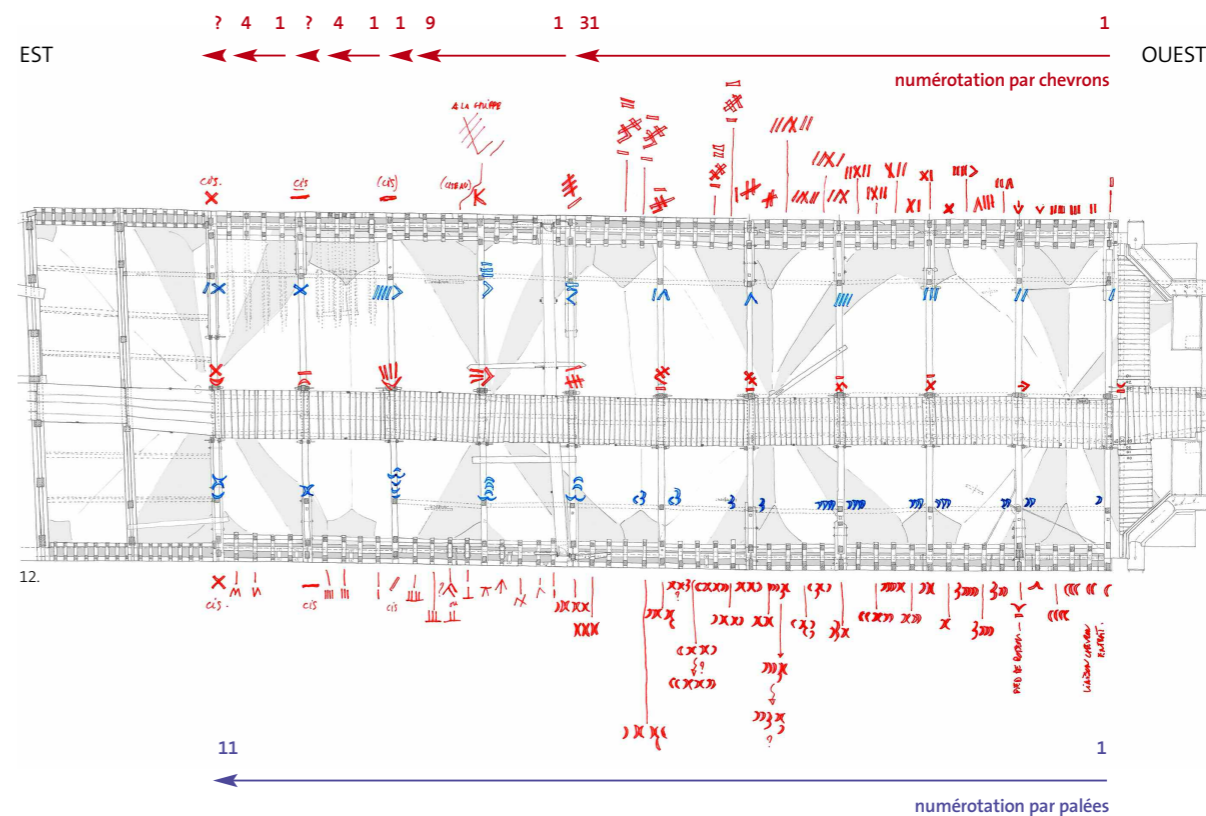
## Ci-dessous

Figure 12  
Plan de la nef, relevé des marquages. On lit deux numérotations continues : par palées longitudinales (en bleu, de 1 à 11) et par chevrons (en rouge, de 1 à 31, puis par séries courtes). Le système est déjà latéralisé : les marques côté sud, droites, sont réalisées au ciseau, celles côté nord, en demi-lunes, à la gouge.

L'étude des marquages apporte des informations complémentaires au relevé architectural et soulève de nouvelles interrogations. Ainsi, le montage des charpentes de l'ouest vers l'est est contraire aux habitudes. De même, les rythmes irréguliers et la variation du type d'écriture des marques semblent indiquer des équipes différentes et/ou diverses phases de chantier.

Le marquage des palées est indépendant de celui des chevrons, témoignant d'une conception et/ou d'une mise en œuvre autonomes.

Documents et photographies  
Rémi Fromont et Cédric Trentesaux,  
sauf mentions contraires.



## Bibliographie

Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle*, Paris, Bance et Morel, 1854-1868, t. III, article « Charpente ».

Henri Deneux, *L'Évolution des charpentes du XI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris, 1927.

CRMH, *Charpentes*, Paris, ministère des Affaires culturelles, direction de l'architecture et du patrimoine, Centre de recherche sur les Monuments historiques, rééd. 1972 (reprise des relevés d'Henri Deneux), vol. 2, « XIII<sup>e</sup> siècle ».

Dominique Daguzé, Marcel Le Port et Jean-Jacques Fernier, « La Charpente à chevrons formant fermes. Les charpentes de la période gothique », *La Charpente et la construction en bois*, Paris, Librairie du Compagnonnage, « Encyclopédie des métiers », 1979.

Georges-Noël Lambert et Virginie Chevrier, *Étude dendrochronologique de bois provenant de la cathédrale Notre-Dame de Paris (75)*, Laboratoire de chrono-écologie (dendrochronologie), Unité mixte de recherche C9946 du CNRS, UFR des sciences et techniques, université de Franche-Comté, février 1997.

Patrick Hoffsummer (dir.) et Jannie Mayer (coord.), *Les Charpentes du XI<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle. Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Paris, Éditions du patrimoine, 2002.

Bernard Fonquernie, « Les Charpentes », dans cardinal André Vingt-Trois (dir.), *Notre Dame de Paris*, Strasbourg et Paris, La Nuée bleue et Place des Victoires, « La Grâce d'une cathédrale », 2012.