



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



NOTE MÉTHODOLOGIQUE



CLÉS POUR AGIR 🔑

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi d'éléments de charpentes en bois

Ce document est édité par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Rédacteur :

Edouard SORIN - Référent pilote rédacteur - CSTB

Relecteurs et appuis techniques :

Mathieu FAILLE - Référent Technique - Qualiconsult
Manuel MANTHEY - CSTB

Contributions :

Ce document a été relu par les partenaires du projet (*Mobius*, *Qualiconsult* et *Booster du Réemploi/A4MT*), par divers acteurs et actrices du secteur bâtiment, ainsi que par divers experts du CSTB. Leurs noms et fonctions sont mentionnés ci-dessous.

Cécilia DARCOT - Chargée de projet - *Booster du Réemploi / A4MT*, **Andréa HADDAD** - Chargée de projet R&D - *MOBIUS*, **Thomas LESAGE** - Directeur Recherche et Développement - *MOBIUS*.

Ronan BEZIERS LA FOSSE - Directeur technique adjoint - *BTP Consultants*, **François BRILLARD** - Responsable Pôle National Bois et Matériaux biosourcés - *ALPES Contrôles*, **Pierre BOURDIER** - Responsable R&D - *EOCEngineers*, **Florence DE MENGIN FONDAGRON** - Responsable R&D - *Valdélia*, **Thomas GARNESSON** - Chef de projet - *Nobatek INEF4*, **Olivier HIRIGOYEN** - Coordinateur de projets - *PATXA'MA*, **Ambré LE FERREC** - Responsable Innovation et R&D - *Ecomaison*, **Mothanna SALAMA** - Expert BTP - *Groupe MMA*, **Anaïs TERBECHE** - Environment & Building Project Manager - *SEDDR*.

Crédits photo : Alber&co, CSTB, Shutterstock.

Design : Adrenaline.fr

ISBN : 979-10-297-2374-2 **EAN :** 9791029723742

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, mars 2024

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par rephotographie.

PRÉAMBULE

Le présent document est destiné principalement aux acteurs désireux de créer une activité de réemploi. Il s'appuie sur le contexte réglementaire et normatif, identifie les performances à respecter, et met en lumière les points de vigilance à observer pour les étapes de diagnostic, dépôse soignée, transport, stockage, caractérisation et reconditionnement. Toutes les informations récoltées, notamment auprès des acteurs de la filière, et qui ont été jugées utiles, sont mises à disposition du porteur de projet.

Néanmoins, cet ensemble d'informations constitue une base de travail sur la pratique du réemploi. Elle doit pouvoir disposer d'un maximum d'atouts pour le développement de la filière dans son spectre technique et expérimental. Les orientations présentées dans cette note méthodologique participent à l'atteinte de ces objectifs.

Ce document représente le fruit d'un travail à date, et ne constitue pas un référentiel technique de type Document Technique Unifié (DTU), Règles Professionnelles ou Recommandations Professionnelles. Il est nécessaire qu'il bénéficie des retours d'expérience des futurs acteurs. Il devra être amendé par les savoir-faire en développement, mis à jour dans son application et complété par d'autres écrits.



SOMMAIRE

01

OBJET DE LA NOTE MÉTHODOLOGIQUE

1.1. Domaine d'application du document	06
1.2. Textes de référence	08
1.3. Définitions	10

02

DIAGNOSTIC DANS L'OUVRAGE EXISTANT

2.1. Introduction	13
2.2. Diagnostic relatif au bâtiment	14
2.3. Diagnostic relatif à la charpente	14
2.3.1. Étude visuelle de l'état général de la charpente	16
2.3.2. Recherche documentaire	16
2.3.3. Caractérisation visuelle in-situ	17
2.3.4. Observation in-situ des désordres et pathologies	20

03

PRÉCONISATION DE DÉPOSE / STOCKAGE / TRANSPORT / TRAÇABILITÉ

23

04

PERFORMANCES ET MODES DE PREUVE

4.1. Performances réglementaires et liées à la sécurité	27
4.1.1. Thermique	27
4.1.2. Qualité de l'air intérieur	28
4.1.3. Qualité environnementale et sanitaire des produits de construction	28
4.1.1. Acoustique	28
4.1.5. Performances liées à la sécurité des personnes	28
4.1.5.1. Performances liées à la sécurité des personnes	28
4.1.5.2. Incendie - Résistance au feu	29
4.1.5.3. Sismique	29
4.2. Performances liées à l'aptitude à l'emploi, et autres performances	29
4.2.1. Résistance mécanique	29
4.2.2. Durabilité contre les attaques biologiques	29
4.3. Modes de preuve et échantillonnages	30
4.3.1. Création de lots (« Lotification »)	30
4.3.2. Échantillonnage	30
4.3.3. Requalification pour mise en oeuvre comme le neuf	30

05

**PERSPECTIVES POUR FACILITER LA REQUALIFICATION
DES ÉLÉMENTS DE CHARPENTES EN BOIS**

34

06

**DIMENSIONNEMENT ET POSE DES CHARPENTES
RÉEMPLOYÉES**

36

07

BIBLIOGRAPHIE : POUR ALLER PLUS LOIN

37



01

OBJET DE LA NOTE MÉTHODOLOGIQUE

Dans le cas spécifique de la note méthodologique sur le réemploi des éléments de charpentes en bois il est important d'ajouter les précisions suivantes en introduction.

Cette note a pour ambition de lister les principaux verrous scientifiques et techniques qui devront être levés pour permettre de faciliter et massifier le réemploi d'éléments de charpente en bois. Le processus de requalification proposé dans cette note part du postulat que les éléments réemployés seront mis en œuvre dans les mêmes conditions que des éléments neufs et doivent donc offrir des caractéristiques et performances identiques. Lorsque les éléments réemployés sont remis en œuvre en considérant, dès la conception, que les caractéristiques qu'ils offrent sont différentes de celles d'éléments neufs, il n'est pas nécessaire de considérer l'intégralité de cette proposition de requalification. Il faudra alors prendre des précautions importantes dans le dimensionnement. Ce dernier cas ne rentre pas dans le domaine d'application de la présente note.

1.1. DOMAINE D'APPLICATION DU DOCUMENT

L'objectif est de proposer une méthodologie :



DE DIAGNOSTIC COMPLET

de la ressource sur le bâtiment existant, du domaine d'emploi initial.



DE VÉRIFICATION DES PERFORMANCES

in situ lorsque applicable, ou après dépose.

pour les éléments de charpentes en bois, émanant d'un ouvrage existant en perspective d'un réemploi.

Le domaine d'emploi envisagé concerne les éléments de charpentes en bois telles que définies par le **NF DTU 31.1** à l'exclusion des plafondages et support de lame de plafondages. La méthodologie de requalification proposée dans cette note ne concerne que les éléments en bois destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 à 2 au sens de la norme NF EN 335. Ils proviennent d'ouvrages soumis également à l'une de ces classes.

Le présent document s'applique en France métropolitaine aux essences de bois visées par les normes NF B 52-001 et NF EN 14080.

Cette note vise le bois massif sain et en bon état, dans un réemploi identique à l'emploi initial ou moins sollicité mécaniquement.

Le bois lamellé-collé est exclu de cette note car l'état des connaissances actuelles ne permet pas d'établir un protocole de requalification répondant aux exigences réglementaires. Des notes ou indications sont toutefois données dans le corps de la note pour préciser les verrous scientifiques et techniques supplémentaires à lever pour le bois lamellé-collé.

Cette note ne vise pas la requalification des pièces de bois ayant subi des pathologies (décrisées dans la [partie 2.3.4](#)).

Cette note traite du bois massif, les autres matériaux dérivés du bois ne sont pas visés par le présent document.

La partie diagnostic de cette note est complémentaire aux diagnostics/repérages réglementaires, et à d'autres diagnostics volontaires réalisés sur l'ouvrage.

Une charpente en bois peut être constituée de différents éléments, les principaux sont les suivants :

LE CHEVRON

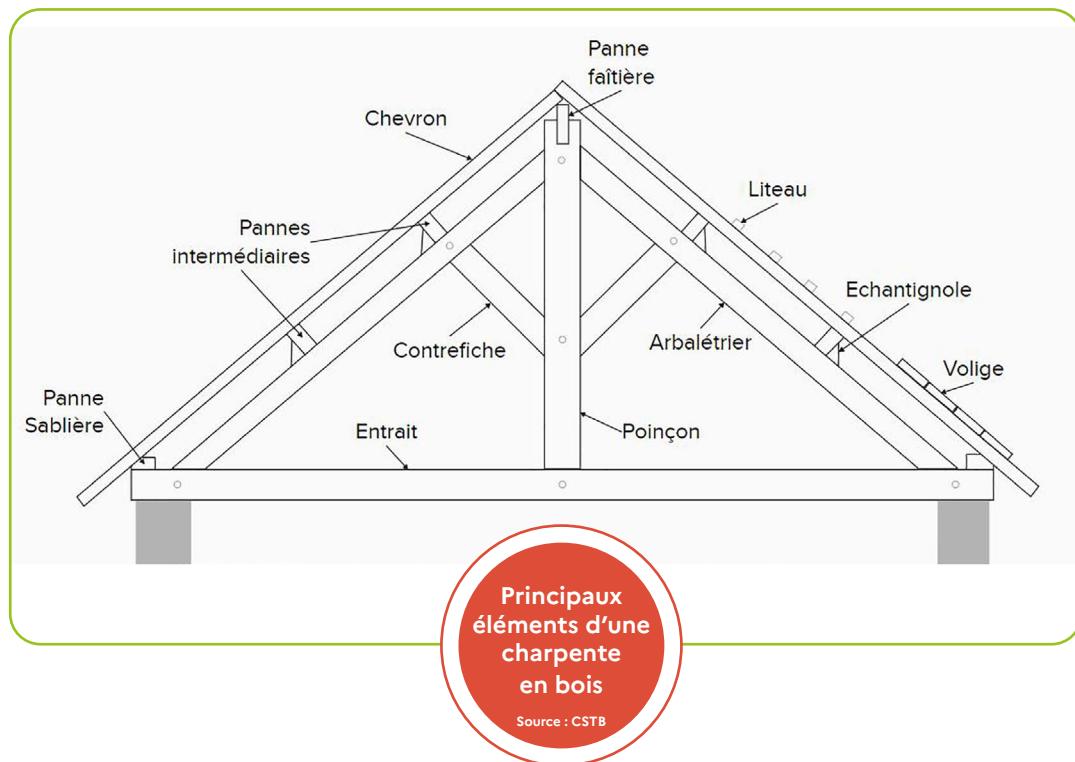
LA FERME DE TOIT

Elle peut être constituée de différents éléments, les principaux sont :

- L'arbalétrier ;
- Le poinçon ;
- La contre-fiche ;
- L'entrait ;
- La jambe de force ;
- L'aisselier ou lien de faîtage ;
- Le faîtage.

LES PANNES DE CHARPENTE

LA SOLIVE



Il existe de nombreuses formes et dimensions de charpentes, c'est pourquoi cette note se concentre sur l'évaluation des éléments constitutifs des charpentes afin de permettre un réemploi partiel ou complet de ceux-ci.

Les éléments provenant des ouvrages suivants, sont exclus du domaine d'application du présent document :

- Les étalements destinés à soutenir des terres afin de réaliser une dénivellation ;
- Les travaux d'ossature bois à voile travaillant ;
- Les charpentes en bois assemblées par connecteur ;
- Les planchers en bois ou en panneaux à base de bois ;
- Les escaliers en bois ;
- Les éléments de murs, de planchers et de toitures préfabriqués comportant un ou plusieurs voiles travaillants ;
- Les éléments comportant des assemblages collés (tiges collées, entures de grande dimension...) ;
- Les fermes industrialisées utilisant des connecteurs à plaque métallique emboutie y compris l'ensemble des éléments et fournitures associés permettant la construction de la charpente de type fermette ;
- Les charpentes très spécifiques réalisées à partir de bois de nature difficilement identifiable (essence mal définie, bois de récupération, troncs d'arbres bruts utilisés directement dans l'ouvrage).

Le réemploi des pièces de bois ayant subi une pollution quelle qu'elle soit (amiante, plomb, substance toxique...) n'est pas couvert par le présent document.

1.2. TEXTES DE RÉFÉRENCE

Ce document porte uniquement sur le réemploi d'éléments de charpente existantes en bois mis en œuvre selon les dispositions précisées dans le **NF DTU 31.1** pour le domaine d'emploi de la présente note (cf. § 1.1). Le présent document s'appuie sur les textes normatifs suivants :

NORMES PRODUITS

NF EN 338

Juillet 2016 - Bois de structure - Classes de résistance.

NF EN 335

Mai 2013 - Durabilité du bois et des matériaux à base de bois - Classes d'emploi : définitions, application au bois massif et aux matériaux à base de bois.

NF EN 1912

Juin 2012 - Bois de structure - Classes de résistance - Affectation des classes visuelles et des essences.

NF EN 13501-1

Décembre 2018 - Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu.

NF EN 13823

Juillet 2022 - Essais de réaction au feu des produits de construction - Produits de construction à l'exclusion des revêtements de sol exposés à une sollicitation thermique provoquée par un objet isolé en feu.

NORMES PRODUITS (SUITE)

FD P 20-651

Juin 2011 - Durabilité des éléments et ouvrages en bois.

NF P 21-400

Avril 2012 - Classes de résistance et contraintes admissibles associées.

NF EN 14080

Août 2013 - Structures en bois- Bois lamellé collé et bois massif reconstitué.

NF EN 14081-1

Août 2019 - Structures en bois - Bois de structure à section rectangulaire classé pour sa résistance - Partie 1 : Exigences générales.

NF B 52-001-1

Règles d'utilisation du bois dans la construction - Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés résineux et feuillus - Partie 1 : Bois massif.

NORMES DE MISE EN ŒUVRE

NF DTU 31.1 P1-1

Travaux de bâtiment - Charpente en bois - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types.

NF DTU 31.1 P1-2

Travaux de bâtiment - Charpente en bois - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.

NF EN 1995-1-1

Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments.

NF EN 1990

Eurocode 0 - Bases de calcul de structures.

NORMES D'ESSAIS

NF EN 384+A2

Bois de structure-Détermination des valeurs caractéristiques des propriétés mécaniques et de la masse volumique.

NF EN 1365-2

Décembre 2014 - Essais de résistance au feu des éléments porteurs - Partie 2 : planchers et toitures.

NF EN 1365-3

Juin 2000 - Essais de résistance au feu des éléments porteurs - Partie 3 : poutres.

NF EN 13381-1

Juillet 2020 - Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la résistance au feu des éléments de construction - Partie 1 : membranes de protection horizontales.

NORMES D'ESSAIS (SUITE)

NF EN 13381-2

Octobre 2014 - Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la résistance au feu des éléments de construction - Partie 2 : membranes de protection verticales.

NF EN 13381-7

Juin 2019 - Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la résistance au feu des éléments de construction - Partie 7 : protection appliquée aux éléments en bois.

NF EN 13556

Décembre 2003 - Bois ronds et bois sciés - Nomenclature des bois utilisés en Europe.

NF EN 350

Octobre 2016 - Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Méthodes d'essai et de classification de la durabilité vis-à-vis des agents biologiques du bois et des matériaux dérivés du bois.

NF EN 408+A1

Septembre 2012 - Structures en bois - Bois de structure et bois lamellé-collé - Détermination de certaines propriétés physiques et mécaniques.

NF EN 14081-2

Juin 2022 - Structures en bois - Bois de structure à section rectangulaire classé pour sa résistance - Partie 2 : classement mécanique par machine ; exigences supplémentaires concernant les essais de type.

1.3. DÉFINITIONS

ANCRAGE

Élément assurant la fixation de la charpente à la maçonnerie : équerre, étrier...

ARBALÉTRIER

Pièce oblique portant l'un des deux versants du toit. L'arbalétrier s'assemble à la base avec l'entrait, au sommet avec le poinçon.

ASSEMBLAGE BOIS

Connexion des éléments entre eux par usinage de formes compatibles (tenon/mortaise, mi-bois, embrèvement, queue d'aronde, ...).

ASSEMBLAGE PAR ORGANE MÉTALLIQUE

Connexion des éléments entre eux ou ancrage sur support par organes métalliques de type tige (boulon, broche, vis, tire-fond, clou, ...) avec ou sans interposition d'assemblage volumiques ou surfaciques (plaques, sabots, étriers, équerres, ...).

ATTAQUES FONGIQUES

Attaques de champignons lignicoles se traduisant par des dégâts esthétiques (bleuissement, grisément) et lignivores se traduisant par des dégâts structurels.

CHARPENTE

Structure composée d'un assemblage de pièces conçue pour supporter des charges et assurer un degré suffisant de rigidité.

CHEVRON

Pièce de bois de section plutôt carrée posée dans le sens du rampant sur laquelle on fixe des liteaux qui soutiennent la couverture.

CLASSE DE RÉSISTANCE

Résultat du classement d'un bois de structure fondé sur des valeurs particulières de ses propriétés mécaniques et de sa masse volumique selon la définition de la NF EN 338.

CLASSE DE SERVICE

Le système de classes de service a pour objectif principal d'affecter les valeurs de résistance et de calculer les déformations sous des conditions d'environnement définies dans la norme NF EN 1995-1-1.

CLASSE D'EMPLOI

Les propriétés physiologiques d'un élément en bois dépendent de son exposition à l'humidité ainsi que de la fréquence de cette exposition. La norme NF EN 335 définit 5 classes d'emploi suivant les risques biologiques auxquels le bois est soumis.

DÉLIGNAGE

Action de débiter le bois dans le sens parallèle au fil du bois.

DURÉE DE SERVICE

Période pendant laquelle un produit de construction est en œuvre dans un bâtiment.

ENTRAIT

Poutre horizontale reliant les arbalétriers, généralement à leur base, dont elle maintient l'écartement.

ESSENCE DE BOIS

Appellation commerciale conformément à l'EN 13556 qui peut parfois englober plusieurs espèces botaniques d'arbres.

FAÎTE OU FAÎTAGE

Arête supérieure d'un comble.

FERME

Assemblage de pièces (deux arbalétriers, diagonales et généralement un entrait, parfois un poinçon) de forme généralement triangulaire. Une ferme est destinée à porter le faîtage, les pannes, les chevrons et les plafonds d'un comble.

FLAMBEMENT

Instabilité d'une pièce comprimée sous l'effet de la compression.

FLÈCHE

Déformation transversale d'une pièce sous l'action d'une charge.

FLUAGE

Augmentation irréversible de la déformation initiale instantanée d'un matériau sous une sollicitation constante de longue durée.

HUMIDITÉ RELATIVE

Mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir à une température et pression donnée.



INSECTES XYLOPHAGES

Insectes se nourrissant de bois. Les attaques d'insectes et larves xylophages peuvent se traduire par des dégâts structurels graves.

LITEAU

Bois de petite section supportant une couverture en petits éléments (tuiles ardoises...).

MASSE ANHYDRE DU BOIS

Masse du bois ne contenant plus d'humidité.

NOEUD

Singularité du bois dû à l'emplacement d'une branche. Intervient dans la classification des bois.

PANNE

Pièce de bois horizontale qui sert à soutenir les chevrons.

POINÇON

Pièce verticale d'une ferme reliant l'entrait au faîtement.

RÉSISTANCE CARACTÉRISTIQUE

Valeur d'une propriété de matériau qui est définie comme un fractile de la distribution cumulée de cette propriété. Pour toutes les propriétés de résistance ce fractile est la valeur inférieure à 5 % d'exclusion.

RIVE

Petit côté d'une pièce de bois.

SOLIVE

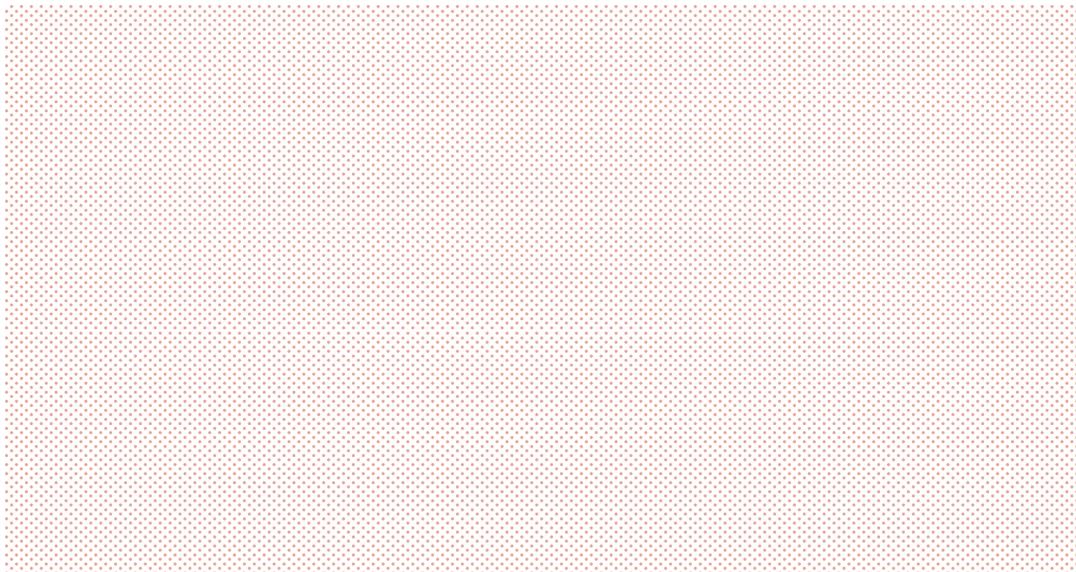
Pièce de bois recevant les planches du plancher et supportant les lattes du plafond.

TAUX D'HUMIDITÉ OU TENEUR EN HUMIDITÉ

Pourcentage de la masse d'eau contenue dans le bois par rapport à sa masse anhydre.

TRONÇONNAGE

Action de débiter le bois dans le sens perpendiculaire au fil du bois.



02

DIAGNOSTIC DANS L'OUVRAGE EXISTANT



Si les éléments à réemployer sont déjà déposés il est tout de même recommandé de suivre les instructions de la partie diagnostic. Ceci permettra d'identifier les informations essentielles pour réaliser la requalification.

2.1. INTRODUCTION

Dans une démarche d'évaluation en vue d'un réemploi, l'étape de diagnostic est primordiale. Elle permet de définir le périmètre de l'étude, de préanalyser le potentiel de réemploi et d'établir les essais nécessaires à la justification des performances.

Le diagnostic proposé ici ne correspond pas à un diagnostic PEMD (Produits-Equipements-Matériaux-Déchets), et va plus loin que la mission confiée au diagnostiqueur PEMD. La partie diagnostic ici présentée contribue à la qualification du PEM (Produit-Equipement-Matériau), à la vérification de ses performances et à leur reconnaissance.

Le diagnostic du produit dans l'ouvrage existant dépend :



DE PARAMÈTRES INTRINSÈQUES À CHAQUE ÉLÉMENT DE CHARPENTE

Par exemple sa durée de vie en œuvre ou ses performances originelles.

DE PARAMÈTRES INTRINSÈQUES AUX LIAISONS DES ÉLÉMENTS DE LA CHARPENTE ENTRE EUX

Utilisation de vis, de boulons, de clous.



DE LA LIAISON DE LA CHARPENTE AVEC LES AUTRES PRODUITS

En particulier, les modes de liaisons aux autres produits constitutifs du bâti vont impacter les conditions de dépôt et les performances.

DE L'OUVRAGE DANS LEQUEL IL EST SITUÉ

Suivant le type d'ouvrage et sa localisation dans l'ouvrage, l'élément de charpente peut avoir fait face à différentes sollicitations mécaniques récurrentes lors de son « emploi initial » qui peuvent avoir un impact sur ses performances.

Deux éléments identiques, de même âge, peuvent avoir vécu différemment dans un même bâtiment. Il convient donc d'être vigilant lors de la définition des lots à diagnostiquer.

La suite de ce paragraphe propose les points clés d'un diagnostic de charpente en bois traditionnelle.

Afin de réaliser un constat exhaustif, un repérage est nécessaire dans chaque sous partie de la charpente et de la toiture, et particulièrement dans chaque lieu présentant des usages ou conditions spéciales, susceptibles d'altérer la qualité des éléments de charpente (exposition forte à l'humidité, exposition forte à la lumière, concentration d'effort, incidence de la température). Ces informations sont détaillées dans les sections suivantes de ce document.

Les éléments devront être marqués sur site de façon à pouvoir les trier par lots une fois la charpente déposée.

2.2. DIAGNOSTIC RELATIF AU BÂTIMENT

La connaissance du bâtiment d'origine, de sa localisation géographique, de son usage et son historique, ainsi que des différents diagnostics existants (amiante, plomb, termites...) et la documentation existante (DOE, fiches techniques...) permettront d'éclairer le diagnostic de la charpente dans son domaine d'emploi initial. Les thématiques suivantes doivent à minima faire l'objet d'une reconnaissance préalable :

- Adresse du bâtiment ;
- Date d'obtention du permis de construire ;
- Année de mise en œuvre ;
- Usage et historique (évolution du bâtiment, réparations éventuelles) ;
- Diagnostics sanitaires disponibles (ex : diagnostics amiante et plomb, termites, etc.) ;
- Informations relatives à l'entretien (réfection de toiture, réparation de dégâts des eaux, etc.) ;
- Autres informations disponibles (DOE, fiche technique, etc.).

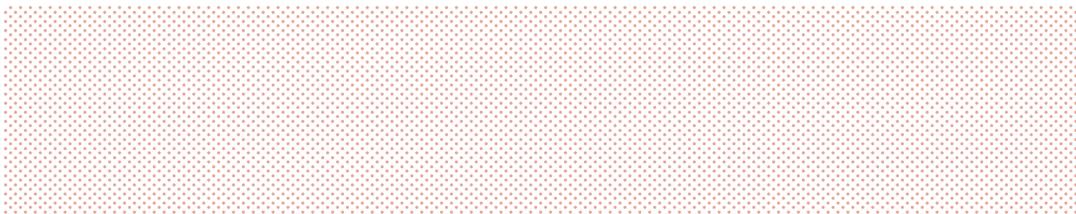
Il est nécessaire d'indiquer les zones polluées par des substances dangereuses comme l'amiante ou le plomb par exemple. Les pièces concernées par une éventuelle pollution devront être repérées et marquées afin que les mesures adéquates soient réalisées.



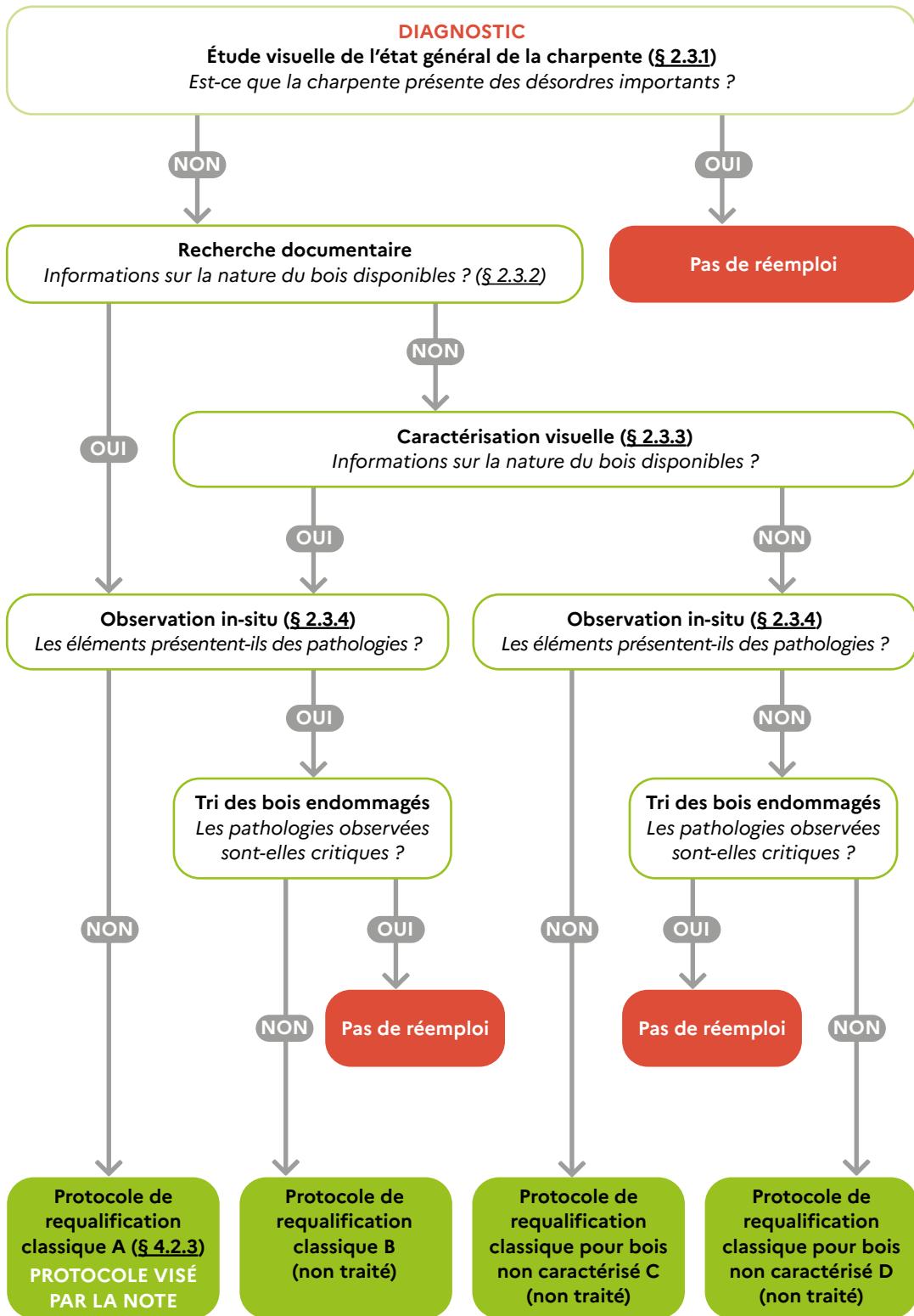
Conformément à la réglementation en vigueur, il appartient au Maître d'Ouvrage de produire les informations et les documents relatifs à la présence d'amiante pour chacune des zones concernées.

2.3. DIAGNOSTIC RELATIF À LA CHARPENTE

Le logigramme suivant synthétise l'approche du diagnostic de charpente bois en vue d'un réemploi. Dans la présente note, seule la requalification des bois indemnes et caractérisés est traitée. En outre, pour suivre ce logigramme, le diagnostic doit être réalisé in-situ, dans la configuration d'origine et avant toute dépose d'élément.



LOGIGRAMME DE RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC DE CHARPENTE EN BOIS



2.3.1. ÉTUDE VISUELLE DE L'ÉTAT GÉNÉRAL DE LA CHARPENTE



OBJECTIF

Déterminer si la charpente étudiée présente un potentiel de réemploi même partiel.

Cette partie ne consiste pas en une étude approfondie. L'objectif est d'identifier les potentiels désordres et pathologies que pourrait présenter la charpente, afin d'évaluer un potentiel de réemploi même partiel. L'objectif n'est pas ici d'identifier précisément les éléments de charpente ou les zones à surveiller.

Il convient lors de cette étude visuelle d'observer les éléments suivants :

- Endommagement visible de la charpente (incendie, infiltration d'eau importante, déformation anormale, etc ..) ;
- Potentiel de démontabilité ;
- Estimation du pourcentage d'éléments réemployable ;
- Présence de pollution chimique (ex : ancien bâtiment industriel).

Cette étude visuelle permet de déterminer s'il convient de continuer le diagnostic dans un objectif de réemploi, et dans le cas d'un potentiel de réemploi partiel, de cibler la ou les parties de la charpente qui doivent faire l'objet d'un diagnostic approfondi.

2.3.2. RECHERCHE DOCUMENTAIRE



OBJECTIF

Obtenir le plus d'informations utiles pour requalifier les éléments de charpentes à partir des documents techniques.

Lors de la construction d'un bâtiment un certain nombre de documents techniques sont produits, en particulier le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) qui doit être remis à la Maîtrise d'Ouvrage lors de la livraison du bâtiment. Ces documents compilent un grand nombre d'informations sur les produits et équipements mis en œuvre.

Pour requalifier des éléments de charpente il est essentiel de connaître un certain nombre de caractéristiques, que l'on peut séparer en deux parties. Les caractéristiques essentielles, qui sont indispensables pour la conception de bâtiments. Les caractéristiques spécifiques, qui si elles sont connues, permettent de simplifier la requalification.

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES

- Essence de bois ;
- Classe de résistance mécanique selon la définition de la NF EN 338 ;
- Classe de service selon la définition de la NF EN 1995-1-1 ;
- Classe d'emploi suivant la NF EN 335 ;
- Géométrie de l'élément ;
- Âge estimé.

CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES

- Nom du fabricant ou du charpentier ;
- Date de la mise en œuvre ;

- Plan détaillé de la charpente avec ou sans les descentes de charges ;
- Les points singuliers exposés selon la définition de la section 5.10.4 du NF DTU 31.1 P1-1 ;
- Les points d'appuis pour le stockage et ou le transport et les points de prise pour la manutention, si renseignés ;
- Conditions d'exposition : préciser les éventuelles expositions à des produits chimiques, à des environnements acides, des pollutions, etc ;
- Attention particulière aux conditions d'exposition à l'eau : fuites, infiltrations, etc ;
- Présence d'éléments réparés et/ou renforcés ?
- Le bois a-t-il été traité pour la durabilité ? (À noter que la présence de produit de traitement sur les pièces de bois n'est pas toujours décelable sans analyse en laboratoire) ;
- Présence d'une finition (peinture, lasure).

S'il n'est pas possible d'obtenir les caractéristiques essentielles à travers une recherche documentaire, il est nécessaire de réaliser une caractérisation visuelle (voir logigramme). Cette caractérisation peut également être faite pour obtenir des caractéristiques spécifiques.

Dans le cas où la recherche documentaire permet d'obtenir l'ensemble des caractéristiques essentielles, il est tout de même nécessaire de réaliser une observation pour s'assurer de la cohérence des informations obtenues avec la réalité de la charpente.

Dans tous les cas, l'application du protocole de requalification décrit au § 4.2.3 du présent document est nécessaire.

2.3.3. CARACTÉRISATION VISUELLE IN-SITU



OBJECTIF

Obtenir les informations utiles pour requalifier les éléments de charpentes qui n'ont pas pu être déterminées par la recherche documentaire.

Si les caractéristiques essentielles sont obtenues par caractérisation visuelles et non pas par recherche documentaire il faut le préciser dans le diagnostic.

ESSENCE DE BOIS

L'essence de bois peut être déterminée par une étude visuelle réalisée par un expert ou en laboratoire. Attention il est possible de rencontrer plusieurs essences de bois dans une charpente, selon le type d'éléments observés.

Les différentes essences de bois utilisées en Europe sont spécifiées par l'EN 13556.

La connaissance de l'essence de bois permet de déterminer, seule ou avec des données complémentaires certaines des caractéristiques essentielles des éléments en bois :

- La classe de résistance mécanique selon la norme NF EN 1912 ;
- La durabilité naturelle et conférée selon la norme NF EN 350 et le FD P 20-651.



Lors de la détermination de l'essence de bois s'il existe un doute entre plusieurs essences, l'ensemble des possibilités devront être renseignées pour permettre de déterminer la résistance mécanique et la durabilité du bois à partir des caractéristiques les plus défavorables.



CLASSE DE RÉSISTANCE

La classe de résistance du bois peut être estimée de différentes manières :

- Visuellement selon la norme NF EN 1912 à partir des classes visuelles définies par la norme NF B 52-0011. Ce classement peut être effectué par des spécialistes des structures en bois. Les classes de résistance sont déterminées pour du bois neuf ;
- Pour les pièces de bois répondant aux prescriptions du domaine d'application, par un classement mécanique selon NF EN 14081-2 et NF EN 14081-3 ou par un classement machine selon NF EN 14081-4.

Avant la mise en œuvre des éléments de charpente réemployés dans une nouvelle charpente des vérifications supplémentaires doivent être effectuées (voir § 4.2.3). La norme NF EN 14081-1 donne les exigences visuelles pour un bois de structure classé par machine selon sa résistance, ces exigences peuvent être utilisées pour déterminer si la classe est supérieure ou inférieure à du C18, D18 ou T11.

Cas spécifique du lamellé-collé : Il n'existe pas de classification visuelle de la résistance mécanique du bois lamellé-collé (BLC).

CLASSE DE SERVICE

La classe de service du bois est définie selon la norme NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale. Pour les classes de services 1 et 2 cette définition peut suffire pour déterminer la classe de service de la charpente, il faudra dans ce cas s'assurer lors de l'observation in-situ que l'exposition réelle du bois à l'environnement correspond bien à ce qui est attendu. Le présent document ne vise que les classes de service 1 et 2.

CLASSE D'EMPLOI

La classe d'emploi du bois est définie selon la norme NF EN 335. Elle traduit le risque d'attaques biologiques suivant l'exposition du bois. Les classes d'emploi vont de 1 à 5. La classe d'emploi 1 est « à l'intérieur, au sec » et la classe d'emploi décrit un usage général 5 « immergé dans l'eau salée de manière régulière ou permanente ». La connaissance de la classe d'emploi est une connaissance importante de l'histoire de l'élément au sens où elle permet d'estimer les attaques potentielles auxquelles l'élément a pu être exposé.

CLASSE D'EMPLOI	DÉFINITION SELON LA NORME NF EN 335
1	<ul style="list-style-type: none"> • Bois utilisé à l'intérieur d'une construction, non exposé aux intempéries et à l'humidification ; • Le risque d'attaque par champignons est insignifiant et toujours accidentel ; • Le risque d'attaque par des insectes xylophages existe, la fréquence et l'importance des attaques dépend de la situation géographique.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Bois sous abri et non exposé aux intempéries, mais pouvant subir une humidification occasionnelle non persistante. Condensation possible en surface ; • Le risque d'attaque par champignons existe ; • Le risque d'attaque par des insectes xylophages existe, la fréquence et l'importance des attaques dépend de la situation géographique.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Bois au-dessus du sol exposé aux intempéries. En fonction des cas d'expositions la classe 3 peut-être divisée en sous-classe 3.1 et 3.2 ; • Le risque d'attaque par champignons existe ; • Le risque d'attaque par des insectes xylophages existe, la fréquence et l'importance des attaques dépend de la situation géographique.
3.1	<ul style="list-style-type: none"> • Bois exposé aux intempéries pendant de courtes périodes. L'eau ne s'accumule pas.
3.2	<ul style="list-style-type: none"> • Bois exposé aux intempéries pendant de longues périodes. L'eau peut s'accumuler.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Bois en contact direct avec le sol et/ou l'eau douce ; • Le risque d'attaque par champignons existe ; • Le risque d'attaque par des insectes xylophages existe, la fréquence et l'importance des attaques dépend de la situation géographique.
5	<ul style="list-style-type: none"> • Bois immergé dans l'eau salée de manière régulière ou permanente ; • Le risque d'attaque par des organismes invertébrés marins est important, particulièrement dans les eaux chaudes ; • Le risque d'attaque par des champignons est important et de la moisissure peut se développer en surface ; • Le risque d'attaque par des insectes xylophages existe pour les parties non immergées.

Le présent document s'applique aux bois soumis aux classes d'emploi 1 (intérieur) et 2 (sous abri).

ÂGE ESTIMÉ

Il est essentiel de connaître l'âge des éléments de charpente avant de les requalifier pour plusieurs raisons :

1 Premièrement pour connaître les réglementations et pratiques courantes en vigueur lors de la mise en œuvre et s'assurer que ces dernières ne risquent pas d'être source de désordre.





2 Pour déterminer si les produits de préservation utilisés lors de la mise en œuvre sont maintenant interdits.



3 La norme NF P 20-651 précise que la longévité des essences de bois face aux attaques fongiques dépend de la durabilité naturelle ou conférée et de la classe d'emploi. Dans le cas d'une longévité inférieure à 50 ans, et si le bois n'a pas été traité pour augmenter sa durabilité, on considère qu'il est préférable de ne pas réemployer le bois en l'état des connaissances actuelles, sauf dans le cas où l'âge estimé de l'élément, additionné à la durée en service dans le bâtiment de destination, est inférieur à la longévité prévisionnelle selon la NF P 20-651.



4 Le coefficient k_{def} de l'Eurocode 5 permet de couvrir l'effet du flUAGE du bois et de limiter l'endommagement dû à une charge permanente. L'Eurocode 0 (NF EN 1990) prévoit une durée d'utilisation de 50 ans pour le bâtiment. C'est cette durée de 50 ans qui semble être utilisée pour la détermination des coefficients de charge permanente mais aucune précision supplémentaire n'est donnée sur le coefficient k_{def} et sur une potentielle évolution de sa valeur au-delà des 50 ans. Lors de la remise en œuvre des éléments dans une nouvelle charpente il faut donc considérer l'utilisation passée (âge estimé de l'élément) et celle prévue dans le futur bâtiment pour déterminer si le coefficient k_{def} peut être appliqué en l'état ou en prenant une marge de sécurité supplémentaire.

GÉOMÉTRIE

La géométrie des éléments à réemployer est une caractéristique essentielle pour la remise en œuvre. Celle-ci doit être déterminée en prenant en compte des marges qui doivent considérer les points suivants :



1 La géométrie peut être partiellement visible lors du diagnostic, la géométrie exacte n'est donc pas connue.



2 Lors de la dépose, les éléments peuvent être en partie endommagés, il est d'ailleurs conseillé de tronçonner les pièces au niveau des assemblages pour éviter les arrachements et possible endommagement des éléments lors de la dépose. De façon générale, il est préférable de prendre des marges sur la géométrie afin d'éliminer les potentiels défauts tel que, des perçages, des fissurations liées à du retrait-gonflement empêché notamment proche des zones d'assemblage. Les pièces altérées et fissurées ne font pas partie du domaine d'application du présent document.



3 Le taux d'humidité des bois peut être différent du taux d'humidité de référence et de repos, il est donc important de faire un relevé des taux d'humidité et de considérer la géométrie en fonction de ce paramètre, bois gonflé ou rétréci.

2.3.4. OBSERVATIONS IN-SITU DES DESORDRES ET PATHOLOGIES



OBJECTIF

Déterminer si des éléments de charpente présentent des désordres ou pathologies.

Afin de limiter le nombre d'essais et de faciliter la requalification des éléments de charpente, il est nécessaire de marquer l'ensemble des éléments de la charpente et de faire correspondre ce marquage à celui du plan détaillé de la charpente. Si aucun plan de la charpente n'a pu être retrouvé il est nécessaire d'en réaliser un, même partiel, afin d'y noter les différentes observations qui pourront être faites lors du diagnostic.

Les éléments de charpentes peuvent présenter de nombreuses pathologies, le Tableau 1 recense les principales.

TABLEAU 1 : Liste des pathologies les plus courantes sur une charpente en bois

ORIGINE DE LA PATHOLOGIE OU DU DÉSORDRE	CONSTAT VISUEL
Humidité	<ul style="list-style-type: none">• Trace d'humidité ;• Tâches de couleur ;• Forte corrosion au niveau des assemblages.
Altérations biologiques	<ul style="list-style-type: none">• Attaque de champignons - Présence de pourriture.• Attaque d'insecte xylophage - Présence de trous, galeries ou vermoulures ;• Attaque de termites, détectables via un « diagnostic termes ».
Défaut d'origine mécanique	<ul style="list-style-type: none">• Fissuration ;• Fissuration au niveau des assemblages ;• Déformation anormale ;• Flambement ou déversement des éléments ;• Délamination du bois lamellé-collé.

Lors de l'observation in-situ il est important de s'assurer qu'aucune découpe après mise en œuvre des éléments n'ait été réalisée. Si c'est le cas, les éléments concernés doivent être écartés des lots destinés au réemploi et les éléments environnants devront être requalifiés spécifiquement pour s'assurer que ceux-ci ne sont pas endommagés.

Si des pathologies sont observées sur des zones de la charpente, les renseigner sur le plan détaillé et marquer les éléments concernés, ainsi que les éléments proches qui ont pu subir des désordres indirects. Ces éléments devront être mis de côté lors de la dépose de la charpente pour suivre un protocole de requalification spécifique (Voir Dessin technique) ou être directement déclassés pour être valorisés autrement que via du réemploi.

Cas du lamellé-collé : Le bois lamellé-collé est sensible au risque de fissuration. La note 1 sur les structures en bois lamellé-collé publié par la FIBC en février 2016 donne des indications sur le traitement des fissures dans le bois lamellé-collé¹.



Concernant la qualification des fentes, il existe des référentiels normatifs permettant de qualifier l'acceptabilité de celles-ci au regard de l'essence de bois considéré. Pour le bois massif : NF B 52-001 et EN 14081.

Pour le bois massif entrant dans la fabrication de bois lamellé collé BLC et de bois massif reconstitué BMR, les critères sont définis dans la norme NF B 52-001-2. Le protocole de requalification des pièces de bois endommagées n'est pas décrit dans le présent document (Voir Dessin technique).



Dans le cas d'une pollution complète ou partielle de la charpente, les éléments concernés devront être identifiés et diagnostiqués afin d'établir, quand cela est possible et souhaité, une dépollution et un reconditionnement spécifique.

¹ <https://www.glulam.org/wp-content/uploads/SNBL-Note-N%C2%B001-Fissures-fevrier-2016.pdf.pdf>



MESURE DES TAUX D'HUMIDITÉ

Il est important de réaliser des mesures du taux d'humidité des bois à différents endroits de la charpente pour s'assurer que les mesures effectuées correspondent à la classe de service attendue. Se référer à la norme NF EN 1995-1-1 et aux DTU correspondants pour les humidités attendues. Les mesures d'humidité sont à effectuer selon les préconisations de la norme EN 13183-2.

En cas d'identification de zones plus humides un nombre accru de mesures sera effectué par rapport aux zones plus sèches.



Les mesures doivent permettre de mesurer le taux d'humidité en surface et au cœur du bois. Il peut exister un important décalage entre la surface et le milieu d'un élément en bois, écart pouvant endommager le bois à long terme. Si un écart trop important, une différence de l'ordre de 10 points est constatée, il est important de le noter car un contrôle supplémentaire de l'endommagement du bois devra être réalisé.

DÉFORMATION DES ÉLÉMENTS

L'un des effets visibles d'une surcharge des éléments de charpente est la déformation anormale des éléments. La norme NF EN 1995-1-1 ainsi que l'annexe C de la NF DTU 31.1 P1-1 donnent les flèches admissibles pour les charpentes en bois. Si les valeurs observées dépassent les valeurs admissibles, l'élément doit être mis de côté pour suivre un protocole de requalification spécifique. La traçabilité de la déformation des pièces de bois, constatée in-situ, doit être assurée afin d'écartier tout risque de réemploi de pièces de bois ayant subi des dommages liés à la plastification du matériau.

Les pièces de bois qui possèdent, après dépose, des déformations supérieures aux limites fixées par les normes : NF EN 14081-1, NF EN 14081-2, NF EN 1995-1-1 et NF B 52-001 ne doivent pas être réemployées.

03

PRÉCONISATION DE DÉPOSE / STOCKAGE / TRANSPORT / TRAÇABILITÉ

MODE DE DÉPOSE

Lors de la dépose une précaution particulière sera prise pour éviter toute déformation ou torsion des éléments. Si les assemblages ne sont pas facilement démontables, il est préconisé de découper les pièces de bois à ce niveau pour éviter les arrachements.

Les éléments seront séparés en fonction des lots identifiés lors du diagnostic.

Des mesures seront prises pour éviter tout choc ou chute d'élément lors du démontage. Les éléments ayant subi un choc ou une chute devront être écartés du gisement destiné au réemploi.



Le retrait par pince à grappin est proscrit car cette technique peut causer des dommages et des déformations irréversibles.

STOCKAGE

Les éléments sont stockés sur le chant ou à plat et doivent être protégés des intempéries. La protection doit permettre la ventilation des éléments en bois. Les éléments sont placés sur des supports transversaux en bois propres et suffisamment épais pour assurer une bonne ventilation. Une attention particulière doit être accordée à la planéité des éléments en cas de stockage à long terme.

L'environnement de la zone de stockage, humidité relative et température de l'air, doit être proche de la classe de service de destination des bois réemployés ou dans une zone à humidité contrôlée. Dans tous les cas, les pièces de bois ne doivent pas être exposées à des conditions plus contraignantes que la classe d'emploi 1 ou 2 selon NF EN 335.



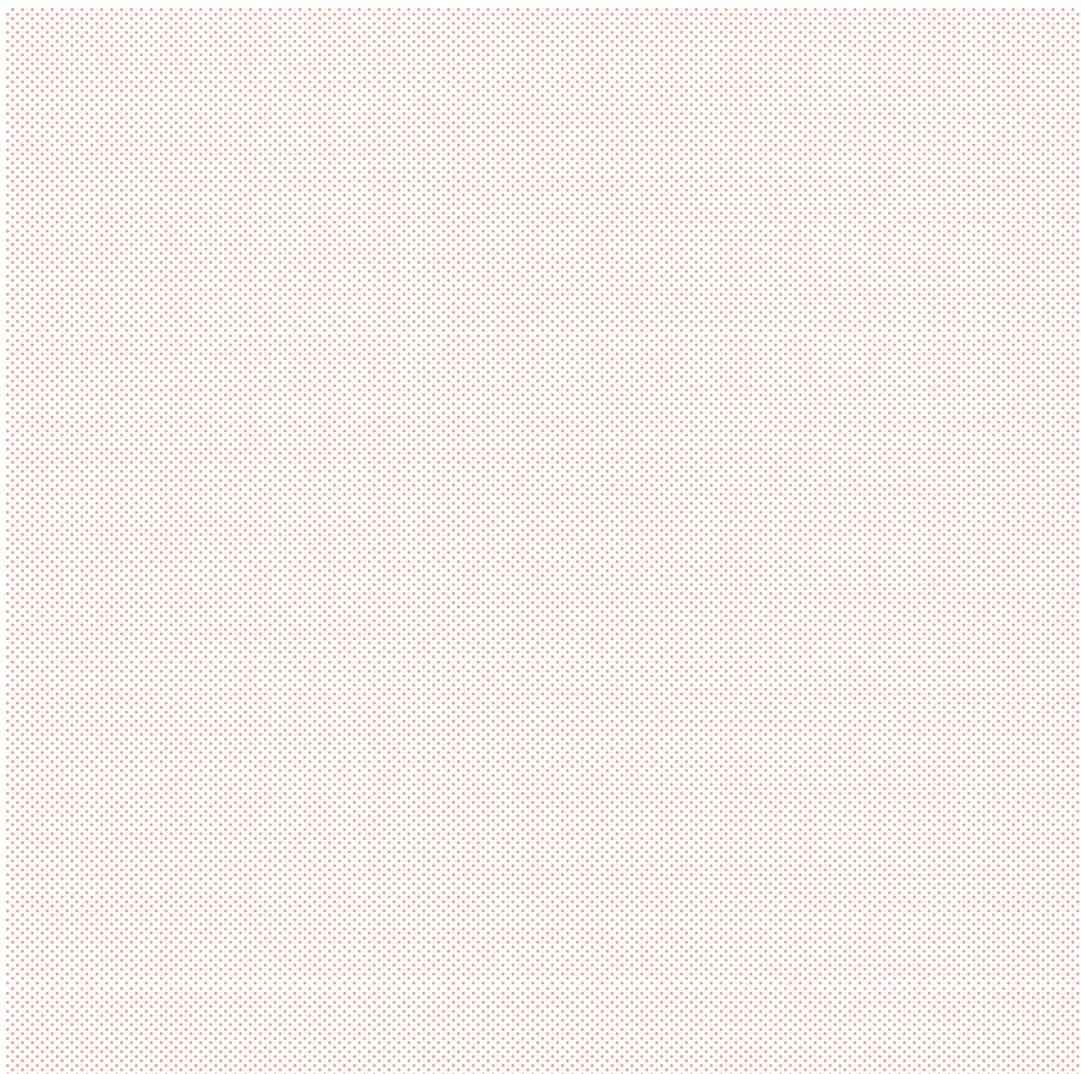


Les variations d'humidité en surface peuvent différer considérablement de celles au cœur du bois, entraînant ainsi des problèmes lors de la pose. Afin d'éviter ces complications, il est recommandé de stocker le bois dans un endroit à humidité contrôlée, ou dans des conditions similaires à celles du lieu de destination. Cela permet au bois d'atteindre un équilibre hygroscopique sur toute son épaisseur avant la pose, prévenant ainsi d'éventuels désordres.

TRAÇABILITÉ/MARQUAGE

Afin de faciliter la requalification des éléments de charpente, il est nécessaire de marquer l'ensemble des éléments de la charpente et de faire correspondre ce marquage à celui du plan détaillé de la charpente. Ce marquage permet d'obtenir la traçabilité nécessaire au suivi de l'ensemble des informations et à la qualification réalisée.

Ce marquage permet également de connaître les sollicitations d'origine de la pièce en fonction de sa position dans l'ouvrage et, le cas échéant, de retrouver la pièce en cas d'anomalie décelée lors des analyses.



04

PERFORMANCES ET MODES DE PREUVE

Cette partie propose une méthode de caractérisation des performances en vue d'un réemploi. La première étape consiste à identifier les performances à évaluer, requises pour **le nouveau domaine d'emploi visé, quand celui-ci est connu**.

Une fois que les performances à justifier ont été identifiées, il s'agit ensuite d'apporter une justification pour chacune d'elle.

En fonction des caractéristiques des éléments de charpente et du type de performance(s) à justifier, cette justification prend différentes formes. Les trois étapes présentées ci-dessous sont complémentaires et doivent toutes être réalisées :

1

SUR LA BASE DE CONNAISSANCES HISTORIQUES

Fiches techniques initiales du fabricant décrivant les performances annoncées, certificat avec classement d'usage, notice de pose, notice d'entretien, Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE), rapport d'essais initiaux, Avis Technique ou Appréciation Technique d'Expérimentation d'époque, etc.

Dans ce cas, une attention particulière doit être apportée sur les points suivants :

- Il doit être vérifié que les produits mis en œuvre correspondent bien aux produits visés par les documents (via les marquages des produits, d'éventuelles photographies des conditionnements lors de la mise en œuvre, etc.) ;
- Les caractéristiques initiales sur les documentations sont des caractéristiques initiales qui peuvent être modifiées pendant la vie en œuvre ou lors de travaux de rénovation. Pour la classe de résistance attribuée, la potentielle évolution de la géométrie, l'évolution de l'humidité ou la présence de pathologie, des essais et analyses complémentaires à la recherche documentaire doivent être effectués ;
- Pour assurer que les caractéristiques ne sont pas dégradées entre la phase de diagnostic *in situ* et le reconditionnement il peut être nécessaire de réaliser des contrôles à différentes étapes. Comme l'humidité par exemple qui doit être contrôlée dans l'ouvrage existant et lors de la requalification.

2

SUR LA BASE DE CONTRÔLES IN SITU OU LORS DU TRI

Ces contrôles peuvent être réalisés au stade du diagnostic ou à certaines étapes clés (notamment après dépôt ou après reconditionnement). Ils peuvent prendre la forme de contrôles visuels ou de contrôles mobilisant des moyens techniques portatifs permettant des contrôles *in situ* non destructifs. Chaque pièce doit être contrôlée avant requalification.



SUR LA BASE D'UN ÉCHANTILLONNAGE ET D'UN PROTOCOLE D'ESSAIS EN LABORATOIRE

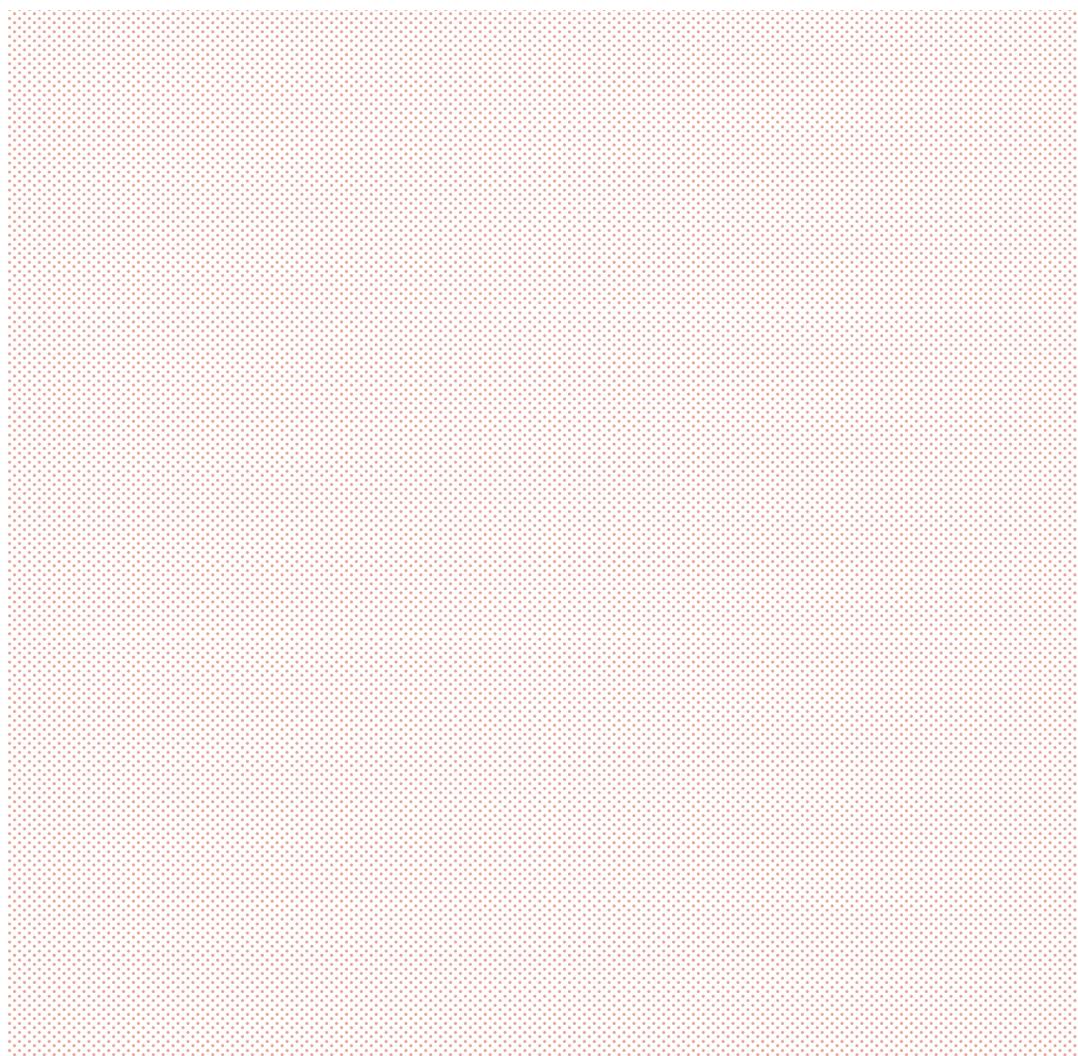
Un échantillonnage et un protocole d'essais sont mis en place pour qualifier les propriétés contrôlées, sur site ou lors du tri.

Certaines exigences pouvant être rédhibitoires pour le réemploi du produit, elles ont été hiérarchisées :

- Les exigences **réglementaires ou liées à la sécurité des personnes** ;
- Les exigences **liées à l'aptitude à l'emploi** ;
- Les exigences complémentaires.

Le respect des exigences réglementaires est obligatoire.

Le respect des performances en lien avec l'aptitude à l'emploi listées ci-après permet de renforcer la confiance dans les performances du composant d'ouvrage réemployé. Nous proposons dans le paragraphe dédié une analyse des propriétés clés à vérifier en fonction du domaine d'emploi envisagé.



4.1. PERFORMANCES RÉGLEMENTAIRES ET LIÉES À LA SÉCURITÉ

Le tableau suivant reprend des réglementations applicables au secteur du bâtiment. Elles sont identifiées :

- Soit parce qu'applicables intrinsèquement aux éléments de charpentes;
- Soit parce qu'applicables aux composants associés.

RÉGLEMENTATIONS	REMARQUES
Thermique (neuf ou rénovation)	Ne concerne pas directement la charpente mais la possibilité d'isoler la toiture (respect des charges, espaces suffisant).
Qualité de l'air intérieur (étiquetage)	La charpente peut être apparente et donc faire partie des parties occupées du bâtiment il est donc nécessaire qu'aucune substance dangereuse ne soit émise, attention particulièrement aux formaldéhydes.
Substances dangereuses (REACH)	Les finitions appliquées sur le bois et les colles utilisées dans le cas de bois lamellé-collé peuvent contenir des substances dangereuses. Il faut s'assurer pour chaque élément de la charpente que celui-ci ne contient pas de substances dangereuses.
Biocides	Les éléments en bois traités sont soumis à la réglementation sur les biocides selon la norme NF EN 15228.
Amiante	S'assurer de l'absence d'amiante au contact du bois lors des diagnostics du bâtiment.
Qualité environnementale et sanitaire des produits de construction	 Obligatoire si allégation environnementale lors de la mise sur le marché
Acoustique	Exigence globale fonction du bâtiment et du système considéré.
Incendie / Réaction au feu	Exigences réglementaires.
Incendie / Résistance au feu	Exigences réglementaires.
Sismique	Fonction de la localisation du bâtiment : les exigences porteront sur un système complet.
Accessibilité	Pas d'incidence directe sur les charpentes.

4.1.1. THERMIQUE

Les performances thermiques sont évaluées pour l'ensemble d'un système, et dans le cas des charpentes, c'est l'ensemble de la toiture qui est évaluée.

Les exigences ne s'appliquent donc pas à la charpente seule.



À date, la réglementation en vigueur au niveau du bâtiment est la Réglementation Environnementale 2020.

4.1.2. QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Principaux textes réglementaires à la date de rédaction du document :

Arrêté du 19 avril 2011, modifié par Arrêté du 20 février 2012 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

Ce texte précise les groupes de substances concernés ainsi que les quatre classes indiquant un niveau d'émission de ces substances dans l'air intérieur (de A +, niveau très peu élevé à C, niveau élevé).

Le bois massif n'est que très peu émetteur de polluants. Ce sont les différents traitements, finitions ou colles, dans le cas du bois lamellé-collé particulièrement pour ces dernières, qui peuvent être émetteurs de polluants et dont il conviendra de s'assurer du classement.

4.1.3. QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE DES PRODUITS DE CONSTRUCTION

Cette réglementation s'applique lorsqu'une allégation à caractère environnemental accompagne la commercialisation d'un produit du bâtiment (consommation des ressources, déchets solides valorisés ou éliminés, changement climatique, acidification atmosphérique, pollution de l'air ou de l'eau, formation d'ozone photochimique, eutrophisation ...). Le responsable de la mise sur le marché est alors tenu d'établir la déclaration environnementale de son produit et de la faire vérifier par une tierce partie indépendante.

4.1.4. ACOUSTIQUE

Principaux textes réglementaires à la date de rédaction du document :

BÂTIMENTS D'HABITATIONS

- Arrêté du 30 juin 1999, modifié relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation ;
- Arrêté du 30 juin 1999, modifié relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique.

HÔTEL, ENSEIGNEMENT, SANTÉ

- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé ;
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement ;
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les hôtels ;
- Circulaire du 25 avril 2003 relative à l'application de la réglementation acoustique des bâtiments autres que d'habitation.

4.1.5. PERFORMANCES LIÉES À LA SÉCURITÉ DES PERSONNES

4.1.5.1. INCENDIE – RÉACTION AU FEU

Les exigences en matière de réaction au feu pour les produits de construction sont définies notamment dans l'arrêté du 21 novembre 2002.

A titre indicatif, la classe de réaction au feu de certains éléments en bois massif est donnée dans le tableau 2 de NF P21-365.

Lorsque le fabricant souhaite obtenir une autre classification ou une classification supérieure (par exemple : bois traité par ignifugation), il doit respecter la démarche prévue par les normes NF EN 13501-1 et NF EN 13823.

4.1.5.2. INCENDIE – RÉSISTANCE AU FEU

Les exigences en matière de résistance au feu sont définies notamment, dans l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, dans l'arrêté du 31 janvier 1986 pour les habitations, dans l'arrêté du 25 juin 1980 modifié pour les ERP et dans le Code du travail (articles R. 235-4) + arrêté du 5 août 1992 pour les ERT.

Pour les performances, la résistance au feu des charpentes fabriquées doit être justifiée conformément à la réglementation et l'arrêté du 22 Mars 2004.

4.1.5.3. SISMIQUE

La réglementation sismique s'applique à une structure de bâtiment complète et non pas aux éléments pris individuellement. La connaissance des propriétés mécaniques des éléments composant la charpente en bois est nécessaire pour répondre aux exigences de ces réglementations applicables à l'ouvrage.

Conformément à l'arrêté du 22/10/2010 modifié, les bâtiments sont répartis en catégories d'importance (I, II, III et IV) (tableau 4.3 de l'EN 1998-1 et son annexe nationale) auxquels correspondent différents coefficients d'importance (article 2.1 (3) de l'EN 1998-1 et son annexe nationale) différenciant ainsi la fiabilité de la structure. De plus, la zone sismique du bâtiment doit être prise en compte (article 3.2.1 de la norme NF EN 1998-1 et son annexe nationale). Les exigences varient en fonction de la zone de sismicité et de la catégorie d'importance du bâtiment.

4.2. PERFORMANCES LIÉES À L'APTITUDE À L'EMPLOI, ET AUTRES PERFORMANCES

Les éléments de charpente en bois doivent pouvoir justifier de caractéristiques spécifiques, permettant de valider leur aptitude à l'emploi.

4.2.1. RÉSISTANCE MÉCANIQUE

Les éléments de charpentes en bois doivent justifier de différentes caractéristiques physiques minimales regroupées dans une classe de résistance selon le classement défini par la NF EN 338. Ces propriétés sont les suivantes :

- Résistance mécanique :
 - ▶ Flexion ;
 - ▶ Traction axiale ;
 - ▶ Traction transversale ;
 - ▶ Compression axiale ;
 - ▶ Compression transversale ;
 - ▶ Cisaillement.
- Rigidité :
 - ▶ Flexion axiale ;
 - ▶ Transversale ;
 - ▶ Cisaillement.
- Masse volumique.

Le classement du bois dans les différentes classes de résistance se fait selon les normes NF EN 384, NF B 52-001, NF EN 14081-1et NF EN 14081-2.

4.2.2. DURABILITÉ CONTRE LES ATTAQUES BIOLOGIQUES

Les éléments de charpentes en bois doivent justifier d'une durabilité minimale vis-à-vis des attaques biologiques. Cette durabilité peut être naturelle ou conférée.

La durabilité naturelle est définie pour un ensemble d'essence de bois dans la norme NF EN 350. Pour les essences de bois ne faisant pas partie de cette liste, la norme NF EN 350 décrit également le protocole de caractérisation de cette durabilité.

La norme FD P 20-651 définit les classes d'emploi pour un certain nombre d'essence de bois en fonction de leur durabilité naturelle ou conférée.

4.3. MODES DE PREUVE ET ÉCHANTILLONNAGES

4.3.1. CRÉATION DES LOTS (« LOTIFICATION »)



OBJECTIF

Regrouper les éléments de charpente en lots homogènes, ayant les mêmes caractéristiques et ayant eu des conditions de vie et un vieillissement similaire.

Pour un même gisement (site, bâtiment, niveau... en fonction de la situation), le processus de lotification recommandé est le suivant :

- Regroupement des éléments de charpente notamment en fonction des paramètres suivants :
 - ▶ Le type d'élément (arbalétrier, chevrons, etc ...);
 - ▶ Le type de sollicitation (compression, flexion, traction);
 - ▶ En fonction des caractéristiques essentielles ([voir § 2.3](#));
 - ▶ Le type de pathologies ou désordres observés.
- Séparation en lot des éléments de charpente de la même typologie (dimensions, coloris) le cas échéant.

4.3.2. ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage dans le domaine du réemploi reste un sujet sur lequel peu de retours d'expérience existent.

Le bois est un matériau hétérogène par nature avec une forte variabilité entre chaque élément à l'état neuf et dont les conditions d'exposition à l'humidité impactent fortement les performances mécaniques, le vieillissement et l'endommagement. Il n'est pas possible de proposer un échantillonnage des éléments réemployés dans l'état actuel des connaissances dans le domaine. Ce verrou technique est très important et nécessite que des travaux de recherche soient menés pour permettre d'établir des méthodes d'échantillonnage pour chaque mode de preuves qui permettront de réemployer le bois de charpentes en toute sécurité. La requalification devra être réalisée pour chacune des pièces de bois démontée.

4.3.3. REQUALIFICATION POUR MISE EN ŒUVRE COMME LE NEUF

Les exigences auxquelles doivent répondre les éléments de charpente sont listées dans la partie [4.1](#) et [4.2](#). Certaines de ces exigences ne sont pas impactées par le vieillissement et les conditions d'emploi des éléments de charpente. Dans ce cas, les caractéristiques qui s'appliquaient aux éléments neufs peuvent s'appliquer aux éléments réemployés.

Cependant, il existe de nombreuses caractéristiques pouvant être impactées par le vieillissement et les conditions d'emplois, dans ce cas un certain nombre de précautions supplémentaires sont à prendre avant de pouvoir réemployer les charpentes dans les mêmes conditions que la construction neuve.

PÉRIMÈTRE

Les propositions de requalification qui suivent ne concernent que les éléments de charpente dont les caractéristiques essentielles ont pu être déterminées via une recherche documentaire ou une caractérisation visuelle et qui ne présentent aucun désordre ou aucune pathologie (voir partie 2.3.4). Pour les autres éléments l'état actuel des connaissances scientifiques ne permet pas de proposer un protocole de requalification généraliste et nécessite des travaux plus approfondis qui tiennent compte des différents points soulevés dans les parties précédentes de cette note.

La classe de service 3 n'est pas traitée par cette note car elle sollicite le bois dans des conditions particulières qui impliquent une pose et, parfois, un traitement spécifique du bois. Des travaux complémentaires devront être réalisés pour proposer des protocoles adaptés à cette classe de service.

TRAITEMENT AU FEU ET DURABILITÉ

Dans le cas où des traitements pour augmenter les performances de résistance ou de réaction au feu et/ou la durabilité du bois vis-à-vis des attaques biologiques ont été appliqués lors de l'emploi initial, ils ne doivent pas être considérés dans l'évaluation des performances des éléments à réemployer, et devront, si le domaine d'emploi final le nécessite, être de nouveau appliqués selon les normes listées dans les parties 1.1 et 1.2 de cette note.

Le cas échéant, la compatibilité des produits entre eux devra être vérifiée. Le décapage par ponçage où rabotage sera réalisé avant application du nouveau produit.

Une attention particulière sera portée à la compatibilité des traitements appliqués sur les éléments en bois avec les exigences réglementaires actuelles (substances dangereuses, émissivité, etc ...).

Si la durabilité naturelle du bois ne permet pas de répondre à la classe d'emploi visée et qu'un traitement est nécessaire, alors la couche de finition pouvant être présente sur les éléments doit systématiquement être retirée avant application du traitement.

RÉSISTANCE MÉCANIQUE

Pour la résistance mécanique, chaque élément de charpente doit être testé de façon systématique pour être réemployé dans les mêmes conditions que le neuf.



VERROU SCIENTIFIQUE

Le fluage est un enjeu particulièrement important dans les structures en bois bien qu'il ne soit pas le seul matériau subissant du fluage. L'Eurocode 5 prévoit un coefficient de sécurité k_{def} pour couvrir l'effet du fluage dans les structures bois. Toutefois, le bois subit tout de même une sollicitation de longue durée qui peut modifier ces caractéristiques mécaniques et créer un endommagement partiel non visible à l'œil nu. Dans l'état actuel des connaissances, il n'est donc pas possible de considérer avec certitude qu'un élément de charpente en bois ayant été soumis à une charge de longue durée ait conservé la même classe de résistance mécanique que lors de sa mise en œuvre. Même dans le cas où aucune pathologie ou désordre n'a été observé.

Afin de réemployer des éléments de charpente bois comme des éléments neufs, il est nécessaire de procéder à une caractérisation des propriétés mécaniques selon la norme EN 408 pour déterminer la classe de résistance mécanique correspondante selon l'EN 338. Sachant que ces procédés de qualification ne sont que peu viables économiquement dans le cadre du réemploi et sont un frein important pour la massification, nous proposons des pistes de réflexions pour la recherche et l'innovation dans la partie perspective de cette note.



RÉSERVATIONS ET MARQUE D'ASSEMBLAGE

Le réemploi d'éléments de charpente avec trou de réservation ou entaille sans renforcement local est déconseillé car celles-ci induisent des concentrations de contraintes qui engendrent généralement des fissurations. Si un élément de charpente réemployé devait être entaillé ou percé par une réservation il est conseillé de le renforcer localement. Les défauts de petite dimension dans la limite fixée par NF EN 14081-1 et NF B 52-001 sont admis.

Il est conseillé de purger les marques, trous ou entailles que peuvent laisser les assemblages pour faciliter la nouvelle mise en œuvre des éléments de charpente réemployés. Dans le cas contraire il peut être nécessaire de réaliser un renforcement local des éléments de charpente au niveau des anciens assemblages.

ÂGE ESTIMÉ



VERROU SCIENTIFIQUE

Le fluage est un enjeu important pour les éléments de structure en bois. C'est notamment pour cela que le coefficient k_{def} est défini dans l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1). Mais l'Eurocode 5 est prévu pour des durées en service de 50 ans. Les effets du fluage pour une durée de service de plus de 50 ans ne sont pas prévus.

L'Eurocode 5 précise que « les colles à usage structural doivent produire des assemblages dont la résistance et la durabilité sont tels que l'intégrité du joint de collage est maintenue dans la classe de service considérée tout au long de l'existence présupposée de la structure. » L'Eurocode 0 prévoit une durée d'utilisation de 50 ans pour le bâtiment, les colles employées pour la fabrication du bois lamellé-collé sont donc conçues pour une durée d'utilisation de 50 ans dans des conditions normales d'utilisation. Le vieillissement de la colle au-delà doit être étudié pour s'assurer qu'il n'y a aucun risque de délamination prématuée des poutres en lamellé-collé.

Dans l'état actuel des connaissances il est donc préférable de réemployer du bois uniquement si la durée en service de la destination d'emploi finale additionnée à l'âge estimé de l'élément ne dépassent pas 50 ans dans le cas de bois lamellé-collé. Pour le bois massif si celui-ci est reclassé en suivant le protocole d'essai de l'EN 408 on peut s'affranchir de cette condition.

QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Deux cas de figures possibles :



Aucune finition n'a été appliquée ultérieurement à la caractérisation « qualité de l'air intérieur » dans ce cas, l'élément de charpente satisfait à la réglementation.



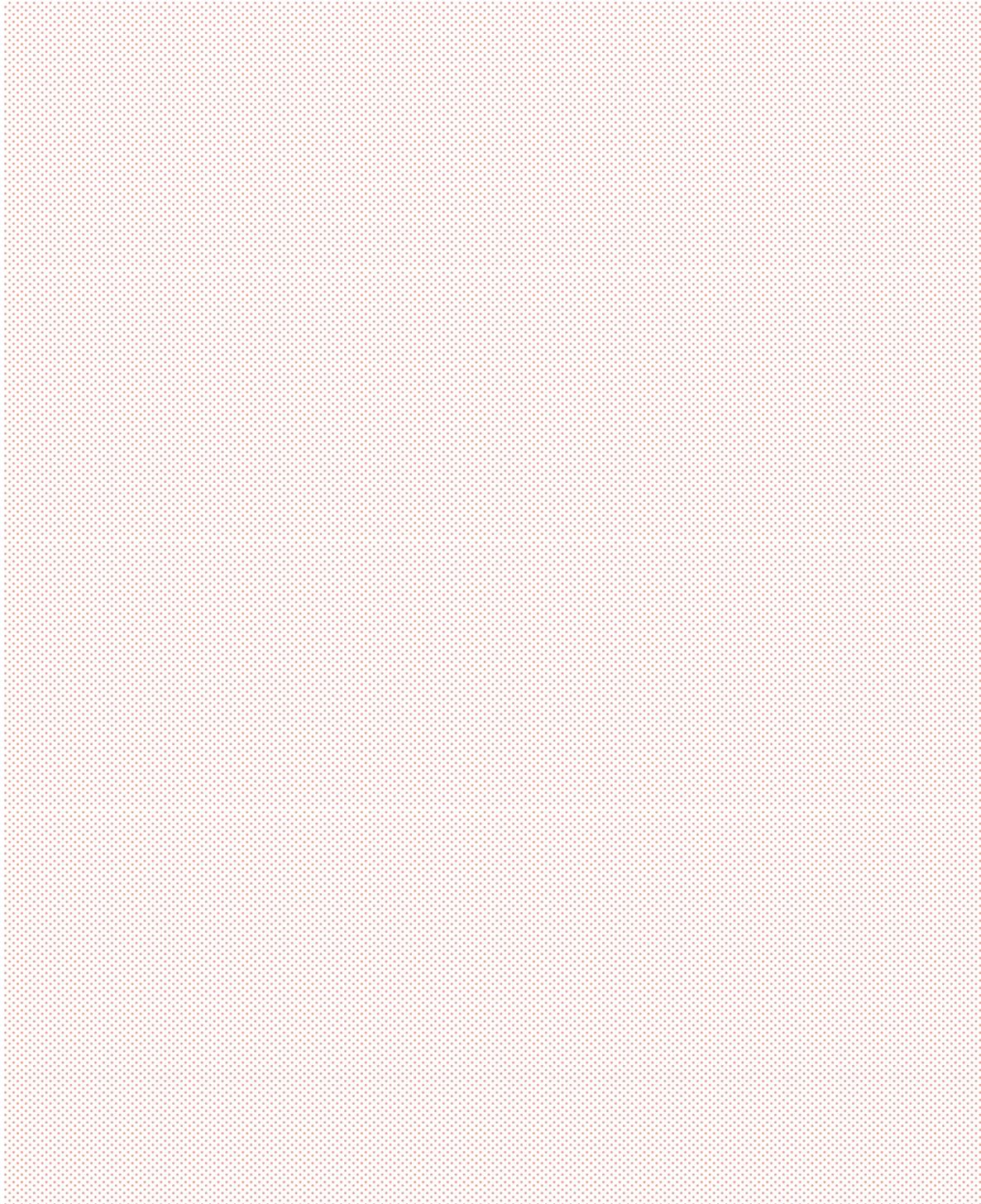
Une finition a été appliquée à la suite de la mise en œuvre sans caractérisation de la « qualité de l'air intérieur » ou sans que l'information ne soit connue. Dans ce cas il faudra démontrer que cette finition respecte la réglementation ou réaliser un ponçage ou rabotage de l'élément de charpente pour supprimer la couche de finition en s'assurant de respecter les règles de protection nécessaires pour les opérateurs. **Attention certaines finitions peuvent contenir du plomb.**



Dans cette note la question de la qualité de l'air intérieur n'a pas été traitée en détail. Un travail supplémentaire est nécessaire pour déterminer les enjeux liés au réemploi du bois et particulièrement des émissions de formaldéhyde.

ENDOMMAGEMENT EN LIEN AVEC LA DÉPOSE

Lors de la dépose les éléments de charpente peuvent être endommagés, particulièrement près des assemblages ou si la couverture est fixée directement sur les solives. Lors de la requalification des éléments, les parties endommagées devront être purgées, ce qui se traduit généralement par un tronçonnage ou un délignage des pièces de bois.



05

PERSPECTIVES POUR FACILITER LA REQUALIFICATION DES ÉLÉMENTS DE CHARPENTES EN BOIS

FLUAGE ET ENDOMMAGEMENT

L'impact du fluage sur l'endommagement du bois est l'un des verrous scientifiques et techniques qui freine le plus le réemploi d'éléments de structure en bois. En effet dans le cas du bois, différents phénomènes physiques peuvent expliquer l'apparition d'une déformation sur le long terme. On attribue souvent cette déformation au fluage, mais il ne s'agit pas du seul phénomène physique qui peut expliquer l'apparition de cette déformation. Les phénomènes d'hygro-verrou ou d'endommagement par contrainte induite de retrait-gonflement peuvent également entraîner une augmentation progressive de la déformation. De plus, le bois est un matériau avec un comportement quasi-fragile ce qui implique que ce qui peut apparaître comme de la plasticité, le fluage par exemple, est la plupart du temps un endommagement microscopique qui réduit la raideur de l'élément et augmente ainsi le taux de charge. Une campagne de caractérisation des bois anciens permettrait d'apporter de plus amples informations.

Dans l'Eurocode 5, l'ensemble de ces phénomènes sont couverts par le k_{def} et le k_{mod} , mais ces coefficients ont été établis pour du bois neuf et une durée de service de 50 ans. Il est donc nécessaire, si l'on souhaite réemployer du bois en utilisant les mêmes principes de conception, de mieux étudier les phénomènes précédemment cités. L'une des possibilités serait alors d'établir si besoin de nouveaux coefficients de sécurité à appliquer au bois de réemploi qui tiennent compte de son vieillissement passé.

Une autre approche consiste à tester systématiquement les éléments en bois que l'on souhaite réemployer à l'aide de méthodes non destructives. En utilisant, par exemple, les méthodes de caractérisation par vibration, ou des essais de sollicitation dans le domaine élastique, de type essais d'épreuves, en comparant ces résultats aux propriétés attendues pour la classe de résistance du

bois à réemployer. Mais il faut pour cela passer par des études et campagnes de caractérisation qui permettent de calibrer les propriétés élastiques d'un bois âgé avec ces performances résiduelles de résistance.

VIEILLISSEMENT DE LA COLLE

Ce point concerne plus particulièrement le bois lamellé-collé. Comme cela est précisé dans la partie 4.3.3, la colle du bois lamellé-collé est prévue pour une durée de service de 50 ans. Lorsque l'on réemploie des éléments ceux-ci peuvent être âgés de plusieurs dizaines d'années. Cette tendance devrait s'accroître dans les années à venir du fait de la conception circulaire des bâtiments dont l'un des objectifs est de construire pour des durées de service plus longues. Il est donc très probable que la durée de service du bâtiment dans lequel vont les éléments réemployés additionné à l'âge de ces éléments dépassent les 50 ans. Dans ce cas rien ne dit que les colles utilisées assureront une performance suffisante pendant toute la durée de service du bâtiment. Il est donc primordial de réaliser des études qui permettent d'étudier le vieillissement et le maintien des caractéristiques des colles des bois lamellé-collé au-delà de 50 ans.

TRANSMISSION DES DOCUMENTS TECHNIQUES

À la différence des autres freins cités, ici il ne s'agit pas d'un verrou technique ou scientifique mais plutôt administratif. En effet, comme cela a été montré dans la partie diagnostic, l'une des premières étapes à réaliser lorsque l'on souhaite réemployer un produit quel qu'il soit est une recherche documentaire. Dans le cas des charpentes en bois, le NF DTU 31.1 précise le contenu du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) dans lequel on retrouve la majorité des caractéristiques essentielles au réemploi. L'un des enjeux pour la massification du réemploi consiste donc à proposer une transmission et une gestion dans le temps des DOE et autres documents techniques, pour que ceux-ci puissent être facilement accessibles et mis à jour lors de rénovation par exemple et consultés lors de la fin de vie du bâtiment pour faciliter sa valorisation. Un marquage physique et durable des pièces de bois mises en œuvre de nos jours permettrait d'anticiper leur valorisation future.

IDENTIFICATION DE SUBSTANCES CHIMIQUES INTERDITES

Certains produits de traitement des bois utilisés dans le passé sont aujourd'hui interdits. Certains bois destinés au réemploi peuvent contenir ces substances chimiques interdites par la réglementation. Disposer d'une méthode permettant d'identifier l'éventuelle présence de ces substances permettrait de sécuriser la pratique du réemploi.

DÉTERMINATION DE LA CLASSE DE RÉSISTANCE MÉCANIQUE

La classe de résistance mécanique des éléments en bois est une information nécessaire pour le dimensionnement des ouvrages. Pour les éléments de structure bois issus du réemploi, en l'absence de la documentation technique initiale, cette classe de résistance mécanique n'est pas connue. Proposer un bois de réemploi qualifié mécaniquement, comme cela est le cas pour un élément neuf, représente un enjeu pour la massification de la pratique du réemploi. Des méthodes de qualification non destructives (visuelles ou par machine) doivent être développées spécifiquement pour le bois de réemploi.

DURABILITÉ CONFÉRÉE

Lorsque le bois n'est pas naturellement durable vis-à-vis de l'usage prévu un produit de traitement peut être appliqué. Certains éléments en bois issus du réemploi ont reçu un traitement de préservation. Pour le réemploi de l'élément il est possible de considérer, de manière sécuritaire, que ce traitement n'assure plus la fonction de préservation pour laquelle il a été appliqué. Si nécessaire un nouveau traitement peut être appliqué. Une méthode d'évaluation de la performance résiduelle d'un produit de préservation permettrait de considérer les produits déjà appliqués sur les éléments bois dans le cas de leur réemploi.



06

DIMENSIONNEMENT ET POSE DES CHARPENTES RÉEMPLOYÉES

La pose se fera conformément aux textes de mise en œuvre, à savoir ceux cités au § 1.2. Textes de référence, et plus particulièrement selon les dispositions précisées dans les **NF DTU 31.1 pour le domaine d'emploi visé**.

07

BIBLIOGRAPHIE : POUR ALLER PLUS LOIN

Guide Fondation Bâtiment Energie

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des charpentes industrialisées, Décembre 2020

Guide pour le réemploi FCRBE

« Bois massif de structure à section rectangulaire », 2021

Assessment of timber structures (DIETSCH, Philipp et KÖHLER, Jochen (ed.)

Assessment of timber structures. Aachen, Germany: Shaker Verlag, 2010.)

Projet REUSE-BOIS

Économie circulaire, création d'une gamme de systèmes constructifs démontables en bois et à base de matériaux biosourcés, 2018 - 2020

Projet InFutUReWood

Design for deconstruction and reuse of timber structures, 2020 - 2023

La Maison écologique hors-série Récup & Réemploi, 2023

Projet RESTWOOD

Émergence d'une filière pour le réemploi du bois de structure en Nouvelle-Aquitaine, 2023 – 2025

Structures en bois lamellé - Note 1

Recommandations pour la réparation de bois lamellé structural présentant des fissures ou des fentes - FIBC - Février 2016





L'ADEME EN BREF

À l'ADEME – l'Agence de la transition écologique – nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, de l'énergie, du climat et de la prévention des risques et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Les collections de l'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur :

Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert :

Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent :

Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur :

Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir :

Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



NOTE MÉTHODOLOGIQUE

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi d'éléments de charpente en bois

Résumé : La pratique de réemploi dans le secteur du bâtiment reste marginale à l'heure actuelle. La massification de la démarche doit se structurer, entre autres, via le développement de centres de reconditionnement, démontrant un process reconnu de requalification et de justification des performances des Produits, Equipements et Matériaux.

Le but de cette note méthodologique est de proposer des outils et contenus techniques pour les acteurs qui souhaitent s'orienter dans l'activité de reconditionnement, afin d'accompagner le développement sécurisé de ces filières sur une base commune d'informations techniques.

Les acteurs pourront par la suite s'approprier ce document afin de le compléter voire de l'aménager.

012544-6

