



HAL
open science

Charpente de Notre-Dame: stop aux idées reçues !

Frédéric Epaud

► **To cite this version:**

Frédéric Epaud. Charpente de Notre-Dame: stop aux idées reçues!. CNRS Le journal, 2019. hal-03176926

HAL Id: hal-03176926

<https://hal.science/hal-03176926>

Submitted on 25 Mar 2021

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.

Charpente de Notre-Dame : stop aux idées reçues !

Par Frédéric Epaud, chercheur CNRS (LAT CITERES, UMR 7324, Tours)

Après l'incendie qui a ravagé Notre-Dame le 15 avril dernier, Frédéric Épaud, spécialiste des charpentes médiévales, faisait le point sur les contre-vérités qui ont circulé. Ce billet de chercheur fait partie du TOP 5 des contenus les plus lus sur notre site en 2019.

L'émotion suscitée par l'incendie de Notre-Dame retombée, de nombreux commentaires contradictoires ont circulé à propos de la charpente disparue, des bois qu'il fallait sécher plusieurs années pour être utilisés et des forêts entières qu'il fallait raser pour la construire ou la reconstruire. Il est donc utile de faire un état des connaissances sur la charpente et les bois utilisés à Notre-Dame au XIII^e siècle ainsi que sur les possibilités de reconstruire une charpente en bois selon les techniques en vigueur au Moyen Âge.



Charpente de la nef de Notre-Dame, plus perfectionnée que celle du chœur (© F. EPAUD)

Les études sur la charpente gothique

Fort heureusement, des relevés architecturaux précis des structures médiévales avaient été réalisés en 2015 par R. Fromont et C. Trentesaux, dont une courte synthèse a été publiée en 2016 dans la revue *Monumental*, en complément de ceux faits en 1915 par H. Deneux et d'un mémoire de DEA réalisé en 1995 par V. Chevrier portant sur la dendrochronologie. De plus, un scanner de la charpente a été effectué en 2014 par l'entreprise Art Graphique et Patrimoine (150 scans). Le relevé complet et précis de la charpente a donc bien été réalisé. La disparition de cette charpente représente néanmoins une immense perte scientifique pour la connaissance

des constructions en bois du XIII^e siècle car son analyse archéologique, tracéologique et dendrologique restait à faire. De nombreuses études complémentaires auraient méritées d'être faites pour comprendre le fonctionnement des structures, les procédés de mise en œuvre et de levage, les types d'assemblage, les phases de construction et de reprises, l'organisation du chantier et sa progression. Les datations dendrochronologiques effectuées en 1995 restent imprécises et devaient être affinées pour dater à l'année près les différentes campagnes du chantier et les restaurations. L'étude dendrologique méritait aussi d'être réalisée pour connaître la provenance des bois, le profil des chênes abattus (morphologie, âge, croissance...) et par là même l'état des forêts exploitées au XIII^e siècle. Cette étude reste donc à faire à partir des documents existants et des restes calcinés. Cette perte est d'autant plus grande que ce n'est pas une mais trois charpentes gothiques qui ont disparues : celle qui appartenait au premier chœur gothique vers 1185 dont les bois furent réemployés, celle de la nef construite vers 1215 et celle du chœur reconstruite vers 1226 en remplacement de la précédente. Celles des deux bras du transept, de la flèche et les travées du vaisseau central limitrophes à la flèche dataient des travaux de Lassus et Viollet-le-Duc au milieu du XIX^e siècle.

Le bois d'œuvre et la forêt exploitée au XIII^e siècle

Les documents à notre disposition et les études des autres grandes charpentes du XIII^e siècle permettent de répondre à certaines questions. Les bois utilisés dans les charpentes médiévales ne furent jamais séchés pendant des années avant d'être utilisés mais taillés verts et mis en place peu après leur abattage. Il s'agissait de chênes provenant des forêts les plus proches appartenant vraisemblablement à l'évêché. Chaque poutre est un chêne équarri (tronc taillé en section rectangulaire) à la hache en conservant le cœur du bois au centre de la pièce. La scie n'était pas utilisée au XIII^e siècle pour la taille des poutres. Les chênes abattus correspondaient précisément aux sections recherchées par les charpentiers et leur équarrissage se faisait *a minima* au plus près de la surface du tronc avec peu de perte de bois. Les bois ainsi taillés étaient indéformables, contrairement aux bois sciés. Les courbures naturelles du tronc étaient donc conservées à la taille ce qui n'était en rien un handicap pour les charpentiers du XIII^e siècle.

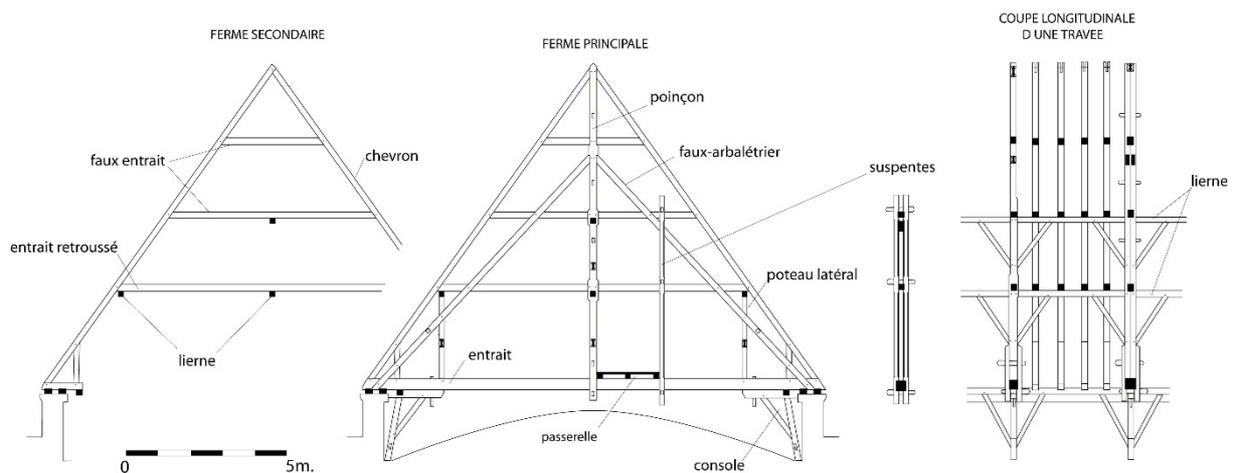
Des chênes jeunes, fins et élancés

On estime que la construction de la charpente gothique de la nef, du chœur et du transept de Notre-Dame a consommé autour de 1000 chênes. Environ 93 % d'entre eux étaient taillés dans des fûts d'arbres de 25-30 cm de diamètre et de 12 m de long maximum. Le reste, soit 7 % seulement, correspondait à des fûts de 35-40 cm de diamètre et de 15 m maximum pour les pièces maîtresses (entrants). Ces proportions sont similaires à celles mesurées dans les charpentes du XIII^e siècle des cathédrales de Lisieux, Rouen, Bourges, Bayeux. Outre leur faible diamètre, la majorité de ces chênes étaient jeunes, âgés de 60-80 ans avec des croissances rapides d'après les études dendrochronologiques menées sur la plupart des charpentes du XIII^e siècle du Bassin parisien. On est donc bien loin de l'image d'Epinal des énormes chênes au tronc épais et vieux de plusieurs siècles.

Ces arbres jeunes, fins et élancés provenaient de hautes futaies où la densité du peuplement était maximale et où la forte concurrence entre les chênes les a contraints à pousser très rapidement vers la lumière en hauteur, non en épaisseur. Ces futaies médiévales, gérées selon une sylviculture spécifique qui était basée sur une régénération par coupe à blanc et recépage, et sur l'absence d'éclaircie pour conserver l'hyperdensité du peuplement, produisaient massivement et rapidement des chênes parfaitement adaptés à la construction en bois et aux techniques de taille à la hache. Pour ces raisons, les surfaces forestières sollicitées par ces grands chantiers ne représentaient que quelques hectares seulement : à peine 3 hectares pour les 1200 chênes de la charpente de la cathédrale de Bourges. On est donc là encore bien loin des légendaires défrichements de forêts entières pour la construction des cathédrales gothiques...

La structure de la charpente

Au début du XIII^e siècle, les maîtres charpentiers étaient confrontés à des difficultés jusqu' alors inédites, liées au gigantisme des cathédrales gothiques et surtout aux difficultés d'adapter la charpente à des murs minces percés de grandes verrières et à la forte poussée des vents sur des toitures de plus en plus hautes et pentues. Ce défi était d'autant plus ardu que les charpentes dites à « chevrons-formant-fermes » de l'époque généraient d'importantes poussées latérales sur les murs et que les bois utilisés étaient fins et donc flexibles. Le maître charpentier de Notre-Dame a su relever ce défi avec brio en concevant une structure complexe mais équilibrée, stable pour elle-même et pour les murs, avec de nombreux dispositifs de raidissement au sein des fermes, des renforcements des entrails, un doublement de la triangulation, des systèmes de moises pour soulager les bois lourds, des travées courtes pour limiter les poussées latérales des fermes, des reports de charges des fermes secondaires sur les principales par des liernes latérales et axiales, une pente forte et d'autres techniques pour rendre la structure indéformable et répartir de façon homogène les charges sur les murs. Il n'a pas hésité à charger la structure de tous les dispositifs nécessaires avec des centaines de pièces secondaires, la rendant bien plus dense que la plupart des charpentes de son temps ce qui lui a donné sur surnom de « forêt ». Le maître d'œuvre a su faire une parfaite synthèse de toutes les expérimentations réalisées sur les grands chantiers en cours de son époque. Il fut certainement l'un des plus grands et des plus audacieux maîtres charpentiers de son temps. La charpente du XIII^e siècle de ND figurait parmi les plus grands chefs d'œuvre de la charpenterie gothique française par sa complexité technique et son exceptionnel état de conservation.



Cathédrale Notre-Dame de Paris, charpente de la nef, vers 1215 (© F. EPAUD/C.R.M.H. 1982)

Le temps nécessaire à la réalisation d'une charpente à chevrons-formant-fermes est connu et n'est pas si important que l'on imaginerait. La construction de la charpente du XIII^e siècle de la cathédrale de Bourges aurait réclamé seulement 19 mois de travail pour une équipe de 15-20 charpentiers, de l'équarrissage des 925 chênes au levage des fermes.

Quid des vestiges ?

A l'heure actuelle, un collectif de chercheurs regroupant spécialistes des charpentes, anthracologues, dendrologues, écologues, climatologues, biochimistes s'est attelé à la mise en place d'un projet de recherche destiné à collecter et étudier les restes calcinés de la charpente, le jour où ceux-ci seront accessibles. Il est d'ores-et-déjà dans l'esprit de tous, services

patrimoniaux, architectes, élus et chercheurs que les vestiges de la charpente seront préservés après étude à des fins conservatoires.

Quels bois pour reconstruire ?

Concernant le bois d'œuvre nécessaire. Comme dit plus haut, les bois utilisés au XIII^e siècle à ND sont pour 93 % de faible diamètre (25-30 cm) et de 12 m de long maximum ce qui correspond à des « petits » chênes, facile à trouver. L'abattage de 1000 chênes ne représente pas un inconvénient puisque le pays dispose de la plus grande forêt d'Europe avec 17 millions d'ha de forêts dont 6 millions en chênaies, en constante augmentation depuis des années. Le prélèvement ne se ferait pas par coupe rase comme on l'a souvent répété puisque les futaies actuelles sont différentes de celles du XIII^e siècle et que ces « petits » chênes sont dispersés dans les peuplements actuels. Leur prélèvement se ferait donc par des coupes individuelles ciblées au sein des futaies (furetage), limitant ainsi l'impact écologique sur les écosystèmes forestiers. Il s'agirait essentiellement d'arbres déclassés, sans valeur pour les forestiers car trop petits pour des futaies gérées aujourd'hui pour la production de gros bois. Rappelons que la fabrication du bateau L'Hermione a prélevé de cette façon 2000 chênes, soit le double que pour Notre-Dame, sans que cela n'ait causé le moindre souci environnemental.

La reconstruction d'une charpente en chêne permettrait de valoriser la filière forestière française qui connaît aujourd'hui des difficultés en raison de la sous-exploitation des futaies et de l'exportation massive du bois brut notamment vers la Chine. Aujourd'hui, l'emploi d'un matériau biosourcé, travaillé selon des techniques traditionnelles, serait un signe fort de notre époque dans le choix d'une gestion raisonnée et écologique de nos ressources naturelles et d'une économie verte tournée vers le savoir-faire artisanal.

Quelle charpente restituer ?

Par le passé, la reconstruction des charpentes incendiées sur les cathédrales a souvent reproduit à l'identique l'originale du XIII^e siècle par respect du monument comme sur les cathédrales de Meaux en 1498, de Rouen en 1529 puis en 1683, de Lisieux en 1559 ou au XIX^e siècle sur de nombreux édifices protégés. Certes, il existe tout autant des charpentes refaites à neuf sans tenir compte de l'originale, avec des structures simples, pragmatiques et plus économiques. Les charpentes en béton de la cathédrale de Reims faite en 1919 ou en métal de celle de Chartres, en 1836, furent réalisées selon ce principe par manque de bois de qualité, faute de futaies à proximité, et non par volonté manifeste d'innover technologiquement. Les dons exceptionnels récoltés pour Notre-Dame et le potentiel forestier actuel ne devraient plus contraindre les décideurs à de tels choix économiques. De plus, l'emploi de matériaux contemporains ne garantit ni la pérennité des structures sur le très long terme, comme a su le prouver le chêne sur huit siècles, ni la transmission des savoir-faire traditionnels des « bâtisseurs » des cathédrales. Par ailleurs, le fait d'innover et d'apposer l'empreinte de notre temps à Notre-Dame n'est plus aussi légitime que par le passé en raison du classement de l'édifice qui soumet toute restitution à la Charte de Venise. Son article 9 stipule qu'une partie détruite doit être restituée fidèlement sur le respect de la substance ancienne tant que celle-ci est documentée par des relevés précis. Or, le relevé complet de la charpente existe, même s'il reste encore à définir les rajouts ultérieurs pour restituer la structure originelle. La structure de la flèche est également connue grâce à une maquette des compagnons charpentiers. La restitution de la « forêt » gothique est donc possible mais surtout imposée par la réglementation des Monuments Historiques.

Outre le matériau et la forme, le débat doit surtout prendre en compte les techniques à utiliser.

Quelles techniques mettre en œuvre aujourd'hui ?

Si les formes des charpentes ont sans cesse évolué de siècle en siècle, les techniques de taille manuelle à la hache dites traditionnelles sont restées quant à elles identiques du Moyen Âge

jusqu'au début du XXe siècle. Ces techniques ne sont quasiment plus utilisées aujourd'hui dans les entreprises du fait de leur modernisation nécessaire et de l'amélioration des outils d'usinage numériques et des machines-outils électriques. Les entreprises des Monuments Historiques et les compagnons charpentiers n'équarrirent plus les bois à la hache et s'approvisionnent directement en scierie. La question de la survie de ce savoir-faire est donc posée puisqu'il disparaît pareillement dans tous les pays européens. Seules quelques rares entreprises artisanales pratiquent encore la taille à la doloire, cherchant à maintenir la transmission d'un savoir-faire pluriséculaire et l'essence même du métier par la maîtrise de toute la chaîne opératoire : de la sélection de l'arbre en forêt, sa taille manuelle, à sa pose. Ces techniques traditionnelles sont pourtant économiquement viables et rentables pour ces petites entreprises. La différence entre un ouvrage fait selon la tradition et les techniques industrielles est pourtant sans équivoque puisque les bois équarris à la hache sont plus solides et de meilleure tenue que ceux sciés, ils ne se déforment pas au séchage, les bois courbes peuvent être employés en respectant le fil des fibres, la consommation est moindre puisque les bois abattus correspondent précisément à la section des pièces recherchée, les pertes sont minimales, l'ouvrage est plus beau en respectant les formes naturelles du tronc et, surtout, les charpentiers y retrouvent l'amour de leur métier et le plaisir de façonner à la main leur ouvrage. On voit aujourd'hui des jeunes charpentiers quitter les entreprises pour s'installer à leur compte et retrouver le plaisir de travailler à la main, selon une approche plus écologique et sensible de leur métier.

Des bois pour des charpentes plus résistantes

Le fonctionnement mécanique d'un bois est optimisé s'il est équarri *a minima* en lui conservant son intégrité anatomique et en respectant son fil. Plus le bois perd de sa matière, par la taille ou le débitage à la scie en rompant ses fibres, plus il se déforme au séchage et perd en résistance mécanique. Les pièces équarrées sont donc plus efficaces en flexibilité ce qui est indispensable pour le fonctionnement des chevrons-formant-fermes qui réclame une relative souplesse des longs bois. Une structure flexible est résistante car elle permet d'absorber les chocs, contrairement à une charpente rigide qui devient cassante. Les scans des fermes de Notre-Dame ont montré justement leur capacité à se déformer sans que leurs bois ne se soient brisés, notamment sous la poussée des vents dominants. Cette notion est importante pour des grandes charpentes exposées à 40 m de hauteur aux tempêtes et aux aléas climatiques des décennies à venir. Cette capacité des charpentes à absorber ces violentes poussées est de plus un gage de stabilité pour la cage de verre sous-jacente.

Une technique d'avenir

Depuis peu, des conservateurs des Monuments Historiques et des architectes réclament que les bois soient travaillés selon les techniques traditionnelles à la hache pour la restauration de charpentes anciennes comme pour l'Aître Saint-Maclou à Rouen mais peu d'entreprises peuvent encore y répondre. Elles ont besoin de formation pour réapprendre ce savoir-faire, ce qui est justement proposé par le projet de loi du gouvernement pour la restauration de Notre-Dame.

Un chantier-école de ce type sur le parvis de Notre-Dame, avec des dizaines de charpentiers équarriant à la hache des grumes et taillant les bois manuellement selon les règles ancestrales du métier, permettrait aux entreprises de renouer le lien avec ce savoir-faire pluriséculaire, dans l'esprit et la continuité des chantiers des cathédrales. Un tel chantier serait sans nul doute spectaculaire et très émouvant auprès du grand public car il témoignerait du respect de notre époque pour un patrimoine gestuel et technique qui se doit d'être préservé en France comme élément de notre identité culturelle et encore plus sur l'un des monuments les plus chers à la nation.

Le véritable défi technologique que représente la reconstruction de la charpente de Notre-Dame n'est pas de faire une structure high-tech en matériau contemporain, ce que nous savons très bien faire sur des gares ou des aéroports, mais bien de pouvoir encore aujourd'hui réaliser une charpente en chêne dans le respect des savoir-faire traditionnels.

Ce choix serait d'une étonnante modernité car il permettrait à un corps de métier de se réapproprier des techniques respectueuses du monument, des hommes et du bois, par l'emploi d'un matériau biosourcé prélevé en valorisant nos ressources forestières selon une éthique écologique, et travaillé manuellement avec une empreinte carbone quasi nulle, selon des préoccupations somme toute très ancrées dans le XXI^e siècle.



Réalisation en entreprise d'une charpente en bois équarris (entreprise Plagnol, Eure), 2021 ((© F. EPAUD).

Bibliographie :

- Chevrier V., *La charpente de la cathédrale Notre-Dame de Paris à travers la dendrochronologie*, mémoire de DEA, Université de Paris-Sorbonne, Paris IV, 1995.
- C.R.M.H., *Charpentes XIII^e siècle*, vol. 2, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris, 1982.
- Deneux H., 1927, " L'évolution des charpentes du XI^e au XVIII^e siècle " dans *L'Architecte*, p. 49-53, 57-60, 65-68, 73-75 et 81-89.
- Epaud F. (A paraître 2019) « Les forêts et le bois d'œuvre au Moyen Âge dans le Bassin parisien » dans *La forêt au Moyen Âge*, Les Belles Lettres, Paris.
- Epaud F., *La charpente de la cathédrale de Bourges. De la forêt au chantier*, PUF, Coll. Perspectives historiques », Tours, 2017.

- Epaud F., *De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie*, Publications du CRAHM, Caen, 2007.
- Fromont R. et Trenteseaux, « Le relevé des charpentes médiévales de la cathédrale Notre-Dame de Paris : approches pour une nouvelle étude » dans *Monumental*, Semestriel 1, Editions du patrimoine, Paris, 2016, p. 70-77.
- Hoffsummer P. (dir.), *Les charpentes du XIe au XIXe siècle, typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine n° 62, 2002.
- Le Port M., " Evolution historique de la charpente en France " dans *Encyclopédie des métiers, La charpente et la construction en bois*, t. 1, Librairie du Compagnonnage, Paris, 1977, p. 379-610.