

ÉVALUATION DES DONNÉES PRÉLIMINAIRES À L'ANALYSE D'UNE CHARPENTE ET PRÉCAUTIONS DE MISE EN OEUVRE

FICHE D'AIDE À LA RÉDACTION DE CAHIERS DES CHARGES

FARCC / 02.01

Avertissement : Cette fiche conseil est une approche synthétique de la thématique. Elle ne peut donc, en aucun cas, être considérée comme exhaustive et doit être lue avec la prudence qui s'impose. Dans tous les cas, celle-ci doit être confrontée à la réalité de l'intervention in situ et à la philosophie de la conservation des biens archéologiques. L'AWaP ne peut être considérée comme responsable des interprétations liées à cette fiche.

MOTS CLÉS

Bois, essence, charpente, structure, densité, humidité, champignons, insectes, rigidité, flexion, cisaillement, résistance à la traction, compression, résistance, assemblage, résine époxydique, stabilité, cheville, calcul, vieillissement, rhéologie.

FARCC ASSOCIÉES

HISTORIQUE

Aujourd'hui, force est de constater qu'il n'existe pas de méthode de calcul suffisamment pointue permettant de calculer, de manière optimum et respectueuse des structures archéologiques en place, le comportement des charpentes anciennes. Toutefois, cette carence ne doit pas empêcher le praticien de tenter de s'approcher du meilleur compromis possible, par des moyens originaux et fiables, entre la conservation des éléments historiques et la nécessité, pour l'ingénieur, d'assumer sa responsabilité en terme de stabilité des structures.

DOCUMENTS TECHNIQUES ASSOCIÉS

- NBEN 1995-1-1 Novembre 2005 Eurocode 5- Conception et calcul des structures en bois- Partie 1-1 : généralités- Règles communes et règles pour les bâtiments.
- Ouvrages de charpente en bois, CCTP Février 2002- Ministère de la culture et de la communication (France) - Direction de l'architecture et du patrimoine.
- Consolidation locale de structure bois par les méthodes « à la résine » : état de l'art pour les structures du patrimoine- MAURIN Emmanuel, GALIMARD Philippe- Actes des journées techniques internationales BOIS- ICOMOS France Metz (29, 30, 31 mai 2008).
- De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie – F. Epaud – Publications CRAHM 2007.
- Charpente en bois, conception – Ph. Crubilé – Techniques de l'ingénieur – Presses polytechniques et universitaires romandes – 1984.

BREF APERÇU DES CONNAISSANCES ACTUELLES

- Diverses méthodes d'essais existent afin d'évaluer la qualité des bois des charpentes. Celles-ci sont soit semi-destructives (carottage, micro-tension, arrachement, résistographe, pénétromètre...) soit non-destructives (radiographie X, sonique, ultrason, thermographie,...). Il est à noter que les méthodes semi-destructives concernent, en général, des échantillons de taille relativement réduites n'occasionnant que de faibles détériorations. Les analyses seront faites par des personnes expérimentées ayant l'habitude de travailler sur les charpentes anciennes en utilisant, idéalement, plusieurs méthodes croisées.

- Le taux d'humidité hygroscopique (ou teneur en eau « w ») considéré comme étant normal dans le bois varie de 5 à 18%. Au-delà de 18%, pour un bois dépourvu d'aubier, on estime que le risque d'apparition de pathologies liées à l'attaque de champignons et/ou d'insectes à larves xylophages doit être pris en compte et traité.

- Le bois est un matériau hygroscopique ce qui signifie que, comme une éponge, sa teneur en eau « w » varie en fonction de l'humidité relative et de la T° de l'air ambiant par accrochage de molécules d'eau sur les sites hydroxyles de la cellulose. Ces variations (notamment liées aux changements de saison) engendrent, en deçà du point de saturation des fibres (28<w<30%) des modifications dimensionnelles, essentiellement tangentielles voire radiales, proportionnelles à la densité du bois. Donc, plus un bois est dense (chêne, charme) plus il subit de retrait. Contrairement à l'idée répandue, les bois de charpente anciens n'étaient pas forcément secs lors de leur utilisation. Plusieurs études ont montré qu'au contraire le bois était souvent frais lors de sa mise en œuvre. A noter également que plus le bois est dense (chêne, charme) plus il subit le retrait.

- On considère qu'une épaisseur de 4 cm de chêne, offre une résistance au feu de 1 heure (RF1).

- Les fentes liées au séchage du bois n'ont pas d'influences notables en termes de résistance mécanique du bois.

Données de base avant calcul :

- Le problème primordial d'un projet de restauration de structures en bois est la compréhension du comportement global de la structure, la connaissance de son état de conservation et de ses capacités portantes réelles.
- Préalablement à toute étude de stabilité, la phase de connaissance de la charpente occupe donc une place importante et comporte l'étude de son histoire, de sa géométrie et de son évolution et/ou adaptation, de son état sanitaire et des techniques constructives.
- Les données essentielles préalables au calcul doivent être identifiées et représentées au 1/20, pour l'ensemble de la charpente, la représentation des différents assemblages sera faite au 1/10. Un système de coordonnées simples et compréhensibles sera appliqué.
- La méthode de calcul sera adaptée à la structure de la charpente concernée par les travaux de restauration.
- L'ensemble des données suivantes devra être clairement établi :
 - Identification de l'essence de bois (souvent du chêne) : masse volumique et taux d'humidité;
 - Géométrie, dimensions et leurs variations des éléments constituant la charpente, positionnement et nature des assemblages, diamètre et nature des chevilles, présence d'éléments de renforts (métalliques, bois ou autres);
 - Inventaire des différentes parties ne participant pas à la stabilité de l'ensemble, soit manquantes (cavités), soit de résistance amoindrie par certains désordres (ouvertures, fractures, écrasement...), par des problèmes rhéologiques (flèche d'inflexion, ruptures, ...)
 - Inventaire des pathologies et de leurs origines (insectes, pourritures, rupture liée à une mauvaise conception initiale, incendie...) avec évaluation de la section résiduelle encore saine de la pièce de bois ;
 - Inventaire des charges appliquées à la structure (vent, neige, bâti de cloches, charges liées à la nouvelle affectation, ...) et identification des endroits où les contraintes sont les plus importantes.

Précautions avant mise en œuvre :

- La ventilation de la charpente est fondamentale pour assurer sa conservation. Lors d'un aménagement contemporain des combles, une attention particulière sera apportée sur les modifications du climat liées à la nouvelle affectation. Dans tous les cas il faudra éviter d'emballer les éléments de la structure.
- Lors du remplacement d'un élément encastré dans la maçonnerie, on veillera à ce que l'appui soit séparé de celle-ci par une membrane étanche. Les surfaces latérales seront « emballées » à l'aide d'ardoises naturelles ou, si possible, on laissera un interstice de 2 à 3 mm entre la maçonnerie et la pièce de bois afin de permettre la meilleure ventilation possible et d'éviter un contact franc avec l'humidité potentiellement absorbée par les maçonneries.
- Dans le cas du remplacement complet d'une sablière, celle-ci sera séparée de son support soit par une membrane étanche soit via un calage, qui offre une répartition uniforme des charges, réalisé à l'aide de matériau réputé imputrescible (p.ex. : Azobé,...) permettant une ventilation en sous face.
- Avant toute intervention de restauration, les pièces altérées en place devront être complètement purgées (bûchées) jusqu'au bois sain. Dans le cas d'une détérioration liée à l'attaque par des insectes à larves xylophages, la purge se fera jusqu'à la disparition complète des galeries de celles-ci.
- Les nouvelles pièces de bois qui seront stockées sur chantier le seront dans des conditions idéales de conservation, à l'abri des intempéries et dans une ambiance parfaitement ventilée.
- Pour une utilisation en « condition extérieure » et afin d'éviter des modifications dimensionnelles trop importantes, le bois aura, dans des conditions idéales, un taux d'humidité hygroscopique variant de 15 à 16 %. Dans tous les cas, le taux d'humidité hygroscopique de la nouvelle pièce de bois doit être le plus proche possible des pièces en place.
- Les nœuds non adhérents, dont le \emptyset est \geq au $\frac{1}{4}$ de la surface de la hauteur de la pièce concernée et positionnés sur le côté de celle-ci, seront refusés. D'autres défauts tels que la présence d'aubier, double aubier, fentes et/ou fractures d'abatage, nœuds vicieux, flaches, piqures, vermoulures, galeries d'insectes à larves xylophages, pourritures blanches, brunes ou rouges, gerçures rayonnantes, entraîneront le refus systématique des pièces.
- Les assemblages seront réalisés « bois sur bois ». Les éléments seront parfaitement ajustés, sans jeu. Les entailles pratiquées lors de la réalisation de celles-ci ne seront jamais inférieures au $\frac{1}{3}$ de la section de la pièce concernée.