



**cstc.be**  
Recherche • Développe • Informe

# Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2013/1

Edition spéciale : la construction en bois

Dépôt : Bruxelles X • Numéro d'agrégation : P 401010  
10<sup>e</sup> année • Trimestriel

**Marquage CE**  
p8

**Performances  
énergétiques**  
p10

**Sécurité  
incendie**  
p19

**Dimensionnement  
et assemblages**  
p22

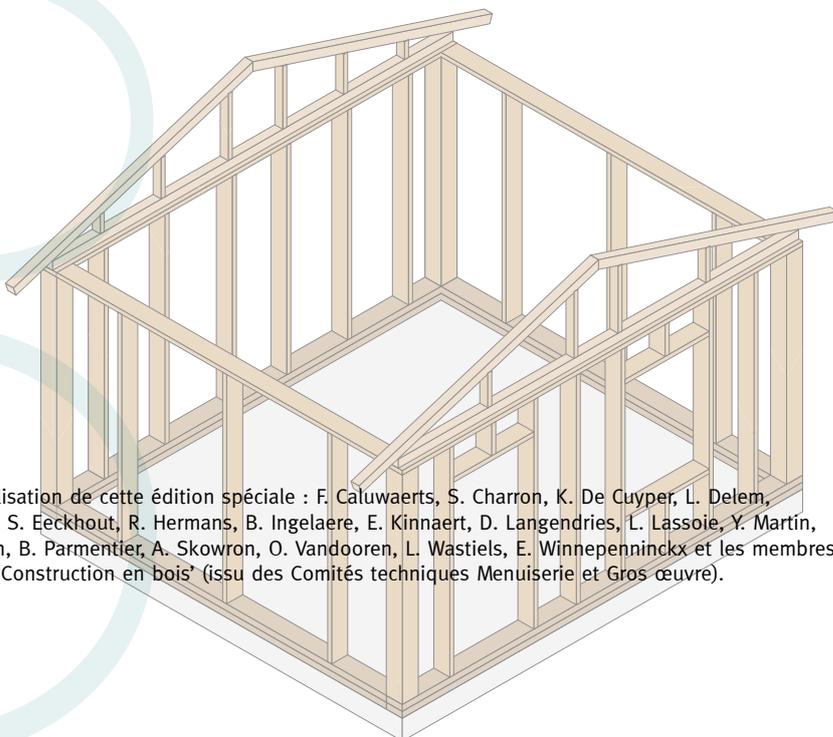


# Sommaire

2013/1

## Edition spéciale : la construction en bois

Un système en plein essor et à hautes performances.....	3
Le marquage CE des éléments en bois.....	8
Performances énergétiques des constructions en bois.....	10
Maîtrise de l'humidité.....	12
Isolation acoustique dans les constructions en bois.....	16
La sécurité incendie des constructions en bois.....	19
Dimensionnement et assemblage.....	22
Méthodes de pose et accessibilité des menuiseries.....	28
Impact environnemental.....	29



Ont participé à la réalisation de cette édition spéciale : F. Caluwaerts, S. Charron, K. De Cuyper, L. Delem, G. Depret, F. Dobbels, S. Eeckhout, R. Hermans, B. Ingelaere, E. Kinnaert, D. Langendries, L. Lassoie, Y. Martín, B. Michaux, E. Nguyen, B. Parmentier, A. Skowron, O. Vandooren, L. Wastiels, E. Winnepenninckx et les membres du groupe de travail 'Construction en bois' (issu des Comités techniques Menuiserie et Gros œuvre).



# Un système en plein essor et à **hautes** **performances**



Le bois est utilisé dans le domaine de la construction depuis la nuit des temps. Toutefois, en raison de nombreux préjugés et de l'apparition de la maçonnerie lourde, le bois est tombé en désuétude pour se limiter structurellement à une utilisation en charpente. Le retour du bois dans les structures portantes principales du bâtiment s'est amorcé après la crise pétrolière des années 1970; il s'est amplifié lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992 et semble se confirmer depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle.

Ce positionnement ne cesse de croître, et ce dans la majorité des pays européens. Pareil engouement est notamment dû aux mesures prises par les instances gouvernementales en vue de réduire l'empreinte énergétique des bâtiments et de favoriser l'utilisation durable des ressources naturelles. En effet, la construction en bois peut se targuer de nombreux points forts en matière de durabilité : le bois est une matière première renouvelable avec un écobilan positif qui n'engendre qu'une quantité restreinte de déchets sur le chan-

tier et qui requiert peu d'énergie de production.

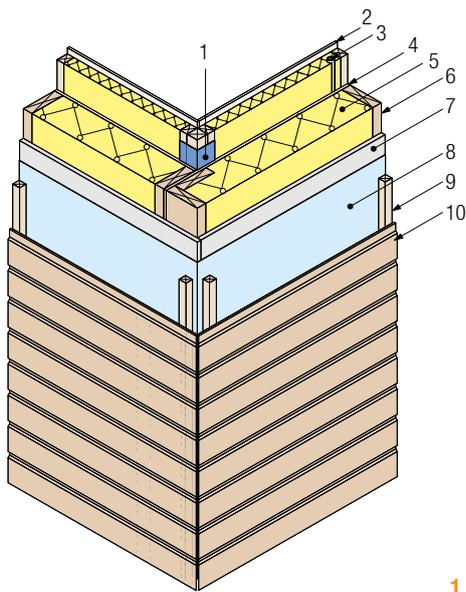
Le bois est également favorisé par rapport aux autres matériaux grâce à des avantages plus pragmatiques : faible poids propre, apport d'eau superflu, possibilités de préfabrication, rapidité d'assemblage, adéquation aux nouvelles tendances architecturales et possibilité d'augmenter l'épaisseur des couches d'isolation thermique sans augmenter substantiellement l'épaisseur totale des façades (l'isolant remplissant tout l'espace disponible entre les montants).

Ces différents aspects expliquent l'intérêt et la considération que lui portent aussi bien les professionnels que les particuliers, tant pour des bâtiments tertiaires que résidentiels, voire multirésidentiels. D'ailleurs, 15 à 20 % des nouvelles constructions mises en chantier chaque année en Belgique sont en bois et essentiellement à ossature en bois. Ce constat est d'autant plus flagrant qu'au début des années 2000, la construction en bois représentait à peine 8 à 10 % des nouveaux permis de bâtir.

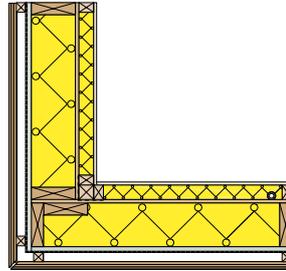
Tout ceci justifie l'implication croissante du CSTC dans ce système constructif via, notamment, la parution de la nouvelle Note d'information technique consacrée aux revêtements de façade en bois et en panneaux à base de bois (voir [NIT 243](#)), rédigée en étroite collaboration avec le secteur par l'intermédiaire des Comités techniques Menuiserie et Gros œuvre, ainsi que les nombreux projets de recherche en cours (voir p. 31 de ce numéro), les formations et soirées d'information (voir la rubrique 'Agenda' sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be)).

Comme tout système constructif, un projet de construction en bois doit être mûrement réfléchi. Ainsi, les matériaux (type d'isolant, nature de la barrière à l'air et à la vapeur d'eau, ...) doivent être judicieusement choisis afin d'assurer la durabilité et les performances de l'ouvrage.

Ce CSTC-Contact thématique montre combien les performances de la construction en bois ont évolué pour pouvoir répondre aux multiples exigences imposées aux constructions actuelles.



- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1. Complément d'étanchéité à l'air      | 6. Montant de l'ossature     |
| 2. Parement intérieur                   | 7. Panneau de fibres de bois |
| 3. Gaine technique                      | 8. Pare-pluie                |
| 4. Panneau structural (contreventement) | 9. Lattage                   |
| 5. Isolation                            | 10. Bardage                  |



1 | Exemple type d'une paroi à ossature en bois

## 1 Les différents systèmes constructifs en bois

Parmi les systèmes constructifs en bois, on distingue quatre grandes familles :

- la construction à ossature en bois
- la construction en madriers
- le système poteaux-poutres
- la construction en panneaux préfabriqués en bois massif.

Bien que la majorité des sujets abordés dans ce CSTC-Contact se rapportent aux constructions à ossature en bois, nous détaillons ici les caractéristiques de ces différents systèmes.

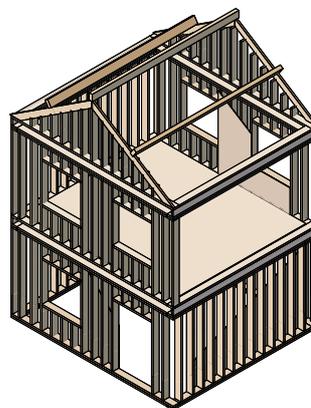
### 1.1 La construction à ossature en bois

Ce système est l'héritier des constructions à colombages. La structure est constituée d'un squelette d'éléments verticaux de faible section (les montants) disposés à intervalles réguliers et reliés entre eux par des éléments horizontaux de même section (les traverses), le tout formant des cadres. Compte tenu des dimensions standard des panneaux de contreventement utilisés (120 cm), les montants de l'ossature sont généralement placés tous les 40 ou 60 cm.

Dans ce type de construction, chaque élément constitutif des parois joue un rôle spécifique. L'ossature proprement dite reprend les charges verticales du toit et des planchers d'étage. Les panneaux de contreventement fixés par clouage aux cadres en bois

reprennent les charges horizontales générées, par exemple, par le vent et les forces sismiques. L'isolation thermique est assurée par un isolant placé entre les montants; elle peut être améliorée (à l'intérieur comme à l'extérieur) en vue d'atteindre de meilleures performances thermiques et de remédier aux faiblesses induites par les montants et les lisses. A l'extérieur, une grande diversité de parements est envisageable : brique, pierre, bois, ...

Ce système est aujourd'hui le plus répandu dans notre pays, car il permet une liberté de formes et une souplesse quasi illimitées. La préfabrication des panneaux en usine et un montage rapide permettent une réduction non négligeable des délais de construction. Ce type de construction convient tant aux habitations privées qu'aux bâtiments tertiaires.



2 | Construction à ossature en bois

### 1.2 La construction en madriers

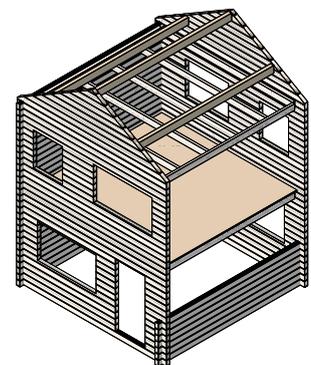
Actuellement, il existe deux méthodes de pose de poutres profilées (rondins/madriers) :

- l'empilement horizontal
- la juxtaposition verticale.

Comme son nom l'indique, l'empilement horizontal consiste à poser horizontalement des pièces de bois en les emboîtant les unes aux autres de façon à former un mur en bois massif. Ce mode de construction requiert que l'on veuille tout particulièrement aux détails en raison du retrait et du tassement inévitables des pièces de bois les unes par rapport aux autres. Ces phénomènes se produisent dès les premières années, lors du séchage du bois et à la suite des charges appliquées à la structure. Ces variations dimensionnelles doivent être prises en compte en prévoyant des précautions d'assemblage (joints ajustables, jeu plus important ou fixation provisoire des éléments, ...). Le phénomène de tassement peut être contourné en juxtaposant les poutres verticalement, comme des livres dans une bibliothèque. La charge du bâtiment s'applique alors dans le sens des fibres, sens dans lequel le bois est le plus résistant.

Les murs pleins et continus nécessitent une quantité relativement importante de bois massif ou contrecollé. Même s'il est également sujet au retrait, l'intérêt de ce dernier réside dans sa résistance et dans sa stabilité dimensionnelle.

Les parois peuvent être réalisées de diverses manières, offrant ainsi des aspects différents et des niveaux variables de performances énergétiques.



3 | Construction en madriers



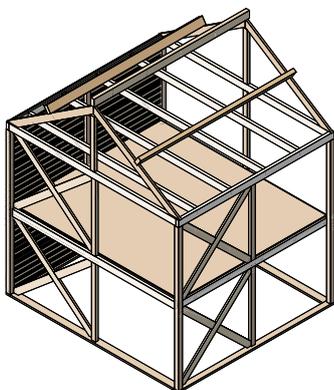
Toutefois, en raison de ses caractéristiques particulières, ce type de construction ne convient qu'aux habitations et aux structures légères limitées à un étage. Toute modification ultérieure est quasi impossible. Par ailleurs, l'intégration d'installations diverses (chauffage, électricité, adduction et évacuation des eaux, domotique) requiert une étude préalable complète et précise.

### 1.3 Le système poteaux-poutres

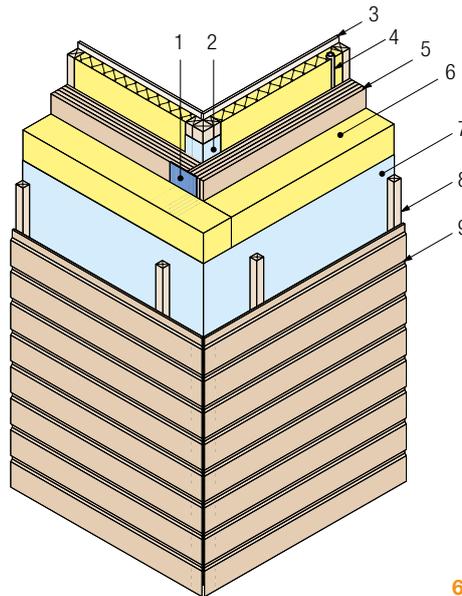
Cette technique consiste à créer une grande structure ouverte composée d'un petit nombre d'éléments porteurs de section importante : les éléments verticaux (les poteaux) sont disposés selon une trame, à intervalles réguliers et relativement importants (de 0,9 m à plusieurs mètres) et sont reliés par des éléments horizontaux (les poutres). Les efforts transmis par les planchers et la toiture sont concentrés sur ces quelques éléments, dont la composition et le dimensionnement sont optimisés.

Les poteaux et les poutres sont en bois massif ou contrecollé. Tout comme pour la construction en madriers, la technique du collage est de plus en plus utilisée, cette dernière permettant de réduire les sections tout en assurant une plus grande stabilité dimensionnelle. Elle permet par ailleurs de franchir de plus grandes portées. Cette structure principale est ensuite complétée par des parois de remplissage qui peuvent être insérées partiellement entre les poteaux ou être placées tant du côté extérieur qu'intérieur.

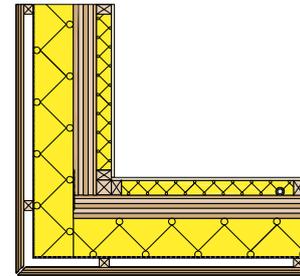
Le contreventement est assuré soit par la mise en œuvre de croix de contreventement



4 | Système poteaux-poutres



- |                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Complément d'étanchéité à l'air | 5. Panneau préfabriqué en bois massif |
| 2. Position alternative de 1       | 6. Isolation                          |
| 3. Parement intérieur              | 7. Pare-pluie                         |
| 4. Gaine technique                 | 8. Lattage                            |
|                                    | 9. Bardage                            |



6 | Exemple de paroi constituée de panneaux préfabriqués

(croix de Saint-André), soit par la rigidité des assemblages, soit encore par le remplissage de certaines parois. Celles-ci ne sont pas porteuses, mais peuvent contribuer à la rigidité de l'ensemble. Les poteaux peuvent s'élever sur la hauteur d'un étage ou sur toute la hauteur du bâtiment. Les poteaux et les poutres sont continus ou non, de section simple ou dédoublée, voire triplée (pièces dites moisées). Ces différentes configurations autorisent de nombreux types d'assemblage (bois contre bois ou via des profilés métalliques).

Ce type de construction, avec ses grands volumes et ses grandes ouvertures, est particulièrement recherché pour les bâtiments industriels, tertiaires ou éducatifs de forme plus ou moins complexe.

### 1.4 La construction en panneaux préfabriqués en bois massif

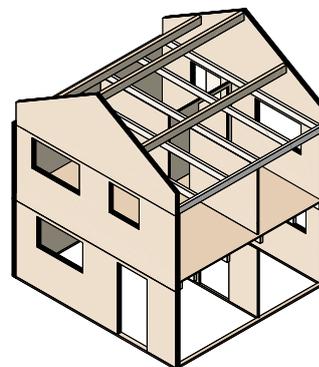
Ces panneaux contrecollés et/ou contrecollés sont composés de planches en bois massif disposées en couches croisées dont le nombre dépend de l'utilisation et de l'épaisseur souhaitées.

De par leur nature, les panneaux préfabriqués offrent maintes qualités, parmi lesquelles :

- une réduction des variations dimensionnelles
- une augmentation de la rigidité permettant de reprendre les charges dans toutes les directions, contrairement au système poteaux-poutres (on parle d'un 'effet voile' du panneau)
- une résistance au feu en fonction du nombre de plis.

Les dimensions des panneaux sont adaptées de manière à pouvoir réaliser des éléments de parois et de façades avec un minimum de joints verticaux. Toutes les ouvertures prévues pour les portes et les fenêtres sont réalisées en atelier par découpe numérique dans le panneau.

Pour les murs, l'assemblage des panneaux d'angle est réalisé par un serrage et un vissage dans le sens de la tranche du panneau. Pour les planchers, la liaison entre deux éléments dans le même plan est assurée soit par des rainures et des fausses languettes, soit par assemblage à mi-bois.



5 | Construction en panneaux préfabriqués en bois massif



Outre la simplicité des composants, ce système constructif offre une grande liberté et une grande souplesse créative ainsi qu'une simplicité des composants de la structure. Il se caractérise également par son aptitude à reprendre des porte-à-faux importants.

L'intérêt des panneaux de grandes dimensions est de limiter le nombre d'éléments constructifs à assembler tout en assurant une rapidité de montage. Ils doivent cependant être importés et, en raison de leurs dimensions, nécessitent l'utilisation d'engins de levage.

Cette technique convient tant aux habitations qu'aux locaux commerciaux et aux bâtiments socioéducatifs.

## 2 De la conformité au perfectionnement

La construction en bois a pu démontrer, ces dernières années, des performances équivalentes aux maçonneries lourdes et ainsi faire tomber les nombreux préjugés qui la pénalisaient. Depuis, elle n'a cessé d'évoluer. Sa conception et sa mise en œuvre se sont singulièrement améliorées, mais aussi complexifiées, tant et si bien qu'elles requièrent à présent un important savoir-faire technique. Le système a gagné en sécurité et en fiabilité, tout en réduisant ses points faibles tels que l'isolation acoustique ou le confort estival.

Ces performances, ainsi que quelques autres, sont aujourd'hui formalisées par le nouveau Règlement européen n° 305/2011 relatif à la commercialisation des produits de construction (voir pp. 8-9). Celui-ci impose les sept exigences énumérées ci-après et illustrées dans les articles qui suivent.

### 2.1 Résistance mécanique et stabilité (pp. 22-27)

Cet article traitera, d'une part, du dimensionnement des planchers et des murs et, d'autre part, des règles d'espacement et des distances minimales à respecter pour les assemblages courants (clous, vis, tire-fonds, agrafes, ...).

Ces deux cas seront explicités à l'aide d'un tableau et de schémas pratiques, visant à simplifier les règles de l'Eurocode 5.

### 2.2 Sécurité en cas d'incendie (pp. 19-21)

Outre les habitations unifamiliales à quatre façades, la construction en bois a intégré les maisons mitoyennes, les appartements ou les bureaux. Ces bâtiments sont soumis à des exigences sévères et réglementées en matière de sécurité contre l'incendie. L'article s'attardera sur les nouvelles prescriptions réglementaires (en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2012), plus particulièrement en termes de résistance au feu. Il formule des recommandations de mise en œuvre et présente des détails de conception permettant de répondre aux exigences.

### 2.3 Hygiène, santé et environnement (pp. 8-9 et 12-15)

Les matériaux utilisés en construction, quel que soit le système, peuvent avoir un impact immédiat sur la santé et l'environnement. Il importe par conséquent d'adopter certaines mesures pour y remédier. Par l'apposition du marquage CE, les fabricants procèdent à un contrôle plus rigoureux des diverses substances dangereuses émises dans l'air intérieur et pouvant émaner de la colle utilisée

dans les panneaux contrecollés – notamment le formaldéhyde, le pentachlorophénol (PCP) ou, plus généralement, les composés organiques volatils (COV).

Par ailleurs, la durabilité du bois n'est parfois garantie que par l'application d'un traitement de préservation. Un choix judicieux doit alors être opéré aussi bien au niveau du produit de préservation que de sa mise en œuvre. Toutefois, la gamme de produits disponibles a été réduite à la suite de l'entrée en vigueur du règlement REACH, qui interdit l'utilisation de certains produits chimiques en Europe. Cette liste de produits prohibés risque encore d'évoluer.

### 2.4 Sécurité d'utilisation et accessibilité (p. 28)

Il n'est pas aisé de réaliser un seuil de porte alliant des performances énergétiques et une accessibilité efficace et aisée aux personnes à mobilité réduite. De même, les murs extérieurs étant de plus en plus épais, les poignées de fenêtre sont plus éloignées et donc plus difficilement accessibles. Plusieurs pistes de réflexion seront proposées





dans cet article pour pallier de tels inconvénients.

## 2.5 Protection contre le bruit (pp. 16-18)

Dans la plupart des pays européens, les exigences acoustiques sont établies sur la base des performances de constructions en maçonnerie lourde. Celles-ci ont été fixées à partir d'évaluations de performances acoustiques supérieures à 100 Hz. Or, il devient de plus en plus nécessaire de se pencher sur les performances d'un bâtiment aux fréquences les plus basses (< 100 Hz), puisque celles-ci sont tout aussi audibles pour les occupants, et ce surtout dans les constructions en bois. Dans ces dernières, il est en effet plus difficile d'atteindre, à ces basses fréquences, des performances comparables à celles des constructions en maçonnerie lourde.

## 2.6 Economie d'énergie et isolation thermique (pp. 10-11 et 28)

Les nœuds constructifs dans les constructions en bois doivent être traités de manière

à être conformes aux réglementations PEB. Il convient également de prendre en considération la question du confort estival, de même que les détails de mise en œuvre des éléments menuisés (les fenêtres, par exemple). Une bonne mise en œuvre et une jonction soignée entre la fenêtre et la structure en bois sont primordiaux pour garantir la continuité des performances (principalement l'étanchéité à l'air et à l'eau, et l'isolation thermique).

## 2.7 Utilisation durable des ressources naturelles (pp. 29-30 et 12-15)

La mise en œuvre des constructions en bois doit être mûrement réfléchie si l'on souhaite profiter au maximum de ses avantages écologiques (construction 'basse énergie', utilisation de ressources renouvelables, ...). Cet article présentera une analyse du cycle de vie complète d'une paroi dans une construction en bois comparée à celle d'une maçonnerie lourde. Dans tous les cas, l'usage de bois d'exploitation durable et locale, ainsi qu'un traitement et un entretien adaptés à l'usage constituent des éléments à prendre en compte pour qui-

conque entend construire en bois de façon pérenne.

L'humidité constituant un risque majeur de pathologies, il est indispensable d'assurer une étanchéité efficace à la pluie, une barrière anticapillaire et une conception optimale afin d'éviter tout risque de condensation au sein de la paroi. Il convient dès lors d'opérer un choix pertinent des matériaux et des traitements de préservation, de prévoir une bonne coordination des travaux et de bien maîtriser les technologies.

Avec l'ajout de cette septième et dernière exigence, le nouveau Règlement européen sur les produits de construction favorise davantage l'utilisation du bois comme matériau de structure. Par ailleurs, la mise en application du marquage CE (voir pp. 8-9) permettra de garantir à l'utilisateur la conformité des éléments en bois aux exigences des normes européennes.

Le secteur de la construction en bois n'a cependant pas attendu cette mise en conformité avec les exigences essentielles pour continuer à faire évoluer les matériaux et les techniques de mise en œuvre. Il n'existe aujourd'hui plus de frein technique à l'utilisation du bois dans les ouvrages de construction. Mieux encore : à ce jour, la construction en bois a dépassé le niveau de 'conformité' et peut atteindre des performances très élevées, notamment du point de vue de la gestion des températures, du confort acoustique, de la stabilité et du comportement au feu.

## 3 Et dans le futur...

Les exigences de plus en plus sévères imposées en matière d'économie d'énergie (bâtiment 'zéro énergie') et de développement durable devraient garantir un bel avenir et une progression importante des constructions en bois. Cette progression devrait en outre bénéficier du double défi que constitue la croissance démographique combinée au déficit de surfaces habitables. La construction en bois peut en effet s'affranchir du relief et ainsi se développer dans des zones difficilement accessibles aux autres systèmes constructifs. De plus, dans les zones à forte densité de population, la technique de la construction en bois permet de bâtir des étages supplémentaires dans des logements existants, sans qu'il soit nécessaire de renforcer la structure sous-jacente.





# Le marquage CE des éléments en bois

Les ouvrages de construction doivent être conçus et réalisés de manière à ne pas compromettre la sécurité des occupants et à ne pas nuire à l'environnement. Ils font ainsi l'objet de règles nationales ayant une influence directe sur les exigences applicables aux produits de construction. Afin d'éviter une prolifération de dispositions nationales qui entraverait les échanges au sein de l'Union européenne, le Conseil a adopté, en décembre 1988, la Directive 89/106/CEE, communément appelée 'Directive sur les produits de construction' ou DPC. Celle-ci a été remplacée, en avril 2011, par le Règlement n° 305/2011, également appelé 'Règlement sur les produits de construction' ou RPC.

## RPC : quelles implications ?

Ce nouveau Règlement européen ne fixe plus six, mais bien sept exigences fondamentales applicables aux ouvrages de construction. Ces exigences portent sur la résistance mécanique, la sécurité en cas d'incendie, la santé et la sécurité des personnes, la protection de l'environnement et la protection contre le bruit, l'économie d'énergie et, enfin, la durabilité.

Le RPC a une particularité importante : alors que son champ d'application concerne les produits de construction, les exigences fondamentales qu'il renferme s'appliquent aux ouvrages de construction dans leur ensemble et non aux produits eux-mêmes. Dès lors, il importe que les produits de construction soient aptes à l'usage auquel ils sont destinés au sein d'un ouvrage. Lors de la commercialisation, le fabricant doit accompagner les produits :

- d'une déclaration de leurs performances, qui remplace la déclaration de conformité de la DPC et qui exprime les performances du produit en ce qui concerne ses caractéristiques essentielles (résistance mécanique, réaction au feu, ...)
- d'un marquage CE, par lequel le fabricant atteste que son produit est conforme aux performances déclarées.

Pour plus de détails à ce sujet, le lecteur intéressé est invité à consulter le site du CSTC ([www.cstc.be/go/ce](http://www.cstc.be/go/ce)).

Dans le cas des constructions en bois, le RPC et le marquage CE qui en découle devraient favoriser le libre-échange des produits en bois, grâce notamment à un étiquetage indiquant leurs performances techniques de manière claire et uniformisée. Le marquage CE devient dès lors le passeport des produits en bois.



1 | Exemple de marquage CE apposé à même l'élément

Cette information, commune aux entreprises du secteur, devrait permettre de fournir des références et des garanties aux prescripteurs et aux consommateurs professionnels et particuliers, tout en assainissant le jeu de la concurrence. Les caractéristiques ainsi exprimées faciliteront l'usage des Eurocodes et, plus particulièrement, de l'Eurocode 5, qui décrit la conception et le dimensionnement des structures en bois.

## Marquage CE : à partir de quand est-il obligatoire ?

Entré en vigueur en avril 2011, le RPC a prévu des mesures transitoires pour donner le temps nécessaire au secteur de s'y conformer, certains articles et annexes ne s'appliquant qu'à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2013.

La date à partir de laquelle l'apposition du marquage CE sur les éléments en bois devient obligatoire varie donc en fonction de la longueur de la période transitoire. A titre indicatif, la figure 2 (voir p. 9) fournit les dates à partir desquelles le marquage CE est devenu obligatoire pour les principaux éléments en bois et à base de bois utilisés dans les constructions en bois. Les éléments en bois que l'on peut également retrouver dans les structures en maçonnerie ne sont pas repris ici.

## Le marquage CE des bois de structure à section rectangulaire

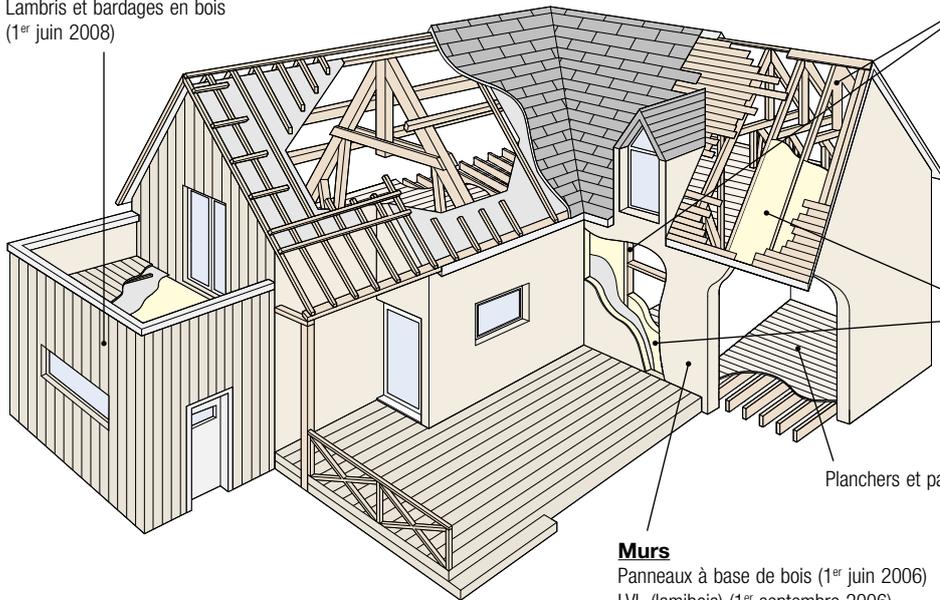
La variabilité des types et des qualités de bois disponibles permet de combiner une multitude d'espèces et de niveaux de résistance qui fournissent ainsi des propriétés mécaniques différentes, mais compliquent également les calculs de conception.

Le classement de la résistance permet de regrouper les espèces possédant des propriétés mécaniques similaires, ce qui les rend interchangeables (d'un point de vue mécanique). Le concepteur peut dès lors prescrire une classe de résistance spécifique et utiliser les valeurs caractéristiques (résistance en flexion, en traction, ...) de cette classe pour les calculs de conception.

Dans le cas spécifique des bois de structure à section rectangulaire, les différentes classes de résistance sont mentionnées dans la norme NBN EN 338 (voir tableau p. 9). La lettre C désigne les résineux et la lettre D les feuillus. Le nombre accolé à chacune de ces lettres correspond à la contrainte caractéristique de flexion. Lorsqu'une essence feuillue ne satisfait pas à la classe de résistance la plus basse (soit la classe D30), elle rejoint la classe de résistance C (cas du peuplier).



Lambris et bardages en bois  
(1<sup>er</sup> juin 2008)



### Structure portante

Bois lamellé-collé (1<sup>er</sup> décembre 2012)  
Bois de structure à section rectangulaire  
(1<sup>er</sup> janvier 2012)  
Éléments de structure préfabriqués utilisant des connecteurs à plaque métallique emboutie (1<sup>er</sup> novembre 2010)  
Poutres et colonnes composites légères à base de bois (16 octobre 2004)

### Isolation

Produits isolants thermiques manufacturés en fibres de bois (1<sup>er</sup> septembre 2010)  
Produits isolants thermiques manufacturés en laine de bois (1<sup>er</sup> septembre 2009)

Planchers et parquets en bois (1<sup>er</sup> mars 2010)

### Murs

Panneaux à base de bois (1<sup>er</sup> juin 2006)  
LVL (lamibois) (1<sup>er</sup> septembre 2006)  
Panneaux légers autoportants (1<sup>er</sup> novembre 2006)  
Panneaux porteurs préfabriqués à base de bois (1<sup>er</sup> novembre 2007)

### Construction en bois

Kits de maisons à ossature en bois (24 mai 2004)  
Kits de maisons à bois empilés (28 février 2005)

## 2 | Dates d'apposition du marquage CE pour différents éléments en bois et à base de bois

Deux méthodes sont utilisées pour déterminer la classe de résistance des différentes essences (voir norme NBN EN 14081) :

- la méthode visuelle, qui répartit le bois résineux de structure conformément à la norme NBN B 16-520 en quatre classes (S4, S6, S8 et S10) correspondant respectivement aux classes de résistance C16, C18, C24 et C30. Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que la classe S10 allemande correspond à la classe S8 belge. Pour éviter toute erreur, il convient de se référer aux classes C et D correspondantes (mentionnées dans le marquage CE). En Belgique, il n'existe pas de système de classement visuel des feuillus indigènes et tropicaux de structure
- la méthode de contrôle automatique par

machine, indiquant directement la classe de résistance.

Le marquage CE du bois de structure est nécessaire pour identifier de manière visible et explicite la résistance mécanique du bois et pour assurer l'identification du responsable qui lui a attribué cette performance en cas de contestation.

Deux façons d'apposer le marquage coexistent : le marquage par pièce ou par paquet (\*). Le bois de structure classé visuellement est marqué selon l'une ou l'autre méthode d'apposition, sauf restrictions nationales éventuelles du pays de localisation du client. Le bois de structure classé par machine est, quant à lui, marqué sur chaque pièce.

Le marquage CE des bois de structure à section rectangulaire est devenu obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2012, comme le stipule la norme NBN EN 14081. Selon cette dernière, les caractéristiques essentielles à mentionner sont la résistance mécanique (classe de résistance), la stabilité, la durabilité (durabilité naturelle ou traitement de préservation requis) et la réaction au feu.

Pour plus de détails concernant le marquage CE des bois de structure, nous invitons le lecteur intéressé à consulter la brochure 'Le marquage CE des bois de structure à section rectangulaire et le classement pour leur résistance' de F. Deneufbourg, M. Defays et H. Frère (téléchargeable sur [www.houtinfo bois.be](http://www.houtinfo bois.be)).

### Exemples de classes de résistance du bois de structure selon la norme NBN EN 338

Caractéristique	Classe de résistance									
	Résineux					Feuillus				
	C16	C18	C24	C30	C40	D30	D40	D50	D60	D70
Flexion [N/mm <sup>2</sup> ]	16	18	24	30	40	30	40	50	60	70
Résistance de compression axiale [N/mm <sup>2</sup> ]	16	18	21	23	26	23	26	29	32	34
Module moyen d'élasticité axiale [kN/mm <sup>2</sup> ]	8	9	11	12	14	10	11	14	17	20
Masse volumique moyenne [kg/m <sup>3</sup> ]	370	380	420	460	500	640	700	780	840	1080
Classe visuelle	S4	S6	S8	S10	-	-	-	-	-	-

(\*) La norme NBN EN 14081 définit la notion de paquet comme le bois d'une classe de résistance donnée, d'une essence ou combinaison d'essences donnée, et d'une section ou de plusieurs sections données, destiné à être utilisé pour une structure donnée, classé par une équipe donnée et devant être livré à un client donné.



# Performances énergétiques des constructions en bois

Les bâtiments dotés de parois en bois présentent plusieurs avantages en termes de performances énergétiques. Le présent article les illustre dans la perspective d'une réglementation thermique en constante évolution. Nous montrerons également des exemples de nœuds constructifs conformes à la PEB et aborderons enfin plus en détail le confort estival.

Depuis 2006, les diverses Régions de notre pays ont introduit une réglementation relative aux performances énergétiques et au climat intérieur des bâtiments neufs (PEB). Pour satisfaire à ces réglementations, les valeurs U (coefficient de transmission thermique) des parois ne peuvent pas dépasser certaines limites (valeurs  $U_{max}$ ), fixées par chaque Région et disponibles sur leurs sites respectifs (voir [www.normes.be](http://www.normes.be), domaine 'Energie et climat intérieur'). Ces valeurs limites ne cessent d'évoluer. Au moment de publier le présent numéro, la valeur limite des façades et toitures oscille, selon les Régions, aux alentours de 0,3 W/m<sup>2</sup>K (voir tableau A pour les valeurs exactes). Sous la pression de l'Europe, ces réglementations thermiques se verront renforcées. En matière de constructions neuves, tous les bâtiments devront être à consommation d'énergie quasi nulle d'ici 2020. Le secteur de la rénovation est lui aussi concerné et les critères seront également de plus en plus sévères.

La sévérité croissante des exigences en matière de performances énergétiques nécessitent des épaisseurs d'isolation de plus en plus importantes. Il est probable que ces épaisseurs augmenteront encore sensiblement, dans la mesure où la valeur limite du coefficient de transmission thermique des parois extérieures opaques continuera à baisser dans les dix prochaines années pour atteindre environ 0,15 à 0,10 W/m<sup>2</sup>K (soit les mêmes valeurs que celles des maisons passives). En Région de Bruxelles-Capitale, les niveaux d'exigence équivalant au standard passif seront même obligatoires pour tous les projets de nouvelle construction à partir de 2015.

## Caractéristiques et avantages des constructions en bois

L'augmentation du niveau d'isolation thermique global des bâtiments, tant pour les nouvelles constructions que pour les réno-

vations, incite à accorder de plus en plus d'attention à la performance de l'enveloppe du bâtiment. Le bois étant un faible conducteur de chaleur ( $\lambda \approx 0,13$  à  $0,17$  W/mK) et la plupart des constructions en bois se caractérisant par une structure creuse, ce type de construction se prête idéalement à la réalisation de bâtiments présentant une isolation thermique de haute qualité. Dans le cas de la construction à ossature en bois, l'espace entre les montants peut même être complètement rempli de matériau isolant.

Les matériaux d'isolation souples (tels que la laine minérale, la laine de bois ou la cellulose) placés sous forme de panneaux semi-rigides ou de flocons à insuffler conviennent en principe mieux au remplissage du creux entre les éléments de bois. En plaçant une couche d'isolation supplémentaire à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la paroi, la résistance thermique peut encore être accrue et la faiblesse thermique au droit des montants peut être limitée. Par ailleurs, ces couches

supplémentaires peuvent aisément être réalisées de manière ininterrompue. Les déperditions thermiques induites par les montants peuvent également être réduites en utilisant des éléments à section en forme de I, ce qui permet de limiter la fraction de bois dans la paroi (pourcentage de bois par rapport à l'isolation). Des panneaux rigides présentant une valeur  $\lambda$  assez favorable, tels que le polyuréthane (PUR) ou le résol (RF) (de l'ordre de 0,020 W/mK) peuvent être utilisés comme isolation supplémentaire. Lors du choix des matériaux destinés aux parois extérieures, il est essentiel de tenir compte de la résistance à la diffusion de vapeur d'eau des couches respectives et, si nécessaire, de prévoir un pare-vapeur adapté du côté chaud de l'isolation, afin d'éviter la condensation interne. Grâce à des modèles de simulation tels que la méthode de Glaser, il est possible de voir s'il existe un risque de condensation par diffusion de vapeur (fonction du climat intérieur) et de déterminer éventuellement les performances du pare-vapeur. Des outils de simulation dynamique plus élaborés permettent également d'évaluer le comportement hygrothermique des parois. Notons à cet égard qu'il est crucial de veiller également à l'étanchéité à l'air de la paroi, vu que la plupart des problèmes d'humidité sont dus aux flux d'air dans l'enveloppe du bâtiment. En adoptant les mesures précitées (et éventuellement en les combinant), il est relativement facile d'atteindre, avec une construction à ossature en bois, des

A | Valeurs U maximales pour murs extérieurs et toitures selon la réglementation thermique actuelle des diverses Régions de notre pays

Région	$U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> K]	
	Murs extérieurs	Toiture
Région wallonne	0,32	0,27
Région de Bruxelles-Capitale	0,4	0,3
Région flamande	0,32 (à partir du 01/01/14 : 0,24)	0,27 (à partir du 01/01/14 : 0,24)

valeurs U d'environ 0,15 W/m<sup>2</sup>K et des valeurs K globales plus ou moins égales à 30.

A niveau d'isolation thermique égal, l'épaisseur d'une structure portante en maçonnerie ou en béton sera toujours supérieure à celle d'un bâtiment à ossature en bois.

La technique de l'ossature en bois est de plus en plus utilisée dans le cadre de la rénovation (par exemple, lors de la pose contre une façade existante de panneaux préfabriqués parfois pourvus dès l'atelier d'une maçonnerie extérieure et/ou d'installations).

Enfin, il peut s'avérer intéressant de combiner une structure portante lourde (qui procure une inertie thermique supplémentaire, favorable au confort estival) avec des parois extérieures en panneaux de bois légers bien isolés. Ce mode de construction hybride est de plus en plus courant, notamment dans les bâtiments tertiaires tels que les immeubles de bureaux.

### Nœuds constructifs

Les réglementations PEB imposent de tenir compte des déperditions thermiques par les nœuds constructifs lors de la détermination des niveaux K et E. Les nœuds constructifs désignent les endroits de l'enveloppe du bâtiment où les parois se rejoignent (jonction entre une fenêtre et la maçonnerie, jonction en pied de mur, ...) et les endroits où la couche isolante est interrompue localement (colonne, ancrage ponctuel, balcon, ...).

Les réglementations PEB fixent la manière de déterminer l'influence des nœuds constructifs sur le coefficient de transmission de chaleur. Trois méthodes sont proposées. La méthode la plus utilisée (option B : méthode des nœuds thermiques conformes à la PEB) prévoit une petite pénalité forfaitaire sur le niveau K pour les nœuds constructifs à pont thermique négligeable (conformes à la PEB).

Un nœud constructif est conforme à la PEB s'il satisfait au moins à l'une de ces conditions :

- soit sa performance énergétique est meilleure qu'une certaine valeur limite ( $\psi \leq \psi_{e,lim}$ )
- soit en répondant à l'une des règles de base pour un élément à pont thermique négligeable.

On tentera d'abord de rendre le nœud

### B | Caractéristique thermique des matériaux isolants utilisables dans une construction à ossature en bois et de matériaux de construction courants

Caractéristique	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK] (1)	$\lambda$ [W/mK]	C [J/m <sup>2</sup> K] (2)
Matériaux d'isolation				
Laine minérale	30	1.030	0,035 (3)	4.326
Flocons de cellulose	45	1.600	0,040 (3)	10.080
Panneau de fibres de bois	160	2.000	0,039 (3)	15.400
Matériaux de construction (4)				
Bois	550	1.600	0,13	112.760
Brique (pleine)	2.100	1.000	0,81	294.000
Béton (armé)	2.500	1.000	1,7	350.000
(1) Les valeurs de c sont issues de la norme NBN EN ISO 10456. (2) Les valeurs de C sont calculées pour une épaisseur de couche admise de 14 cm. (3) Valeurs indicatives. (4) Les valeurs de $\lambda$ sont issues du document de référence en matière de transmission PEB.				

constructif conforme à la PEB en satisfaisant aux règles de base. Pour de plus amples informations, le lecteur intéressé consulera [Les Dossiers du CSTC 2010/3.16](#).

### Confort estival

Le confort estival des bâtiments composés de parois extérieures légères, comme dans le cas de la construction à ossature en bois, suscite parfois des questions. Du fait de leur masse relativement faible, les murs et les planchers affichent une inertie thermique plus basse que les constructions massives. Cependant, ces caractéristiques n'entraînent pas forcément un plus grand risque de surchauffe. Si le bâtiment est conçu et réalisé correctement en tenant compte des principes de base présentés ci-après, il est tout à fait possible d'obtenir un confort estival satisfaisant.

La qualité de réalisation des parois extérieures en bois a une influence indéniable sur le confort estival, mais l'incidence des surfaces vitrées dans l'enveloppe du bâtiment et la présence de protections solaires sont plus importantes. De larges surfaces vitrées laissent passer une plus grande quantité de chaleur (rayonnement solaire) à l'intérieur et l'empêchent de s'échapper par cette même voie (effet de serre). La première mesure essentielle pour un bon confort estival consiste dès lors à limiter la surface vitrée à ce qui est nécessaire pour bénéficier d'un apport de lumière naturelle suffisant et à prévoir des stores pare-soleil performants, de préférence mobiles, afin de laisser entrer l'énergie solaire en hiver et en mi-saison (exploitation des gains solaires passifs, réduction de la consommation de carburants

fossiles) et de limiter la pénétration de chaleur durant les périodes de grande chaleur.

En été, la chaleur qui entre par les parties vitrées ou les parois doit être évacuée autant que possible grâce à la ventilation nocturne. Pour ce faire, il y a lieu de prendre un certain nombre de dispositions pratiques (menuiseries ouvrantes, pose de grilles anti-effraction, ...).

Enfin, la capacité thermique des éléments environnants (murs, sol, ...) joue également un rôle en influençant la dynamique de l'évolution de la température intérieure. Plus un bâtiment a une capacité thermique élevée, plus la température à l'intérieur des locaux augmentera lentement, mais plus elle baissera lentement après une période de grande chaleur. La capacité thermique d'une paroi est déterminée par sa masse volumique et la capacité thermique 'c' des matériaux la composant. A cet égard, les parois à ossature en bois, en raison de leur masse plus faible, offrent de moins bons résultats que les parois massives en maçonnerie ou en béton.

L'impact de l'utilisation de matériaux ayant une capacité thermique et une densité élevées est toutefois limité par rapport à celui des autres facteurs susmentionnés. L'essentiel est donc d'empêcher la chaleur d'entrer (en limitant la surface vitrée et en prévoyant des stores pare-soleil) et d'évacuer le plus vite possible la chaleur entrante (ventilation nocturne).

Pour plus d'informations sur le confort estival dans les constructions légères telles que les toitures inclinées, nous renvoyons le lecteur vers [Les Dossiers du CSTC 2010/3.6](#).

# Maîtrise de l'humidité

L'humidité peut être à l'origine de nombreuses pathologies, et ce quel que soit le type de construction. Dans le cas de structures en bois, il s'avère souvent encore plus important de maîtriser l'humidité si l'on souhaite garantir une durabilité satisfaisante.

Si l'humidité du bois est supérieure à 20 %, le risque de voir des champignons se développer est bien réel. Il s'ensuit une diminution drastique des capacités mécaniques pouvant entraîner la ruine de l'élément.

Au niveau des isolants, une humidité trop importante peut également engendrer une diminution des performances thermiques ainsi que des dégradations d'origine fongique ou bactérienne. Pour certains matériaux d'isolation, et particulièrement les isolants celluloseux insufflés, une humidité élevée peut générer des tassements significatifs induisant ainsi des ponts thermiques dans la partie supérieure des parois.

De même, l'humidité contenue dans des matériaux à cellules ouvertes, poreux, fibreux ou hygroscopiques, comme le bois, engendre une diminution des capacités thermiques. A titre d'exemple, la conductivité thermique du bois résineux est de 0,12 W/mK à un taux d'humidité de 15 %. La capacité d'isolation diminue de 15 à 40 % lorsque le taux d'humidité du matériau dépasse 20 %. L'excès d'humidité dans un élément de type poreux ou fibreux peut également mener à des gonflements significatifs. Des pertes mécaniques peuvent en résulter avec pour conséquences possibles des poinçonnements au niveau des fixations de panneaux (\*).

L'humidité génère également des sollicitations sur les éléments collés (ou lamellés-collés). Ainsi, il y a lieu de tenir compte de l'exposition des éléments au moment de choisir le type de collage et d'augmenter la qualité du collage si nécessaire (WBP : *weather and boil proof*).

Le respect de certains principes relatifs à la conception et à l'exécution des constructions en bois permet néanmoins de garantir les performances dans le temps. Nous en explicitons ci-après les principaux.

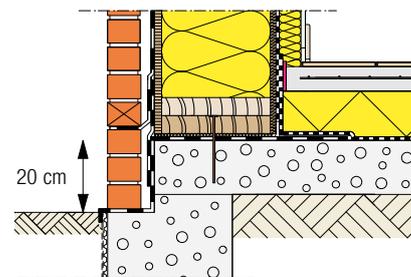
## 1 Protéger les pieds de mur contre les remontées d'humidité

Il convient de placer des barrières anticapillaires entre les pièces de bois et les autres éléments du gros œuvre (entre un radier en béton armé et la lisse de réglage, par exemple). La continuité de ces barrières, souvent constituées de plusieurs éléments, doit être assurée soit par un assemblage collé sur 10 cm, soit par un recouvrement de 20 cm. Une attention particulière sera accordée aux recouvrements de ces membranes dans les angles, sous les chapes et les pieds de mur, aux raccords des portes, ... Ces barrières anticapillaires sont habituellement constituées d'une membrane bitumeuse de 2 à 3 mm d'épaisseur, d'une membrane en polyéthylène ou en polypropylène ou encore d'une membrane élastomère de type EPDM. D'autres matériaux peuvent être utilisés, pour autant qu'ils répondent à des critères d'étanchéité (étanchéité égale ou supérieure à 10 kPa selon la norme NBN EN 1928), de durabilité (selon les normes NBN EN 1296 et NBN EN 1928) et de résistance à la déchirure (selon la norme NBN EN 12310-1).

Une hauteur de protection est requise entre le niveau fini extérieur et la lisse inférieure. Cette hauteur est d'au moins 20 cm (voir figure 1). Cependant, il est parfois recommandé de l'augmenter de manière nette-ment plus importante (lorsque le bâtiment est situé dans des zones inondables, par exemple). La construction de parois en bois sous le niveau du sol fini extérieur est donc proscrite.

## 2 Assurer une barrière efficace contre les intempéries

L'étanchéité des façades peut être assurée soit par un système de type 'coulisse drainée' (un parement en briques, un bar-



1 | Hauteur de protection requise entre le niveau fini extérieur et la lisse inférieure

dage, ...) soit par une barrière d'étanchéité extérieure (revêtements collés sans coulisse, enduits sur isolant extérieur, ...). Dans cette dernière éventualité, l'eau ne peut en aucun cas traverser la barrière d'étanchéité. Des essais réalisés en laboratoire doivent pouvoir démontrer que l'étanchéité à l'eau est garantie jusqu'à des différences de pressions d'air de minimum 600 Pa (selon la méthode A de la norme NBN EN 12865). En présence de façades très exposées aux pluies battantes (fonction de sa hauteur et de son orientation), l'étanchéité devra être garantie pour des différences de pressions d'air encore plus importantes.

Pour un parement avec coulisse, on admet que l'écran extérieur (la maçonnerie de parement, par exemple) ne soit pas complètement étanche. L'eau traversant le parement et devra être drainée vers l'extérieur au droit de chaque interruption de la coulisse (pied de façade, en amont des menuiseries, ...). Dans les constructions en bois, il est recommandé que la coulisse soit ventilée. Il est primordial que les liaisons entre le parement et l'ossature en bois empêchent le transfert de l'eau vers cette dernière. Les crochets doivent donc être positionnés en (légère) pente vers le parement et/ou présenter un casse-goutte. Lorsque le parement extérieur comporte des ouvertures (bardage ajouré,

(\*) Concernant ces derniers, notre article 'Les panneaux de bois et leurs applications' (voir [Les Dossiers du CSTC 2009/3.8](#)) explique comment choisir des panneaux en fonction du risque d'exposition à l'humidité.



par exemple), le pare-pluie doit être suffisamment résistant aux UV. Il doit comporter des recouvrements suffisants (10, voire 15 cm) ou des dispositifs d'assemblage appropriés (rainures et languettes de profondeur suffisante, ...).

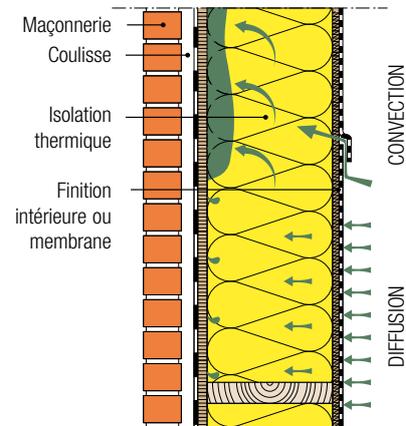
Même si les panneaux faisant habituellement office de pare-pluie possèdent une étanchéité contre le ruissellement d'eau et, de par leur composition, offrent une durabilité suffisante vis-à-vis de l'humidité, ils n'assurent cependant pas une étanchéité contre la pluie battante. La mise en œuvre du parement extérieur et/ou d'une membrane d'étanchéité à l'eau complémentaire est donc requise dans un délai rapide. De même, en cas d'utilisation d'isolants sensibles à l'humidité, il y a

lieu de procéder à leur mise en œuvre après la réalisation du parement.

### 3 Eviter la condensation interne dans la paroi

L'occupation d'une habitation génère, pour un ménage de quatre personnes, une quantité d'humidité sous forme de vapeur pouvant atteindre 5 à 15 kg, par jour. Dans le cas de locaux d'habitation, le transfert de vapeur se fait, durant les périodes froides, de l'intérieur vers l'extérieur. Ce transfert s'accompagne d'un risque de condensation interne à la paroi (voir figure 2). Pour diminuer ce risque, plusieurs mesures doivent être envisagées.

### 2 Risque de condensation dans une paroi à ossature en bois en cas d'étanchéité à l'air déficiente



## PERMÉABILITÉ À LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU

### A | Ordre de grandeur des valeurs $\mu$ et $\mu_d$ de quelques matériaux courants

Matériau	Épaisseur	$\mu$	$\mu_d$ ou $S_d$
Air (référence)	1 m	1	1 m
Plaque de plâtre	13 mm	4 à 10	0,05 à 0,13 m
OSB	1,2 cm	30 à 170	0,4 à 2 m
Contreplaqué	-	50 à 250	-
Laine de verre	40 cm	1	0,4 m
Panneau de fibres de bois	1,2 cm	5 à 10	0,06 à 0,12 m
Cellulose (vrac)	20 cm	2	0,4 m
Brique	20 cm	10 à 16	2 à 3,2 m
Polyéthylène	0,15 mm 0,15 mm	100.000	15 m
Membrane à perméabilité variable	0,2 mm	-	0,25 à 10 m
Bitume	4 mm	50.000	200 m

Deux grandeurs caractérisent les matériaux en ce qui concerne la diffusion de la vapeur d'eau :

- la valeur  $\mu$  indique dans quelle mesure un matériau s'oppose à la diffusion de la vapeur d'eau. C'est une grandeur sans unité qui est propre à chaque matériau. Ainsi, des panneaux à base de bois ont généralement des valeurs  $\mu$  comprises entre 30 et 250 alors que le polyéthylène (feuille plastique pouvant faire office de pare-vapeur) a une valeur  $\mu$  de 100.000.
- la valeur  $\mu_d$  ou  $S_d$  permet, quant à elle, de quantifier la résistance à la diffusion à la vapeur d'une couche. On ne fait donc plus seulement intervenir le matériau, mais également l'épaisseur de la couche. Une feuille de polyéthylène de 0,1 mm d'épaisseur aura, par exemple, une résistance à la diffusion de la vapeur d'eau de 10 m ( $100.000 \times 0,0001 \text{ m} = 10 \text{ m}$ ), alors qu'un panneau de bois de 18 mm d'épaisseur aura une valeur  $\mu_d$  ou  $S_d$  comprise entre 0,9 et 3,6 m. Plus les valeurs de  $\mu_d$  et  $S_d$  sont élevées, plus l'imperméabilité à la vapeur d'eau sera grande. La présence de discontinuités (jonctions non collées, par exemple) influence fortement la valeur  $\mu_d$  ou  $S_d$  réelle. Le tableau A donne un ordre de grandeur des valeurs  $\mu$  et  $\mu_d$  de matériaux courants.

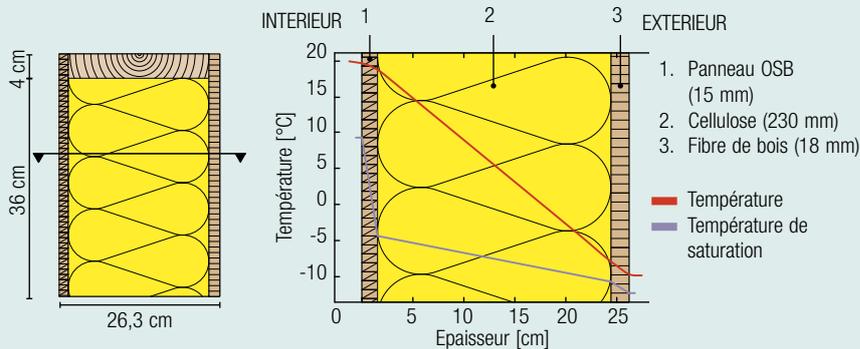
Certains matériaux affichent une variabilité assez importante dans leurs performances d'étanchéité à la vapeur d'eau. Cette variabilité dépend non seulement du produit, mais également de l'humidité relative de l'air dans laquelle il est conservé. Pour l'étude du comportement hygrothermique d'une paroi et, plus généralement, pour le choix des matériaux, il y a lieu de considérer des valeurs de  $\mu_d$  ou  $S_d$  sécuritaires ou d'obtenir du fournisseur de matériaux des valeurs certifiées. Outre le fait de concevoir la paroi de sorte que les différentes couches qui la composent aient une perméabilité à la diffusion de la vapeur d'eau croissante de l'intérieur vers l'extérieur, une règle empirique recommande que le rapport entre la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau des couches situées du côté chaud et du côté froid de l'isolant soit supérieur à 6 et, de préférence, à 15. L'utilisation d'un panneau OSB de 15 mm d'épaisseur du côté extérieur (côté froid de l'isolant) ne pourrait donc être envisagée qu'en présence d'un pare-vapeur caractérisé par une valeur  $\mu_d$  ou  $S_d$  supérieure à 13,2 ou même 33 m, ce qui n'est pas atteint avec les membranes pare-vapeur habituellement utilisées dans les constructions à ossature en bois.

L'exemple présenté dans la figure 3 à la page suivante propose une composition de paroi respectant la perméabilité croissante de l'intérieur vers l'extérieur et le rapport recommandé (6 à 15).

Lorsque les critères précisés ci-avant ne sont pas respectés, il y a lieu d'effectuer une étude hygrothermique complète qui tiendra compte de la composition précise de la paroi, des caractéristiques hygrothermiques des matériaux, des climats intérieur et extérieur, ... L'utilisa-



### 3 | Exemple d'une composition de paroi respectant à la fois la perméabilité croissante de l'intérieur vers l'extérieur et le rapport recommandé de 6 à 15



tion d'un enduit sur un isolant apposé sur une ossature en bois nécessitera également une telle analyse. A l'heure actuelle, il n'existe pas d'agrément technique en Belgique pour des systèmes ETICS appliqués sur ce type d'ossature. Ces techniques nécessitent des études approfondies et un suivi dans la mise en œuvre et le contrôle des matériaux.

La conception d'une toiture compacte nécessite également une étude hygrothermique approfondie et le maintien de conditions strictes (voir [Les Dossiers du CSTC 2012/2.6](#)).

#### 3.1 Eviter la migration de vapeur d'eau par convection

Ce phénomène de migration par convection peut engendrer des désordres très importants (généralement bien plus prononcés qu'en cas de migration par diffusion). Il convient dès lors d'assurer l'étanchéité à l'air de la paroi.

#### 3.2 Eviter la migration de vapeur d'eau par diffusion

Il y a lieu de prévoir la pose d'un écran pare-vapeur du côté intérieur de la paroi (côté chaud de l'isolant). Idéalement, les couches composant la paroi auront, de l'intérieur vers l'extérieur, une perméabilité à la vapeur d'eau croissante. Ceci permet en effet à la vapeur d'eau qui aurait traversé une couche de poursuivre sa migration vers l'extérieur en limitant le risque de condensation interne.

#### 3.3 Garantir un climat intérieur aussi favorable que possible

Le climat intérieur (température et humidité

relative) définit la pression de vapeur que subira la paroi. Dans les immeubles à usage résidentiel, il est conseillé de maintenir un climat intérieur de classe 1 ou 2, ce qui correspond à une température de l'ordre de 20 °C et un taux d'humidité relative compris entre 30 et 60 %. Ces types de climat sont très aisément atteints si un chauffage suffisant et une ventilation permanente des locaux sont assurés.

#### 3.4 Limiter autant que possible l'humidité initiale de la construction en bois

Les phases de construction doivent être planifiées afin d'éviter qu'à la suite des intempéries, l'ossature ne se charge d'humidité. La préfabrication offre à cet égard des solutions souvent intéressantes. Il convient également de veiller à ce que les matériaux soient mis en œuvre à des taux d'humidité proches de l'équilibre afin, d'une part, d'éviter de charger les parois en humidité dès la phase de construction et, d'autre part, d'éviter les problèmes d'instabilité dimensionnelle (gonflement, retrait, déformation, ...) (exemples : pour les parquets,  $H_{\text{bois}} : 10 \pm 2 \%$ ; pour le bardage,  $H_{\text{bois}} :$

$17 \pm 1 \%$ ; pour les châssis :  $H_{\text{bois}} : 15 \pm 3 \%$  et pour l'ossature,  $H_{\text{bois}} < 18 \%$ ). Cette maîtrise de l'humidité nécessite une organisation adaptée (stockage, transport, ...) et un contrôle des produits avant leur mise en œuvre.

### 4 Garantir la durabilité des éléments face aux champignons et aux insectes

Il convient de distinguer la durabilité du bois vis-à-vis des champignons et des attaques d'insectes.

Le risque de dégradation par les insectes dépend non seulement de l'essence, mais également de la zone géographique dans laquelle le bois sera mis en œuvre. Dans nos contrées, ce risque est présent et il convient soit d'utiliser une essence suffisamment résistante, soit de lui conférer cette résistance par le biais d'un traitement. Les essences résineuses habituellement utilisées dans les constructions en bois ne présentent pas une résistance naturelle suffisante aux insectes. Elles doivent donc subir un traitement de préservation (traitement de type A1) comme stipulé dans les STS 04.3.

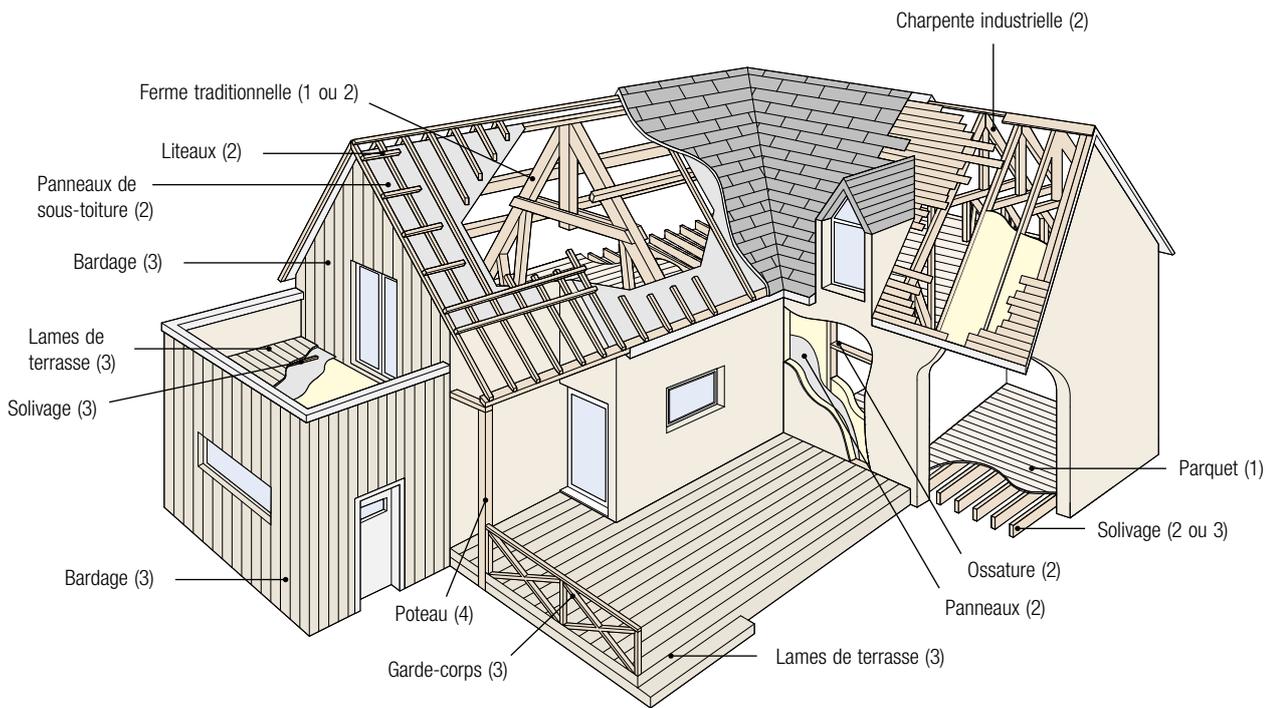
Pour apprécier la durabilité du bois ou du matériau à base de bois face aux risques d'attaques fongiques, il faut tenir compte de son taux d'humidité (ainsi que de la capacité de séchage, d'entretien, ...). Celui-ci est lié à l'environnement dans lequel le bois sera conservé. On définit, conformément à la norme NBN EN 460, cinq classes d'emploi, la cinquième étant la plus défavorable (voir tableau C).

La figure 4, à la page suivante, illustre les classes d'emploi les plus courantes pour un bâtiment résidentiel.

#### C | Classe d'emploi du bois en fonction de sa durabilité par rapport aux risques biologiques

Classe d'emploi	Situation	Risques biologiques	
		Insectes	Champignons
1	Intérieur ( $H_{\text{bois}} < 20 \%$ ) (*)	Oui	Non
2	Non exposé (parfois $H_{\text{bois}} > 20 \%$ ) (*)	Oui	Faibles
3	Exposé aux intempéries (souvent $H_{\text{bois}} > 20 \%$ ) (*)	Oui	Oui
4	Contact avec de l'eau douce	Oui	Oui
5	Contact avec de l'eau salée	Oui	Oui

(\*) Le taux d'humidité du bois  $H_{\text{bois}}$  est défini par le rapport suivant :  $\left( \frac{\text{masse humide} - \text{masse sèche}}{\text{masse sèche}} \right) \times 100$



#### 4 | Classes d'emploi les plus courantes pour un bâtiment résidentiel (indiquées entre parenthèses)

En fonction de ces classes d'emploi, il convient de choisir les bois ayant une résistance suffisante vis-à-vis des champignons ou de leur conférer un traitement. Le choix de la classe de durabilité naturelle en fonction de la classe d'emploi est repris dans le tableau D (selon la norme NBN EN 460). La classe de durabilité naturelle du bois détermine la résistance aux attaques fongiques. Elle est propre à chaque essence et se répartit en cinq catégories, la première étant la meilleure (voir tableau E).

A titre d'exemple, les montants et les lisses d'une ossature en bois doivent être composés de bois dont la classe de durabilité naturelle est au moins égale à 3. La lisse basse doit, quant à elle, présenter une classe de durabilité au moins égale à 1 ou 2.

La plupart des essences utilisées dans les constructions en bois sont des résineux (épicéa, ...) qui présentent une durabilité naturelle de classe 4 ou 5. Ceux-ci doivent par conséquent recevoir un traitement de préservation fongicide de type A2 (voir STS 04.3) ou, de préférence, A3.

Il y a donc lieu de tenir compte du fait que les bois résineux habituellement utilisés dans les constructions en bois nécessitent toujours un traitement de préservation qui peut se limiter à un traitement contre les insectes (utilisation à l'intérieur de locaux chauffés). Dans la plupart des cas, un traitement contre les champignons est également

#### D | Classe de durabilité du bois en fonction de sa classe d'emploi

Classe d'emploi	Classe de durabilité du bois (résistance aux attaques fongiques)				
	1	2	3	4	5
1					
2				Selon l'essence	Selon l'essence
3			Selon l'essence		
4		Selon l'essence			
5					

Traitement non nécessaire  
 Traitement recommandé  
 Traitement nécessaire

#### E | Espèces de bois en fonction de leur classe de durabilité

Classe de durabilité	Espèces de bois (duramen)	
1	Afzélia doussié, bilinga, padouk	Afromosia, azobé, merbau Chêne, framiré, sipò Curupixa, pin sylvestre
2	Jatoba, wengé, WRC	
3	Mélèze, douglas, movingui, sapelli	
4	Epicéa, sapin	
5	Peuplier, hêtre	

nécessaire. En l'absence d'un traitement de préservation, le risque de dégradation n'est pas négligeable.

Les isolants de type naturel nécessitent également une protection contre les champignons, les insectes et les dégradations bactériennes. Dans les isolants de type cellulosique, cette durabilité est généralement conférée par un traitement à base de sels de bore qui pourra être remplacé par d'autres produits, pour autant qu'ils conservent les performances annoncées et qu'ils répondent aux exigences du règlement REACH sur les produits chimiques (consultable à l'adresse suivante : [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index_fr.htm)).

# Isolation acoustique dans les constructions en bois

La construction à ossature en bois permet de répondre assez facilement à la norme belge NBN S 01-400-1 relative aux immeubles d'habitation. Toutefois, cela ne signifie pas que cette technique offre un niveau de protection et un confort acoustique identiques à celui des constructions lourdes. Il sera possible d'atteindre cet objectif en recourant à des structures plus complexes. De telles dispositions se révéleront toutefois délicates à mettre en œuvre dans le cas d'appartements superposés.

## 1 Isolation acoustique suffisante dans les basses fréquences

Dans les maisons mitoyennes à ossature en bois qui n'ont pas été conçues de façon optimale, les occupants se plaignent souvent de nuisances sonores en provenance du voisinage (bruits de pas, sons de basse fréquence dus à la musique et à la télévision, ...). Les nuisances semblent surtout apparaître dans les bandes de fréquences les plus basses (< 100 Hz), lesquelles ne sont pas prises en considération par les normes acoustiques (même belges) actuellement en vigueur. Dans les constructions lourdes, cette faiblesse d'isolement aux basses fréquences n'est pas aussi marquée.

Pour les fréquences plus élevées, une bonne isolation acoustique peut être assurée en appliquant la technique de la double paroi acoustique. Cette technique entraîne toutefois une forte diminution de l'isolation acoustique en raison de l'effet de résonance de la double paroi. Ce phénomène apparaît lorsqu'est atteinte la fréquence dite de résonance masse-ressort-masse (que nous appellerons la fréquence de résonance). Pour une bonne conception dans une construction en bois, les dispositions prises doivent permettre d'envoyer la fréquence de résonance en deçà des fréquences audibles (< 50 Hz). En comparaison avec les bruits de moyenne fréquence, les signaux sonores de basse fréquence doivent en effet être considérablement plus intenses pour pouvoir être perçus. Mais dès que ces signaux franchissent le seuil d'audibilité, les petites augmentations d'intensité sonore sont ressenties de manière beaucoup plus intense et plus gênante.

De nouvelles valeurs uniques vont prochainement

entrer en vigueur. Celles-ci caractériseront l'isolation acoustique globale (à partir de l'ensemble du spectre acoustique), en tenant compte des basses fréquences. Cela signifie que les exigences performancielles issues des normes belges subiront, à terme, d'importantes modifications. Dans l'attente de ces adaptations, nous proposons ci-après des solutions qui permettent d'améliorer sensiblement le confort acoustique aux basses fréquences des parois verticales mitoyennes à ossature en bois.

## 2 Isolation acoustique entre maisons mitoyennes

### 2.1 Critères acoustiques et résistance au feu des murs mitoyens

La figure 1 compare deux structures. La structure 1a est bien moins performante (17 dB !) que sa voisine, en particulier dans des basses fréquences (telles que celles émises par le 'boumeur' d'un haut-parleur diffusant de la musique). Ceci s'explique surtout par la succession de cavités étroites entre les panneaux, entraînant des phénomènes de résonances entre 50 et 200 Hz.

Pour ramener la fréquence de résonance en dessous de 50 Hz, il est nécessaire de prévoir vers l'intérieur de l'habitation une large cavité centrale et de déplacer les panneaux positionnés du côté de la cavité (voir figure 1b).

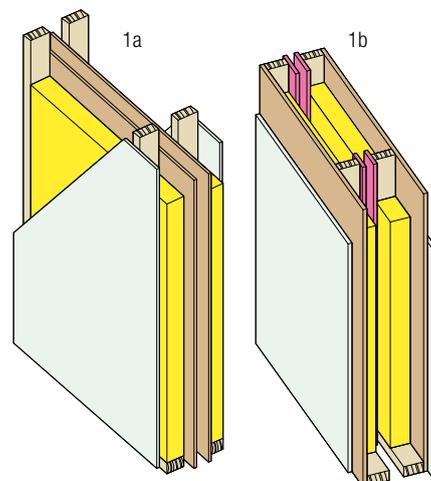
La paroi 1b permet d'atteindre un niveau d'isolation acoustique très élevé correspondant pratiquement à celui d'une paroi en béton coulé de 30 cm d'épaisseur. Cette paroi à ossature en bois améliorée a pourtant été conçue en utilisant exactement les mêmes

matériaux, tant en quantité qu'en qualité, que ceux de la paroi 1a.

Le mur mitoyen entre deux logements individuels doit également répondre à des exigences en matière incendie. Il doit présenter une résistance au feu REI 60, même en cas d'effondrement de la construction incendiée (\*). L'objectif consiste ici à éviter la propagation du feu dans le bâtiment voisin (voir figure 2, p. 17).

Il convient donc que chaque partie du mur mitoyen présente la résistance au feu REI 60 pour pouvoir faire face à un incendie provenant de la maison voisine. En l'absence de panneau du côté de la cavité, les montants ne seront pas protégés, ce qui entraînera une carbonisation plus rapide (voir pp. 19-21) et, par conséquent, un risque de perte de capacité portante plus rapide durant l'incendie. Une manière de concilier

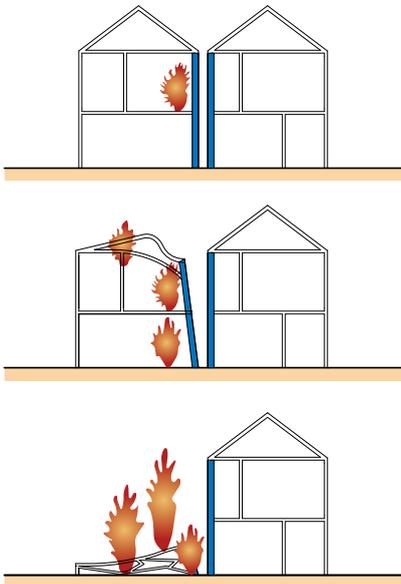
1 | Paroi à ossature en bois traditionnelle (1a) et éventuelle solution visant à améliorer l'isolation sonore d'un mur mitoyen (1b)



(\*) Suggestion du Conseil supérieur de la sécurité contre l'incendie et l'explosion 'CS/1352/10/04 – Maison unifamiliale', mai 2010.



## 2 | Effondrement d'une maison unifamiliale mitoyenne dont les différents éléments structuraux ne présentent pas la même résistance au feu



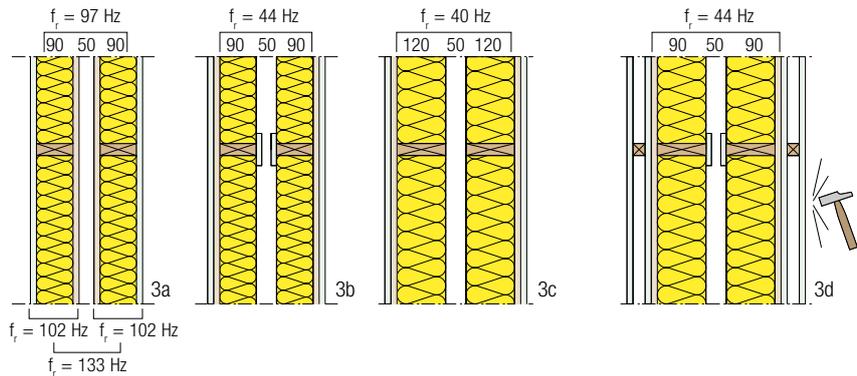
les critères acoustiques et la résistance au feu serait de déplacer les panneaux placés dans la cavité vers l'intérieur de l'habitation (voir figures 3b et 3c), d'isoler l'espace entre les montants de chaque paroi à l'aide de laine de roche pour empêcher leur carbonisation (la laine de roche a une température de fusion de l'ordre de 1.100 °C) et :

- soit de fixer des plaques ou panneaux de protection (des panneaux de fibrociment, par exemple) aux montants afin de ralentir leur combustion du côté de la cavité (et de maintenir la laine de roche en place) (voir figure 3b)
- soit de surdimensionner les montants en bois, de manière à conserver une section efficace suffisante après carbonisation de la face visible pendant 60 minutes d'incendie (voir figure 3c). Des essais de résistance au feu ont montré qu'une paroi composée de montants d'une section de 120 x 45 espacés de 600 mm répondait au critère REI 60 sous certaines conditions (charge appliquée, remplissage de l'espace à l'aide de laine de roche, utilisation de plaques de plâtre de type et d'épaisseur spécifiques, ...).

### 2.2 Éviter les bruits de choc sur le mur mitoyen

Bien que l'utilisation d'une paroi de doublage (voir figure 3d) n'influence pas de

## 3 | Fréquence de résonance et compositions types des murs mitoyens à ossature en bois



manière significative l'isolation acoustique en raison de sa large cavité centrale, elle offre néanmoins une protection supplémentaire contre les bruits de choc sur le mur mitoyen. Ainsi, la fermeture brutale des portes d'une armoire fixée ou posée contre le mur mitoyen a pour effet de faire vibrer la paroi, qui, au lieu d'assurer sa fonction d'isolation, va transmettre les vibrations. Sans l'application d'une paroi de doublage, le bruit ne sera que faiblement atténué par la masse propre (peu élevée) de l'autre partie du mur et de l'isolant poreux présent dans la cavité.

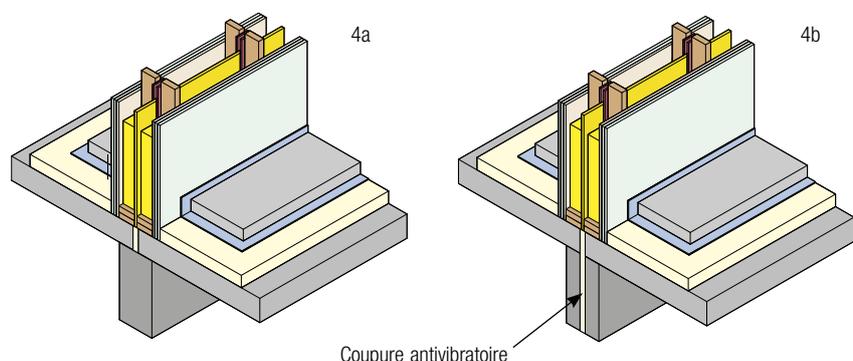
Les bruits de choc peuvent être limités en évitant de fixer des lavabos, cabines de douche et autres installations au mur mitoyen et en évitant d'y faire passer des canalisations. Il convient également de ne pas fixer ou placer l'escalier contre le mur mitoyen. L'escalier peut éventuellement être arrimé au plancher de l'étage au moyen d'une couche antivibratoire; la meilleure solution consiste cependant à réaliser un escalier autoportant, totalement indépendant du mur mitoyen.

### 2.3 Prévoir une coupure antivibratoire au droit du mur mitoyen et de la dalle flottante du rez-de-chaussée

Afin d'optimiser l'acoustique de la jonction entre des fondations en béton et un mur mitoyen en bois, il convient d'appliquer une coupure antivibratoire au droit de la cavité dans la dalle de béton (voir figure 4b) et de prévoir une chape flottante à chaque étage afin d'éviter toute transmission des bruits de choc. L'utilisation d'une simple membrane acoustique de 5 mm d'épaisseur pourrait déjà se révéler suffisante.

### 2.4 Soigner l'exécution des détails de façade, de toiture et des raccordements avec le mur mitoyen

Le bruit ne se propage pas uniquement à travers le mur mitoyen, mais peut également se diffuser dans l'habitation voisine de manière indirecte via la façade ou la toiture. Le risque de transmission indirecte des bruits



## 4 | Liaison du mur mitoyen au niveau du rez-de-chaussée et des fondations

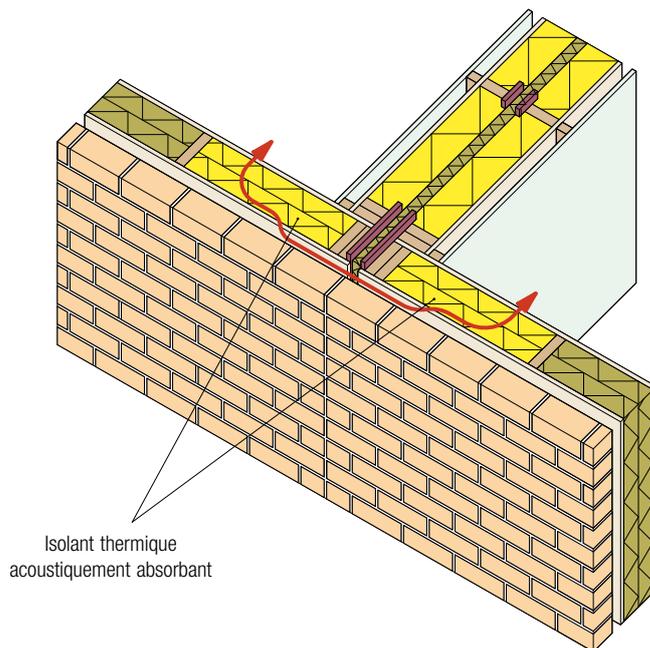
Pour de plus amples informations sur l'acoustique et les ossatures en bois, le lecteur intéressé consultera le chapitre 4 du livre électronique intitulé 'Net-Acoustics for Timber Based Lightweight Buildings and Elements' téléchargeable à cette adresse : [http://extranet.cstb.fr/sites/cost/ebook/EBOOK\\_%20Chapter%204.pdf](http://extranet.cstb.fr/sites/cost/ebook/EBOOK_%20Chapter%204.pdf).

par la façade est plus important si l'isolation thermique est assurée par un matériau rigide à cellules fermées. En effet, ce type d'isolant ne permet pas d'absorber les sons, qui peuvent dès lors se propager librement dans la cavité (voir figure 5).

Afin de prévenir ce phénomène, il est recommandé de poser, dans chaque travée du mur du façade, de part et d'autre du mur mitoyen et sur au moins 60 cm, un isolant thermique poreux, à cellules ouvertes et acoustiquement absorbant (voir figure 5). Pour des raisons thermiques, il peut être intéressant de colmater l'espace entre les parois constituant le mur mitoyen à l'aide d'un panneau

d'isolation thermique compressible. Celui-ci permettrait en effet d'éviter les mouvements d'air extérieur dans la cavité. Ce matériau peut également s'avérer utile pour des raisons de sécurité incendie. Dans ce cas, l'isolant devrait être incombustible.

Les détails du raccord à la toiture peuvent être effectués de la même manière que ceux réalisés pour les murs creux sans ancrage. Les bruits indirects pouvant se propager par des grilles de ventilation non insonorisées, il est recommandé de prévoir des grilles isolées acoustiquement dans les maisons mitoyennes, même si celles-ci sont situées dans un environnement calme.



5 | Pour empêcher la transmission des bruits directs par la façade, il est recommandé de poser, dans chaque travée d'au moins 60 cm des deux côtés du mur mitoyen, un isolant thermique poreux, à cellules ouvertes et acoustiquement absorbant.

### 3 Problématique des immeubles à appartements

Un certain nombre d'immeubles à appartements de construction récente en Europe démontrent qu'il est possible d'atteindre, avec une ossature en bois, des performances acoustiques identiques à celles des maçonneries lourdes. L'isolation acoustique des murs mitoyens de ces immeubles a été parfaitement réalisée (comme décrit ci-avant dans le cas de maisons mitoyennes).

Cet article ne traite pas en détail de la problématique de l'acoustique dans les immeubles à appartements, il n'en aborde que les grandes lignes. La grande difficulté réside principalement dans la réalisation de l'isolation acoustique dans la direction verticale. Il semble en effet difficile d'obtenir, avec des planchers en bois, une isolation suffisante aux bruits de choc et une protection acoustique similaire à celle des planchers lourds traditionnels. En outre, les valeurs uniques permettant d'évaluer ce confort semblent également poser un problème. Il faut en effet recourir à une valeur considérablement plus importante pour les planchers en bois que pour des structures lourdes si l'on souhaite que l'occupant jouisse d'un confort identique. Ceci serait notamment dû au fait que les bruits de pas sont plus diffus dans les constructions lourdes, alors qu'ils sont plus localisés dans les planchers en bois (il est possible de suivre les mouvements d'une personne se déplaçant sur un plancher en bois).

Le projet de recherche DO-IT Houtbouw (voir p. 31) vise à optimiser économiquement et techniquement les immeubles à appartements.



Jusqu'il y a peu, l'engouement pour les constructions neuves en bois dans notre pays concernait principalement les maisons unifamiliales et, plus particulièrement, les maisons à quatre façades. En effet, la sécurité incendie a longtemps été un argument de taille contre le développement de constructions en bois mitoyennes et/ou de plusieurs étages. Le présent article s'attarde sur les exigences en matière de résistance au feu en vigueur dans notre pays et fournit quelques recommandations quant à la conception et la mise en œuvre des constructions à ossature en bois, en vue de répondre aux exigences imposées aux bâtiments multirésidentiels, aux immeubles de bureaux, aux établissements scolaires, ...

## La sécurité incendie des constructions en bois

### 1 Les principes de base

La réaction au feu d'un élément de construction est régie par l'ensemble des propriétés de ce produit susceptibles d'influencer le départ et le développement d'un incendie. Le système de classification de la réaction au feu des produits de construction est décrit dans la norme NBN EN 13501-1, qui définit sept classes principales (A1, A2, B, C, D, E et F) et deux aspects additionnels, à savoir le dégagement de fumée (s1, s2 et s3) et la production de gouttelettes et de particules en feu (do, d1 et d2).

Les classes A1 et A2 correspondent aux produits dits incombustibles (le béton ou l'acier, par exemple), alors que la classe F s'applique aux produits non testés ou ayant échoué à l'essai le moins sévère de la classe E. Cette classification européenne remplace la classification belge (Ao, A1, A2, A3 et A4).

De par sa composition (principalement du carbone), le bois est un matériau combustible. Sans traitement ignifuge, le bois est généralement classé D sous certaines conditions.

La résistance au feu est l'aptitude d'un élément de construction à conserver, pendant une durée déterminée, sa fonction portante et/ou séparative. Le système de classification de la résistance au feu des éléments de construction est décrit dans la norme NBN EN 13501-2, qui exprime la résistance en minutes, précédées d'une ou plusieurs lettres représentant les critères principaux (voir tableau). On distingue notamment la capacité portante (R), l'étanchéité au feu (E) et l'isolation thermique (I).

Contrairement aux idées reçues, le bois est un matériau, certes combustible, mais présentant un comportement de résistance au feu favorable. En effet, la carbonisation du bois, relativement lente et constante, forme une

couche protégeant la section résiduelle qui conserve dès lors ses propriétés mécaniques.

### 2 Réglementation et exigences de résistance au feu des éléments de construction

L'Arrêté royal du 7 juillet 1994 et ses modifications (\*) fixent les exigences en terme de sécurité incendie auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire. Cet arrêté se compose de sept annexes, dont l'annexe 2 pour les bâtiments bas ( $h < 10$  m), l'annexe 3 pour les bâtiments moyens ( $10 \text{ m} \leq h \leq 25$  m) et l'annexe 4 pour les bâtiments élevés ( $h > 25$  m). L'annexe 6 est spécifiquement dédiée aux bâtiments industriels.

La récente révision de l'Arrêté royal (en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2012) a apporté des changements importants à la réglementation belge. Les prescriptions de résistance au feu sont désormais exprimées selon les classes européennes. L'ancienne classification belge (Rf) n'est ainsi plus en vigueur (une période de transition de quatre ans est néanmoins prévue après laquelle la classification belge sera totalement obsolète).

En Belgique, les exigences en matière de durée de résistance au feu imposées aux éléments structurels et aux parois de compartimentage varient généralement de 30 à 120 minutes. Une résistance au feu de 60 minutes (R 60 ou REI 60) des éléments de construction en bois permet de couvrir la grande majorité des situations rencontrées en pratique dans des bâtiments en bois de plusieurs étages (jusqu'aux bâtiments moyens).

Notons également que les Régions, les Communautés et les services fédéraux (SPF) sont habilités à promulguer des textes complétant l'Arrêté royal fixant les normes de pré-

Classification de la résistance au feu en fonction du type d'élément de construction

Fonction	Poutres et colonnes	Parois verticales	Planchers
Elément porteur non séparant : critère R			
Elément non porteur, mais séparant : critère EI			
Elément porteur et séparant : critère REI			

(\*) Les Arrêtés royaux des 19/12/1997, 04/04/2003, 13/06/2007, 01/03/2009 et 12/07/2012.



vention de base, afin de tenir compte du caractère spécifique de certains bâtiments. Les prescriptions de l'Arrêté royal du 7 juillet 1994 ainsi que celles des règlements et des textes en vigueur sont disponibles sur la page de l'Antenne Normes 'Prévention au feu' du CSTC (voir [www.normes.be/feu](http://www.normes.be/feu)).

### 3 Conception et mise en œuvre d'éléments de construction en bois résistant au feu

#### 3.1 Résistance au feu des planchers et parois en bois

La performance de résistance au feu des éléments de construction en bois doit être attestée :

- soit par un rapport de classification selon la norme NBN EN 13501-2, sur la base d'un ou plusieurs essais en laboratoire
- soit par un calcul selon les Eurocodes, plus particulièrement la norme NBN EN 1995-1-2 ANB pour les constructions en bois.

Pour atteindre une résistance au feu REI 60, des plaques ou panneaux de protection (nombre et épaisseur en fonction du type) seront mis en œuvre afin de retarder la carbonisation des montants ou gîtes en bois.

Ces panneaux doivent être fixés à l'ossature en bois de manière à rester en place durant le temps nécessaire. La norme NBN EN 1995-1-2 ANB fournit des recommandations (espacement maximal des fixations, longueur minimale de pénétration, ...) en fonction du type de panneau.

Le schéma de la p. 21 illustre, à titre d'exemple, la composition d'un plancher et d'une paroi verticale en bois présentant une résistance REI 60. L'application de plaques de plâtre doit être justifiée par des rapports de classification d'essais au feu. Des configurations optimisées sont possibles et doivent faire l'objet d'un dimensionnement et/ou d'essais au feu conformes aux normes mentionnées ci-avant. Elles prennent en compte le temps de rupture des panneaux de protection et le démarrage de la carbonisation des montants en bois. Lors de la mise en œuvre, il convient dans tous les cas de respecter, les hypothèses strictes liées à la méthode de calcul ou les conditions propres à l'essai.

#### 3.2 Comment garantir la résistance au feu requise des éléments en bois mis en œuvre *in situ* ?

La résistance au feu conférée aux planchers et aux parois permet de retarder la propagation

de l'incendie par 'voie directe' (flèches A sur le schéma de la p. 21). Outre cette conception et une mise en œuvre des planchers et parois résistant au feu en tant que tels, il convient, pour garantir la résistance au feu *in situ*, d'accorder une attention toute particulière à l'assemblage entre ces éléments (cercle B), aux affaiblissements ponctuels tels que traversées de câbles, luminaires, ... (flèche C) et au risque de propagation de l'incendie via les cavités des constructions en bois (flèche D).

#### Résistance au feu des assemblages entre les éléments

L'assemblage des éléments résistant au feu doit présenter la même durée de résistance au feu que celle requise pour les éléments individuels. La résistance intrinsèque de différents types d'assemblages apparents bois-bois est généralement limitée à 15 ou 20 minutes, voire un peu plus, sans toutefois dépasser 30 minutes. L'assemblage n'est généralement pas directement soumis à l'attaque de l'incendie, puisqu'il bénéficie des panneaux de protection nécessaires pour atteindre le degré de résistance au feu des parois et planchers. Dans ce cas et pour les assemblages protégés par des panneaux de bois et/ou des plaques de plâtre de type A ou H, il convient, selon la norme NBN EN 1995-1-2 ANB, de res-



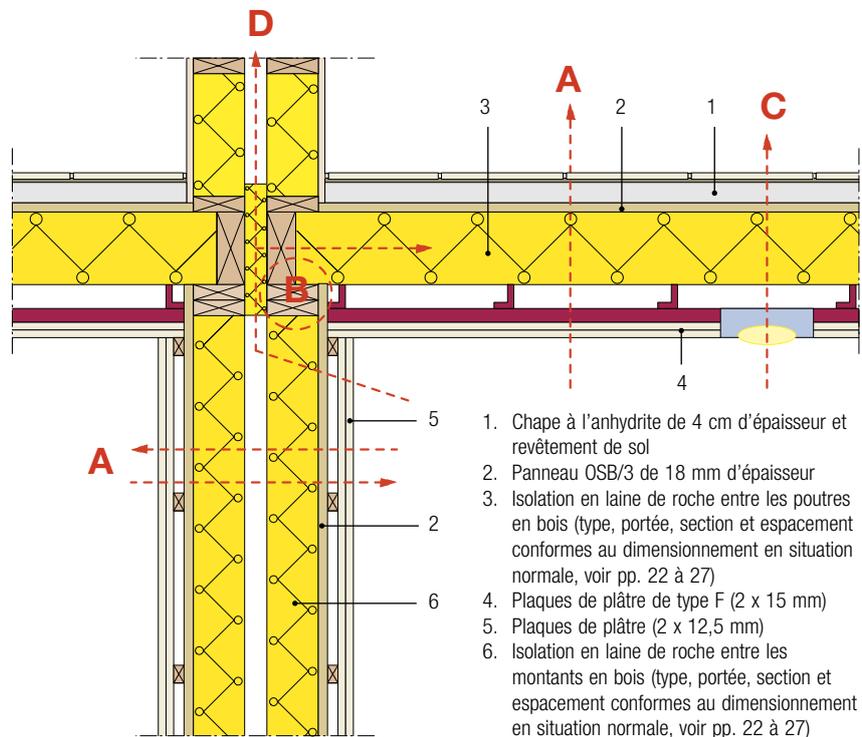


pecter la règle suivante : la somme de la moitié de la résistance intrinsèque de l'assemblage (15 ou 20 minutes divisées par deux, par exemple) et du temps de démarrage de la combustion (fonction du type de panneau de protection) doit au moins être égale à la résistance au feu requise (R 60, par exemple). Pour un assemblage avec plaque métallique externe (sabot de solive, par exemple), le calcul peut se faire selon la norme NBN EN 1993-1-2 ANB en considérant que les surfaces de l'assemblage en contact avec le bois sont protégées (considérées comme non exposées au feu dans le calcul du facteur de massivité de la plaque métallique).

### Traversées et affaiblissements de parois et planchers résistant au feu

Si un élément de construction doit présenter une résistance au feu suffisante, il en va de même pour ses affaiblissements et ses traversées. On évitera de pratiquer des ouvertures (luminaires, interrupteurs, prises de courant, ...) dans les éléments résistant au feu. Si ces percements sont inévitables, ils seront mis en œuvre et obturés par des moyens *ad hoc* conformément aux prescriptions des fabricants (basées sur un rapport d'essai ou de classification). Il en va de même pour les traversées de parois et plan-

Plancher et paroi REI 60 et voies de propagation de l'incendie (A : directe, B : via les assemblages, C : via des affaiblissements locaux et D : via des cavités)



chers par des conduites, câbles électriques, conduits, .... (voir la [série d'Infofiches n° 39](#)).

### Risque de propagation de l'incendie via les cavités

Un risque propre aux constructions à ossature en bois est celui de la propagation de l'incendie et des fumées par les cavités des parois, planchers et toitures. Un manque de soin ou de rigueur à cet égard lors de la conception et de la mise en œuvre peut conduire à une propagation extrêmement rapide de l'incendie et à des conséquences particulièrement dramatiques.

Il convient d'empêcher, autant que possible, que l'incendie n'atteigne les cavités confinées. Une attention toute particulière doit être accordée à la mise en œuvre des plaques et panneaux de protection ainsi qu'à leurs jonctions entre eux et en périphérie. Lorsque l'incendie atteint une cavité, il faut empêcher qu'il s'y propage rapidement. Comme l'illustre le schéma ci-dessus, il importe de prévoir des 'bouchons' résistant au feu aux liaisons entre les éléments de construction. Ces bouchons peuvent être des plaques (de plâtre ou de silicate de calcium, par exemple) ou des pan-

neaux d'isolation incombustibles (en laine de roche, par exemple). Ces derniers sont habituellement utilisés lorsque des exigences acoustiques sont demandées. Il conviendra de les placer sur une hauteur suffisante – un minimum de 400 mm, par exemple, et au moins depuis la partie inférieure de la lisse haute de la paroi sous le plancher jusqu'à la partie supérieure de la lisse basse de la paroi sur le plancher (voir schéma ci-dessus) – et de s'assurer de leur maintien en cas d'incendie (en prévoyant éventuellement une surépaisseur pour l'isolant par rapport à l'épaisseur de la cavité, ou une fixation mécanique).

### 4 Conclusion

Les années d'expérience dans la construction de bâtiments en bois de plusieurs étages en Europe, complétées par les leçons tirées de quelques incendies tragiques, ont permis de mettre en évidence l'importance d'une conception et d'une mise en œuvre adéquates en vue de garantir la sécurité incendie dans ce type de bâtiment. Les maîtres mots sont rigueur, professionnalisme et précautions particulières pour les nœuds constructifs, tant lors de la conception que de l'exécution et du suivi de chantier.





La première partie de cet article aborde le dimensionnement des planchers à solives et des murs porteurs de bâtiments résidentiels à ossature en bois. L'objectif est de proposer des tableaux d'aide au dimensionnement, pratiques d'utilisation et basés sur la norme de calcul NBN EN 1995-1-1 (Eurocode 5) et son annexe nationale belge (ANB). La seconde partie est consacrée aux règles technologiques qu'il convient de respecter dans les assemblages en bois.

# Dimensionnement et assemblage

Article réalisé dans le cadre de l'Antenne Normes Eurocodes subsidiée par le SPF Economie

## 1 Dimensionnement des planchers et parois dans les constructions à ossature en bois

Les tableaux présentés ci-après fournissent les portées à ne pas dépasser, dans le cas des planchers, ainsi que les sections et entraxes adéquats des montants des murs porteurs. Ils s'appliquent aussi bien aux maisons unifamiliales qu'aux immeubles à appartements jusqu'à trois étages.

Des tableaux similaires applicables aux planchers avaient été proposés dans un article paru en 2001 dans CSTC-Magazine ('Dimensionnement des structures en bois. 1<sup>ère</sup> partie : les planchers des maisons d'habitation'). Il semblait néanmoins important, à la suite de l'actualisation des normes de calcul, de mettre à jour les valeurs de ces tableaux.

### 1.1 Critères de dimensionnement

Le dimensionnement des structures est basé sur le calcul aux états limites, en considérant tous les cas de charge et les situations

de projet. Aux états limites ultimes (ELU), il convient de contrôler notamment la résistance des éléments structuraux en bois et, aux états limites de service (ELS), leurs déformations (1) ainsi que leur sensibilité aux vibrations s'il s'agit d'un plancher.

Dans le cas d'un plancher, ce sont les critères aux ELS qui sont généralement déterminants. Nous nous attarderons donc principalement sur ceux-ci. Toutefois, pour toute structure de plancher, il convient de vérifier également la résistance en flexion, à l'effort tranchant et au poinçonnement éventuel des solives en bois. Le panneautage doit, en outre, être vérifié en flexion. Pour plus de précisions, l'Eurocode 5 fournit les principes de calcul.

Dans le cas d'un mur à ossature en bois, ce sont les critères aux ELU qui sont généralement déterminants et, plus principalement, la compression perpendiculaire aux fibres de la lisse basse du rez-de-chaussée. Quoiqu'il en soit, les autres modes de rupture ainsi que les déformations doivent également être contrôlés.

### 1.2 Tableaux de dimensionnement des planchers

Les tableaux ont été élaborés compte tenu des paramètres suivants :

- essence constituant les solives : résineux
- classe de résistance : C18
- charge d'exploitation : 200 kg/m<sup>2</sup> (catégorie A : immeuble d'habitation)
- taux d'humidité du bois livré sur chantier : ± 22 %
- classe de service : 1 (ne s'applique pas aux planchers sur vide sanitaire ou sur cave)

- nombre d'appuis : 2 (cas le plus fréquent)
- largeur du plancher : ± 4 m (2).

Deux compositions de plancher types ont été considérées. Celles-ci sont illustrées aux figures 1 et 2 en page 23. Il s'agit d'un plancher léger revêtu d'un parquet (poids propre du complexe plancher : 70 kg/m<sup>2</sup>) et d'un plancher lourd avec un revêtement de sol carrelé (poids propre du complexe plancher : 170 kg/m<sup>2</sup>)

Les critères d'évaluation aux ELU et ELS sont les suivants :

- vérification à la flexion et à l'effort tranchant des solives et du panneautage (ELU)
- pour le plancher n° 1, vérification de la déformation des solives en vue d'empêcher la détérioration du revêtement de sol souple (L/350 combinaison caractéristique, ELS)
- pour le plancher n° 2, vérification de la déformation des solives en vue d'empêcher la détérioration du revêtement de sol rigide (L/500 combinaison caractéristique, ELS)
- vérification de la planéité du panneautage pour une exécution 'normale' (tolérance de 3 mm sous la règle de 1 m (voir NIT 218))
- vérification du confort vibratoire (ELS) pour les planchers n° 1 et 2.

Les portées maximales sont indiquées dans le tableau A pour la configuration de plancher n° 1 (parquet) et dans le tableau B pour la configuration de plancher n° 2 (carrelage). Les portées les plus faibles sont indiquées en rouge pour chaque entraxe et chaque dimension de solive.

On remarque que, pour le plancher n° 1, recouvert de parquet (plancher léger), le

#### EN SAVOIR PLUS

La résistance au contreventement des murs à ossature en bois est un paramètre à contrôler également. Il a fait l'objet de l'article du CSTC, 'Construction à ossature en bois. 1<sup>ère</sup> partie : contreventement des murs porteurs' (voir [Les Dossiers du CSTC 2011/3.2](#)).

(1) Aux ELS, en ce qui concerne les valeurs limites de déformation, c'est la norme NBN B 03-003 qui fournit la valeur des flèches à respecter en fonction de la finition ou de l'élément de la construction à contrôler.

(2) Ce paramètre est nécessaire pour la vérification du confort vibratoire.

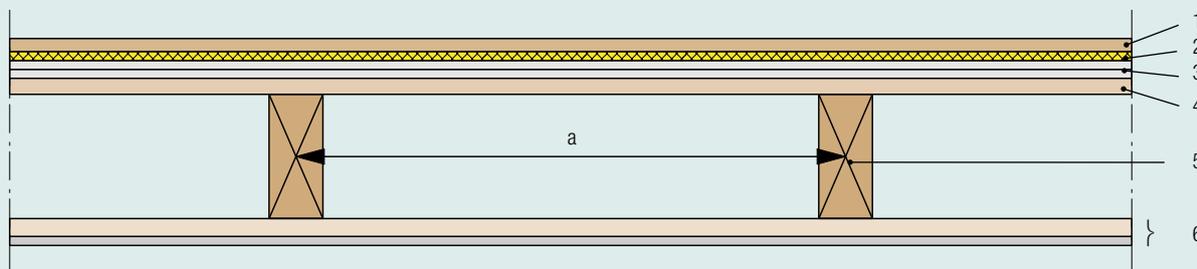


EXEMPLES

**Exemple 1**

Plancher avec parquet, finition inférieure en plaques de plâtre enrobées de carton, solives 75 x 225 mm<sup>2</sup> espacées d'axe en axe de 0,6 m (poids propre du complexe plancher : 70 kg/m<sup>2</sup>) :

- critère de vibration : la portée maximale est voisine de 4 m (voir tableau A).



1 | Plancher n° 1 avec parquet (poids propre : ± 70 kg/m<sup>2</sup>) (schéma de principe)

- Parquet en chêne de 15 mm d'épaisseur (11 kg/m<sup>2</sup>)
- Panneau d'isolation acoustique haute densité de 10 mm d'épaisseur
- 2 plaques cartonnées renforcées de fibres 2 x 10 mm (25 kg/m<sup>2</sup>)
- Panneau de type OSB de 18 mm d'épaisseur (11 kg/m<sup>2</sup>)
- Solive (dimensions dans le tableau A)
- Plafond suspendu dont la finition est constituée d'une plaque de plâtre de 15 mm d'épaisseur (15 kg/m<sup>2</sup>)

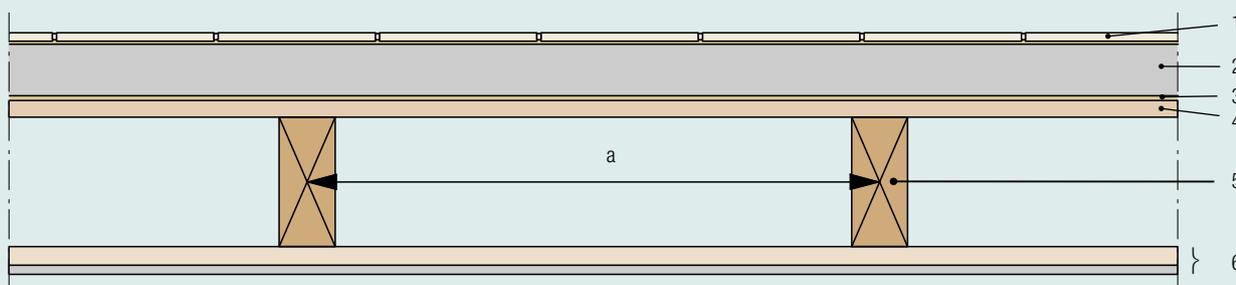
A | Portée maximale du plancher n° 1 [m]

Entraxe 'a' [m]	Solive 63 x 175 mm <sup>2</sup>			Solive 75 x 225 mm <sup>2</sup>		
	ELS		ELU	ELS		ELU
	L/350	Critère de vibration		L/350	Critère de vibration	
0,3	3,9	3,5	3,9	5,3	5,3	6,7
0,4	3,5	2,9	3,8	4,8	4,8	5,9
0,5	3,3	2,7	3,7	4,5	4,5	5,3
0,6	3,1	2,5	3,6	4,2	4,0	4,8

**Exemple 2**

Plancher avec carrelage de grandes dimensions, finition inférieure en plaques de plâtre enrobées de carton, poutres 63 x 175 mm<sup>2</sup> espacées d'axe en axe de 0,3 m (poids propre du complexe plancher : 170 kg/m<sup>2</sup>) :

- flèche maximale L/500 : la portée maximale est de l'ordre de 2,9 m (voir tableau B).



2 | Plancher n° 2 avec chape et carrelage (poids propre : ± 170 kg/m<sup>2</sup>) (schéma de principe)

- Carrelage (20 kg/m<sup>2</sup>)
- Chape de 6 cm d'épaisseur (120 kg/m<sup>2</sup>)
- Membrane de désolidarisation acoustique
- Panneau de type OSB de 18 mm d'épaisseur (11 kg/m<sup>2</sup>)
- Solive (dimensions dans le tableau B)
- Plafond suspendu dont la finition est constituée d'une plaque de plâtre de 15 mm d'épaisseur (15 kg/m<sup>2</sup>)

B | Portée maximale du plancher n° 2 [m]

Entraxe 'a' [m]	Solive 63 x 175 mm <sup>2</sup>			Solive 75 x 225 mm <sup>2</sup>		
	ELS		ELU	ELS		ELU
	L/500	Critère de vibration		L/500	Critère de vibration	
0,3	2,9	4,1	3,3	4,0	5,7	5,5
0,4	2,7	3,8	3,1	3,6	5,3	5,0
0,5	2,5	3,6	3,0	3,4	5,0	4,5
0,6	2,3	3,4	2,8	3,2	4,8	4,1

**C** | Section et entraxe des montants en fonction du nombre d'étages pour un bâtiment résidentiel dont la portée des planchers est limitée à 5 m (voir encadré ci-contre)

Nombre d'étages	Plancher léger (figure 1)		Plancher lourd (figure 2)	
	Section des montants [mm <sup>2</sup> ]	Entraxe [mm]	Section des montants [mm <sup>2</sup> ]	Entraxe [mm]
0	≥ 38 x 89	≤ 600	≥ 38 x 89	≤ 600
1	≥ 38 x 89	≤ 600	≥ 38 x 89	≤ 400
			≥ 38 x 140 ou 45 x 120	≤ 600
2	≥ 38 x 140 ou 45 x 120	≤ 600	≥ 38 x 140	≤ 400
			≥ 50 x 140	≤ 500
3	≥ 38 x 140 ou 45 x 120	≤ 400	≥ 50 x 140	≤ 400

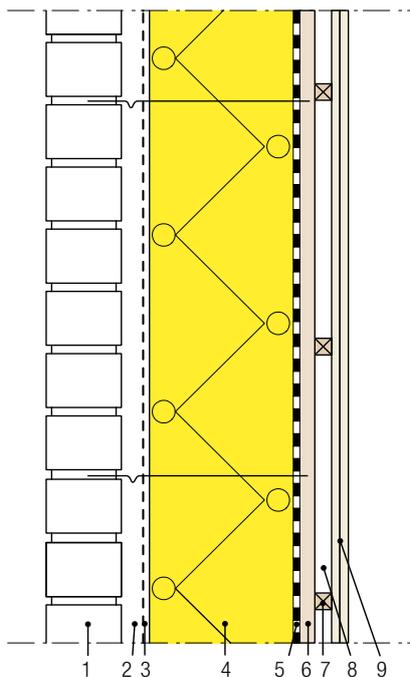
#### EXEMPLE

Considérons un immeuble à appartements de deux étages dont la portée des planchers lourds vaut au maximum 5 m.

Dans cet exemple, la section des montants des parois portantes ne doit pas être inférieure à :

- soit 38 x 140 mm avec un entraxe de 400 mm maximum
- soit 50 x 140 mm avec un entraxe de 500 mm maximum (voir tableau C).

**3** | Composition d'un complexe façade à ossature en bois (poids propre : ± 100 kg/m)



1. Maçonnerie de parement
2. Coulisse ventilée
3. Pare-pluie
4. Isolant et montants/traverses
5. Pare-vapeur
6. Panneau OSB de 12,5 mm d'épaisseur
7. Lattage
8. Vide technique
9. 1 à 2 plaques de plâtre de 12,5 mm d'épaisseur

critère déterminant est généralement celui du confort vibratoire, étant donné la faible masse surfacique du plancher. Pour le plancher n° 2, avec chape et carrelage, c'est le critère de déformation des solives qui est déterminant. En effet, grâce au gain de masse apporté par la chape, les vibrations sont plus faibles. Par ailleurs, pour les planchers de grande portée, lorsque les réactions d'appui sont importantes et que la surface d'appui est limitée, il y a lieu de vérifier que la résistance à la compression perpendiculaire aux fibres n'est pas dépassée au niveau des appuis.

#### 1.3 Tableau de dimensionnement des murs porteurs à ossature en bois

Le tableau C indique les sections et entraxes des montants en fonction du nombre d'étages.

Une composition type de mur porteur a été choisie en prenant en compte une hauteur d'étage de 2,8 m (voir figure 3). La masse du mur par mètre courant vaut approximativement 100 kg/m.

Les paramètres suivants ont en outre été pris en considération :

- essence utilisée pour les solives : résineux
- classe de résistance : C18
- classe de service : 2
- taux d'humidité du bois livré sur chantier : ± 22 %
- portée des planchers : 5 m maximum
- poids propre des planchers : 70 kg/m<sup>2</sup> pour le plancher léger (voir figure 1, p. 23) et 170 kg/m<sup>2</sup> pour le plancher lourd (voir figure 2, p. 23)
- poids propre de la toiture : 50 kg/m<sup>2</sup>
- charge d'exploitation sur les planchers : 200 kg/m<sup>2</sup> (catégorie A : immeuble d'habitation)
- charge d'exploitation sur la toiture : 80 kg/m<sup>2</sup> (toiture inaccessible, sauf pour réparation)
- charge de neige sur une toiture plate : 60 kg/m<sup>2</sup> (bâtiment situé jusqu'à 300 m d'altitude).

Les charges de vent et de neige sur la toiture plate ont été combinées, de façon à considérer le cas le plus défavorable. Le tableau peut donc s'appliquer aux toitures inclinées (approche sécuritaire).

Les règles technologiques applicables aux assemblages ont été respectées (voir § 2).

Les critères d'évaluation aux ELU et aux ELS sont les suivants :

- vérification en compression axiale des montants (ELU)
- vérification en compression perpendiculaire des lisses basses (ELU).

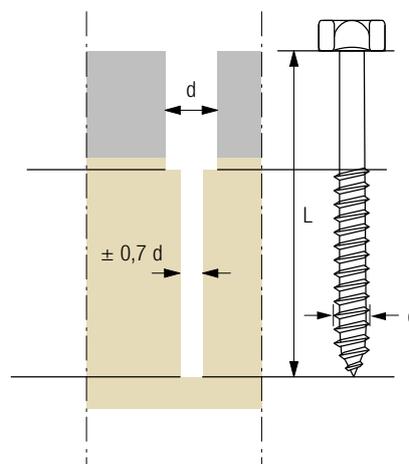


## 2 Règles technologiques pour les assemblages de type 'tiges'

Les fixations de type 'tiges cylindriques' regroupent principalement les pointes, les clous, les vis à bois, les tire-fonds (9), les broches et les boulons. Ces connecteurs permettent de transférer des efforts de traction et de cisaillement par écrasement du bois et par cisaillement et flexion des tiges. Il est possible de déterminer analytiquement la capacité résistante de ces assemblages en appliquant les méthodes de calcul adéquates fournies dans l'Eurocode 5 (NBN EN 1995-1-1). A chaque type d'assemblage correspond une méthode de calcul spécifique qui dépend de nombreux paramètres tels que les dimensions et la classe de résistance des deux pièces de bois à assembler, le diamètre de la fixation, la longueur de pénétration, ... Il s'avère donc très difficile d'établir des tableaux de dimensionnement pour chaque type de fixation. Néanmoins, il est très important de respecter une série de règles technologiques afin d'éviter la ruine prématurée de l'assemblage (par fissuration, par exemple).

Ces règles sont expliquées brièvement ci-après et illustrées à la figure 5 sur la base de trois exemples d'assemblage que l'on retrouve régulièrement dans les ossatures en bois. Pour chacun de ces assemblages, les distances minimales entre deux fixations, entre une fixation et les extrémités des pièces assemblées ainsi que la longueur de pénétration dans la dernière pièce sont spécifiées dans des tableaux séparés correspondant à l'assemblage adéquat.

### 4 | Préperçage des pièces pour la pose de vis à bois dont $d > 6$ mm



## LES TROIS PRINCIPALES RÈGLES TECHNOLOGIQUES À RESPECTER

### La disposition des tiges

Afin de limiter le risque de fissuration du bois, l'Eurocode 5 prévoit pour chaque type de tige des espacements et des distances minimum à respecter qui en fonction du type d'assemblage, du diamètre nominal 'd' de la tige et de la direction des efforts par rapport à l'orientation des fibres de l'élément en bois (parallèle ou perpendiculaire). On notera que si l'orientation des fibres des pièces à assembler n'est pas identique, on considérera les pièces séparément et on respectera l'espacement minimum le plus grand. Les tableaux qui accompagnent la figure 5 fournissent ces espacements et distances à respecter pour les trois types d'assemblages.

### La pénétration dans la dernière pièce

Il est nécessaire de respecter des longueurs de pénétration minimum pour utiliser les capacités résistantes des assemblages stipulées dans l'Eurocode 5 (voir valeurs 'p' dans les tableaux E et F qui accompagnent la figure 5, pp. 26-27).

### La mise en place avec ou sans préperçage

Pour les tiges dont le diamètre est supérieur à 6 mm ou pour la pose dans les bois feuillus, il y a lieu de prévoir un avant-trou dont le diamètre dépend du type d'assemblage (voir tableau D).

### D | Dimensions des avant-trous selon l'Eurocode 5

Type de fixation	Exigence	Diamètre de l'avant-trou
Pointes et clous	Avant-trou non exigé jusqu'à $d \leq 6$ mm	$\leq 0,8 d$
Vis $d \leq 6$ mm	Avant-trou non exigé	$\leq 0,8 d$
Vis $d > 6$ mm	Avant-trou exigé	d pour la partie lisse et $0,7 d$ pour la partie filetée (voir figure 4)
Broches	Avant-trou exigé	$\leq d$
Boulons	Avant-trou exigé et utilisation d'une rondelle dont : <ul style="list-style-type: none"> <li>le diamètre <math>\geq 3 d</math></li> <li>l'épaisseur <math>\geq 0,3 d</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dans le bois : <math>\leq d + 1</math> mm</li> <li>Dans une plaque métallique: max. (<math>d + 2</math> mm; <math>1,1 d</math>)</li> </ul>

### DIAMÈTRE NOMINAL 'd'

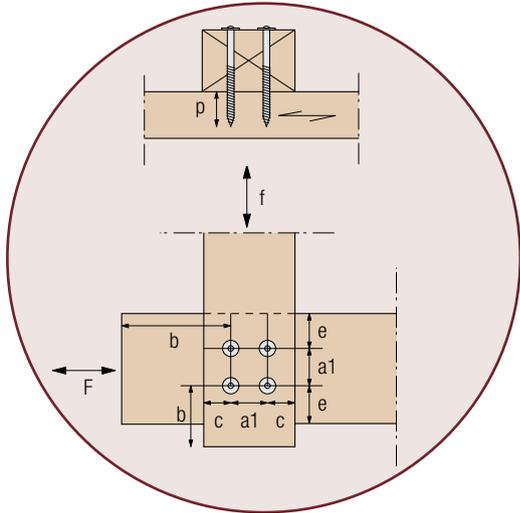
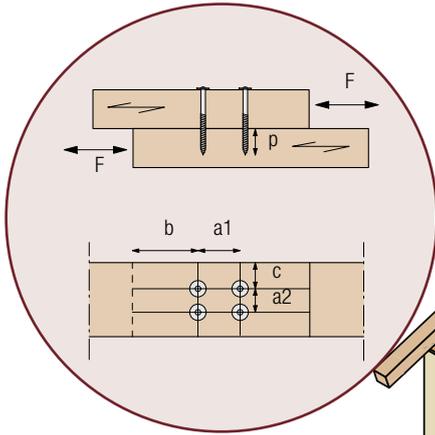
Pour les vis, 'd' est le diamètre maximal de la partie filetée et, pour les clous et les pointes, 'd' est le diamètre minimal de la partie lisse de la tige.

(9) Les tire-fonds sont des vis à bois dont la tige est plus large et dont la tête est carrée ou hexagonale. Dans la suite de cet article, les tire-fonds seront appelés vis à bois.

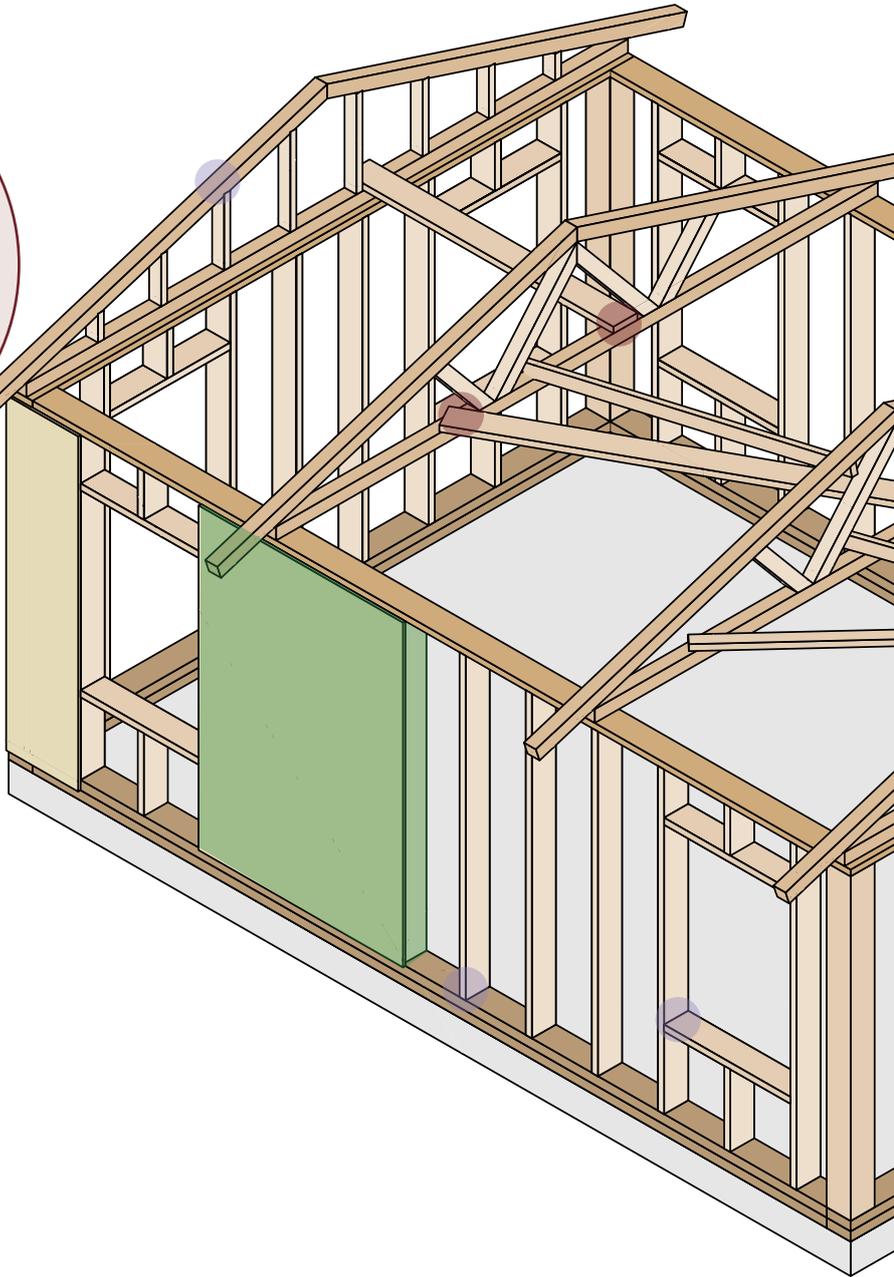


## E | Distance et pénétration minimales pour la fixation de l'ossature, en fonction du type de fixation

Type de fixation	Espacement et distance minimum					Pénétration minimale dans la dernière pièce
	a1	a2	b	c	e	
Pointe/clou/vis $d \leq 6$ mm sans avant-trou	10 d	5 d	15 d	5 d	7 d	6 d (8 d si clou lisse)
Vis $d \leq 6$ mm avec avant-trou	5 d	4 d	12 d	3 d	5 d	
Vis $d > 6$ mm	5 d	4 d	Max. (7 d; 80 mm)	3 d	4 d	



Dans un assemblage cloué perpendiculairement au fil du bois, seules les pointes non lisses sont capables de reprendre des charges de traction permanentes ou de longue durée. Les pointes lisses sont donc à proscrire.



## 5 | Assemblages types dans les ossatures en bois



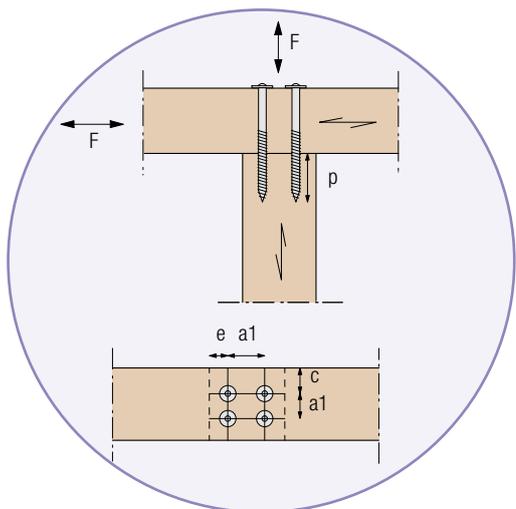
Assemblage bois-bois perpendiculaire au fil du bois



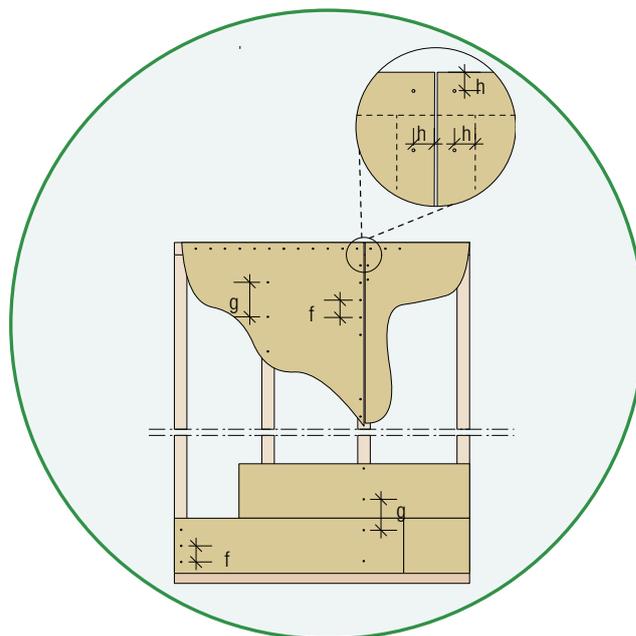
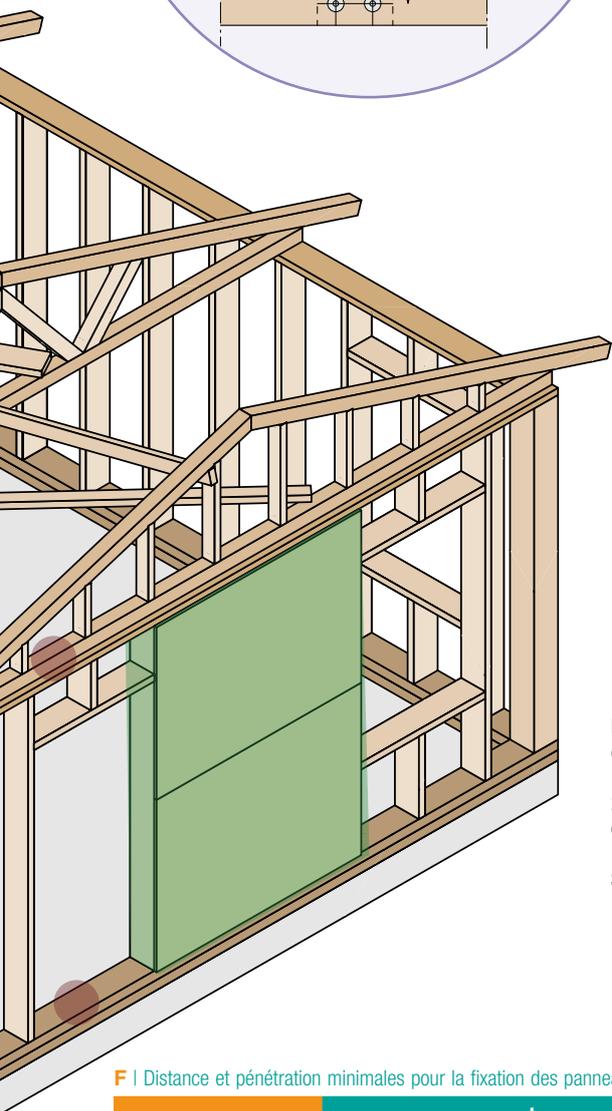
Assemblage bois-bois en bout de fil



Assemblage panneaux-ossature



Dans un assemblage en bout de fil, le clouage ne peut transmettre ni d'effort axial ni d'effort latéral dans une structure porteuse. Il est donc à proscrire.



Pour des panneaux à chant droit, les montants intermédiaires sur lesquels sont cloués deux rives de panneaux doivent avoir une largeur minimum de 20 d. Les autres montants intermédiaires et les montants d'extrémité ont une largeur minimum de 10 d. Ainsi, pour des clous de diamètre 'd' de 2,8 mm, la largeur minimum du montant de couture est de 20 d, soit 56 mm; les autres montants ont une largeur minimum de 10 d, soit 28 mm.

Si on recourt à des panneaux rainurés-languetés, toutes les rives doivent être couturées, sinon il y a lieu de coller les joints dans les rainures et les languettes. Pour les panneaux rainurés-languetés, la largeur minimum des montants est de 10 d.

F | Distance et pénétration minimales pour la fixation des panneaux, en fonction du type de fixation

Type de fixation	h		f	g	p
	Distance minimale avec la rive du montant ou du panneau		Espacement sur les rives des panneaux	Espacement maximum sur les montants intermédiaires	Pénétration minimale
OSB ou autre	Contreplaqué				
Clou/pointe	5 d	3 d	150 mm	Min. (300 mm; 2 f)	6 d
Vis	5 d	3 d	200 mm		6 d
Agrafe	5 d	3 d	150 mm		14 d

# Méthodes de pose et accessibilité des menuiseries

Cet article évoque les difficultés que l'on peut rencontrer lors de la pose d'une menuiserie extérieure dans une construction en bois. On y aborde notamment les problèmes liés à la fixation, à la présence de persiennes et de pare-soleil, à l'étanchéité à l'air et à l'eau et à l'accessibilité, tout en essayant d'y apporter des solutions.

Dans les parois à ossature en bois construites avec des poutres en I de 300 à 400 mm d'épaisseur, les menuiseries extérieures peuvent être mises en œuvre selon deux méthodes, à savoir :

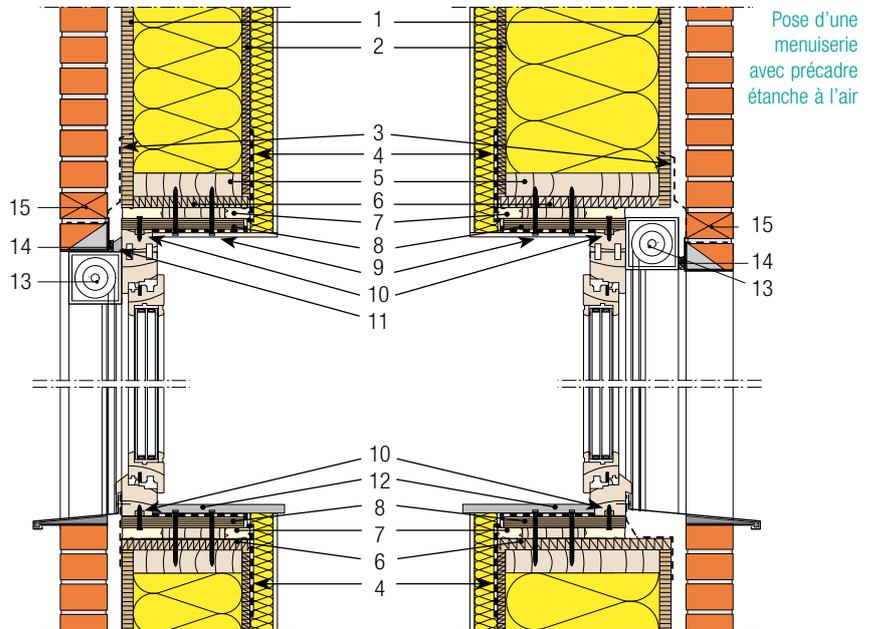
- à l'aide de vis avec cales ou de vis d'écartement
- à l'aide d'un précadre étanche à l'air.

En cas de pose à l'aide de vis, une feuille d'étanchéité à l'air et à la vapeur est placée sur tout le pourtour du cadre de fenêtre. Si celui-ci est en aluminium à coupure thermique ou en PVC, il existe des feuilles d'étanchéité à l'air pourvues d'un bord à clipser dans le dormant. La partie libre de la feuille d'étanchéité à l'air ne peut absolument pas être percée.

La pose peut également être effectuée à l'aide d'un précadre étanche à l'air (voir figure 1) constitué de panneaux assemblés de manière étanche (dans les schémas, il s'agit de panneaux contreplaqués de 22 mm et de qualité prescrite par la norme EN 636-3). Pour assurer l'étanchéité à l'air de l'espace (isolé) d'environ 2 cm situé entre le précadre et l'ouverture de la paroi à ossature en bois, on veillera à placer une feuille étanche à l'air et à la vapeur du côté intérieur, et ce avant la réalisation du vide technique et de la finition de l'ébrasement de la fenêtre. La battée doit s'élever à au moins 8 cm, voire 10 cm, afin de garder un recouvrement de la menuiserie de 4 cm. Dans le cas d'une ossature en bois avec des poutres en I, celles de l'ouverture de baie doivent être pourvues d'un renforcement en bois, en LVL (bois lamellé) ou en contreplaqué. Les poutres en I peuvent être remplacées par des lisses en bois ou des panneaux en LVL.

Les coffres de volet roulant ou de pare-soleil sont de préférence placés devant le cadre de fenêtre, dans l'ébrasement (voir figure 1a). Si on ne souhaite pas qu'ils soient visibles de l'extérieur, ils peuvent être placés dans l'avant-corps, derrière la battée (voir figure 1b). On peut également opter pour un coffre isolé et intégré (avec ou sans pare-soleil).

Pour atteindre une étanchéité à l'air adé-



1a | Devant la battée

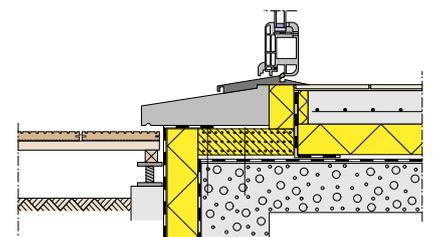
1b | Derrière la battée

- |   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
| 1. Panneau perméable à la vapeur en fibres de bois à liant bitumineux | 5. Panneau LVL ou poutres en I munis d'un renforcement en bois, LVL ou contreplaqué | 9. Plaque de plâtre                 |
| 2. Panneau étanche à l'air et à la vapeur                             | 6. Panneau à base de fibres de bois bitumineuse                                     | 10. Colle ou mastic étanche à l'air |
| 3. Membrane de drainage   | 7. Isolant perméable à la vapeur ou PUR projeté                                     | 11. Joint PE précomprimé            |
| 4. Feuille d'étanchéité à l'air et à la vapeur                        | 8. Précadre   | 12. Appui de fenêtre                |
|   |   | 13. Coffre du pare-soleil           |
|   |   | 14. Mastic de façade                |
|   |   | 15. Joint vertical ouvert           |

quate des portes dans des constructions à haute performance thermique, le cylindre doit entraîner plusieurs pennes de fermeture et la suspension doit être assurée par plus de trois charnières. Des crochets ou points de fermeture sont disposés entre les charnières, afin d'éviter les déformations excessives des profilés de la porte. La continuité et la compression des joints d'étanchéité doivent être assurées dans la partie inférieure. Le placement d'un profilé dormant inférieur peut remplir ces conclusions, mais limitera inévitablement l'accessibilité.

Dans le cas de portes-fenêtres et de portes coulissantes, si le châssis s'appuie sur l'isolant, ce dernier doit présenter une résistance à la compression de plus de 1 N/mm<sup>2</sup> (NBN EN 826). La complexité de la position des portes et des portes-fenêtres est notamment due au fait que la lisse basse de la

structure en bois doit toujours être située à plus de 20 cm au-dessus du sol fini extérieur (voir pp. 12-15). Pour que le bâtiment reste facilement accessible, la plateforme extérieure se trouvant en face de l'entrée disposera d'une grille de drainage au droit du seuil (voir [Les Dossiers du CSTC 2006/4.4](#) et [2007/1.12](#)). Si le niveau de la lisse basse est trop haut pour y poser la grille, il y a lieu d'interrompre la lisse et de poser le seuil sur un isolant.





De plus en plus de maîtres d'ouvrage optent pour des bâtiments en bois, notamment parce que ce mode de construction a la réputation d'être plus écologique. Le présent article tente, sur la base d'une analyse du cycle de vie, d'illustrer la différence entre un mur extérieur en ossature en bois et un mur comparable en maçonnerie d'un point de vue environnemental. Quelques conseils sont également prodigués pour qui veut minimiser l'impact environnemental de sa construction en bois.

# Impact environnemental

## 1 Impact du cycle de vie d'un mur extérieur

### 1.1 Méthode

Nous avons comparé l'impact environnemental, sur une durée de vie de 60 ans, de deux types de murs extérieurs de 1 m<sup>2</sup> présentant un niveau d'isolation thermique identique ( $U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) :

- le premier est un mur à ossature en bois composé de montants de 220 x 45 mm en épicéa belge traité espacés de 60 cm; le mur est fermé du côté intérieur par un panneau en OSB et du côté extérieur par un panneau en fibres de bois, l'espace entre les montants étant insufflé de cellulose. Le parement extérieur est constitué

de briques, la finition intérieure d'une barrière à l'air et à la vapeur et de plaques de plâtre revêtues de carton posées sur un lattage

- le second est un mur creux traditionnel en blocs de terre cuite de 14 cm d'épaisseur, isolé au moyen de panneaux de polyuréthane. Le parement extérieur est constitué de briques, la finition intérieure d'un enduit au plâtre.

L'analyse du cycle de vie a été effectuée sur la base de la méthode ReCiPe, mais aussi sur la base des sept indicateurs d'impact environnemental définis dans la norme NBN EN 15978. La méthode ReCiPe a l'avantage de considérer un plus grand nombre de critères et de permettre d'agréger les résultats

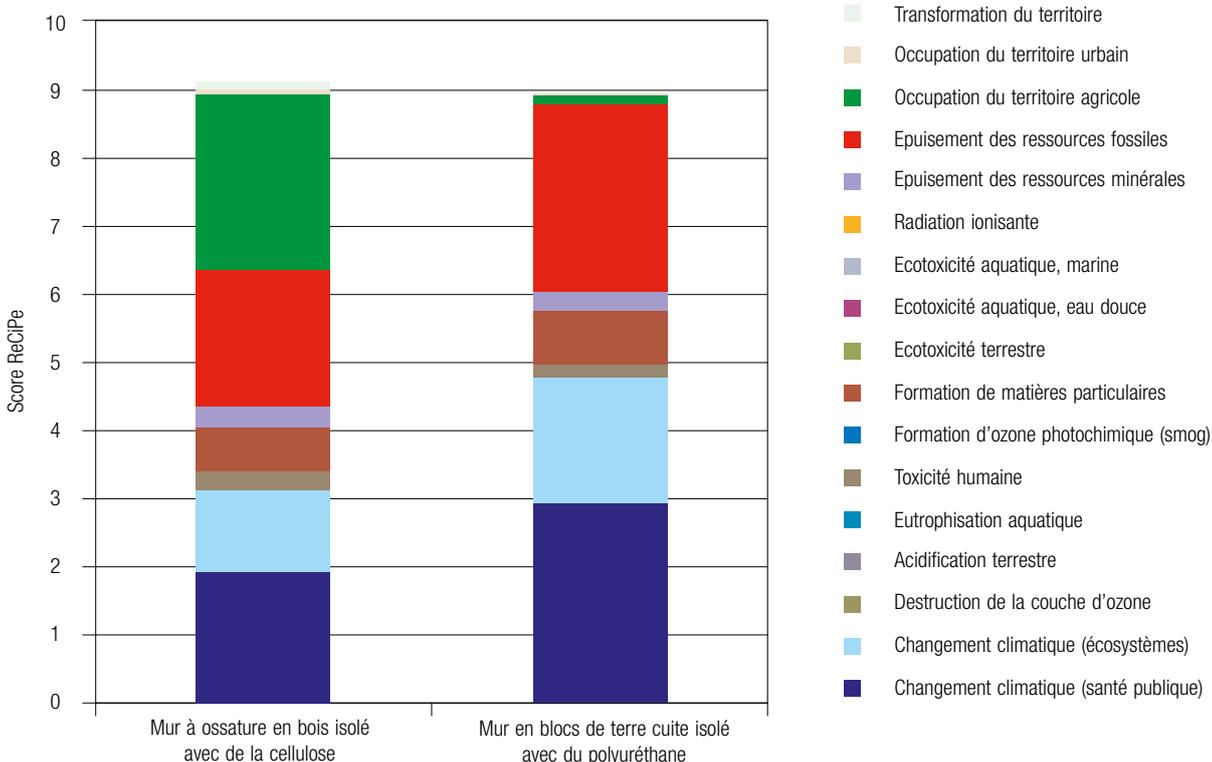
en un score unique (plus le score est élevé, plus l'impact environnemental est important).

### 1.2 Indicateur ReCiPe

Selon le score ReCiPe agrégé, il n'y a pas de différence significative entre les deux types de murs étudiés. En effet, les scores obtenus pour chacun d'eux sont tellement proches que, selon les hypothèses prises (concernant le traitement des déchets ou la durée de vie des finitions intérieures, par exemple), le résultat final peut être en faveur de l'une ou l'autre solution.

Une étude plus approfondie montre qu'un

Impact environnemental de deux murs extérieurs à structure portante et isolation distincte





nombre plus ou moins égal d'indicateurs environnementaux individuels (ReCiPe) est favorable à chacune des parois et que, pour la plupart d'entre eux, la différence est relativement faible (moins de 25 %).

Parmi les indicateurs auxquels les parois étudiées contribuent de façon relativement importante (voir diagramme à la page précédente), seuls trois d'entre eux montrent une différence significative : le changement climatique, l'utilisation du territoire (agricole) et l'épuisement des ressources fossiles.

### Impact sur le changement climatique

De ce point de vue, la paroi à ossature en bois est plus favorable que la paroi traditionnelle, mais la différence est moins importante que ce à quoi l'on pourrait s'attendre; elle est non seulement due au choix de la structure, mais aussi en partie au choix des isolants (polyuréthane contre cellulose). En effet, le CO<sub>2</sub> absorbé par le bois durant sa croissance et stocké durant sa vie n'est pas visible sur le graphique, puisqu'on

considère qu'il sera libéré en fin de cycle. De plus, les autres étapes du cycle de vie du bois (sciage, transport, ...) et les autres composants de la paroi contribuent aussi aux émissions de CO<sub>2</sub> de la paroi.

### Epuisement des ressources fossiles

Le fait que l'ossature en bois ait, dans cette étude, un impact plus faible sur ce critère est principalement lié au choix de l'isolant et non à celui de la structure portante. En effet, si l'on remplace l'isolant, dans les deux types de parois, par de la laine de roche (en gardant une valeur U identique), la différence devient minime pour cet indicateur (moins de 10 %) et son sens peut même varier en fonction du moyen de transport considéré (local ou importé). A valeur U équivalente, le mur traditionnel avec laine de roche serait toutefois plus épais que le mur à ossature en bois et pourrait donc nécessiter des fondations spéciales (non étudiées dans le cadre de cette analyse).

### Occupation du territoire

Vu le besoin de surface pour les forêts, la paroi à ossature en bois a, en toute logique, un impact nettement supérieur à la paroi traditionnelle. Si celui-ci joue principalement en défaveur de l'ossature en bois, il est néanmoins sujet à discussion et, faute de consensus scientifique, n'est actuellement pas repris dans la norme européenne (indicateurs CEN).

### 1.3 Résultats des indicateurs CEN

Concernant les indicateurs européens, quatre d'entre eux sont en faveur de l'ossature en bois (le changement climatique, l'épuisement des ressources fossiles, l'acidification terrestre et aquatique, et la formation d'ozone photochimique); deux autres sont en faveur du mur de briques (l'eutrophisation aquatique et l'épuisement des ressources abiotiques minérales) et un dernier est identique pour les deux variantes (la destruction de la couche d'ozone

stratosphérique). Mis à part le changement climatique, l'épuisement des ressources fossiles et la formation d'ozone photochimique, les différences sont à nouveau relativement faibles (inférieures à 20 %) et dépendent fortement des hypothèses de départ (la prise en compte des équerrés pour la fixation des montants en bois plutôt que des clous, par exemple, est décisive pour les conclusions concernant l'épuisement des ressources minérales).

## 2 Construction durable en bois

Comme exposé ci-dessus, chaque type de structure offre des avantages. Par contre, pour qui décide de construire en bois, certaines règles de base permettent de réduire l'impact environnemental :

- tout d'abord, la pérennité de la structure est déterminante : une structure qui aurait une courte durée de vie courte impliquerait le remplacement précoce d'autres matériaux. Il est donc essentiel de choisir une espèce de bois et/ou un traitement adaptés à l'usage, afin de garantir la performance du bâtiment à long terme
- ensuite, on choisira autant que possible du bois en provenance de forêts gérées de manière durable (avec certification FSC ou PEFC, par exemple) (\*)
- pour certains matériaux en bois reconstitués tels que l'OSB, il peut en outre être intéressant d'opter pour des produits bénéficiant d'un label écologique (*Blaue Engel*, par exemple), afin de limiter les nuisances liées aux colles
- enfin, en ce qui concerne le transport, il est plus difficile de trancher : pour une espèce donnée, il va de soi que le fait d'utiliser du bois local permet de diminuer l'impact du transport. Il faut cependant considérer la question sous tous ses angles (provenance, mode de transport, mais aussi durabilité du bois et traitement potentiel selon les conditions d'utilisation). Ainsi, pour certaines applications (le bardage, par exemple), un bois exotique d'exploitation durable peut très bien avoir un impact environnemental équivalent ou moindre qu'un bois local d'une classe de résistance inférieure.

(\*) Un label FSC ou PEFC apposé sur un produit en bois ou en papier certifie que celui-ci provient de forêts gérées de manière responsable et/ou contribue à la gestion responsable des forêts. L'utilisation de ces labels est strictement réglementée et contrôlée.



# Projets du CSTC

En vue de répondre aux demandes du secteur de la construction, le CSTC mène actuellement plusieurs recherches dans le domaine des constructions en bois. Citons notamment les projets suivants :



Wallonie

- DREAM – Durabilité de l'étanchéité à l'air des produits, parois et des assemblages : impact sur les règles de mises en œuvre
- DURAPERF – Durabilité des performances des éléments menuisés en bois énergétiquement améliorés
- CIMEDE – Constructions industrielles de maisons évolutives durables et économiques
- STABILAME – Etude de fabrication d'un panneau de construction en bois structurel isolant pour les constructions en bois



- AH+ – Akoestische optimalisatie van houtskeletbouw
- DO-IT HOUTBOUW – Duurzame innovatie op het vlak van technologie- en leefcomfort voor houttoepassingen in de bouw (coördonné par le CTIB)



standards for .be

- Evaluation des prestations et de la durabilité des fenêtres performantes et de leurs liaisons au gros œuvre
- Déformation des matériaux d'isolation dans le bâtiment : évaluation et critères
- les Antennes Normes Acoustique, Prévention au feu, Energie et climat intérieur, Eurocodes, Parachèvement et Eléments de façades



- OPTIMBERQUAKE – Optimization of Timber Multi-Storey Buildings Against Earthquake Impact (CORNET)
- STAR – Sustainable Thermal Acoustic Retrofit (ERACOBUILD)

Ce numéro thématique a été réalisé avec le soutien des Guidances technologiques suivantes :



Service public de Wallonie

- Construction durable en bois



- Eco-construction et développement durable en Région de Bruxelles-Capitale

## Publications

Les publications du CSTC sont disponibles :

- sur notre site Internet :
  - gratuitement pour les entrepreneurs ressortissants
  - par souscription pour les autres professionnels (enregistrement sur [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be))
- sous forme imprimée et sur clé USB.

Pour tout renseignement, appelez le 02/529.81.00 (de 8h30 à 12h00) ou contactez-nous par fax (02/529.81.10) ou par e-mail ([publ@bbri.be](mailto:publ@bbri.be)).

## Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, contactez J.-P. Ginsberg par téléphone (02/655.77.11), par fax (02/653.07.29) ou par e-mail ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)).
- Lien utile : [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (rubrique 'Agenda').



Une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Editeur responsable : Jan Venstermans, CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

Revue d'information générale visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger.

La reproduction ou la traduction, même partielles, des textes et des illustrations de la présente revue n'est autorisée qu'avec le consentement écrit de l'éditeur responsable.

[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

## Recherche • Développe • Informe

Principalement financé par les redevances de quelque 85.000 entreprises belges représentant la quasi-majorité des métiers de la construction, le CSTC incarne depuis plus de 50 ans le centre de référence en matière scientifique et technique, contribuant directement à l'amélioration de la qualité et de la productivité.

### Recherche et innovation

L'introduction de techniques innovantes est vitale pour la survie d'une industrie. Orientées par les professionnels de la construction, entrepreneurs ou experts siégeant au sein des Comités techniques, les activités de recherche sont menées en parfaite symbiose avec les besoins quotidiens du secteur.

Avec l'aide de diverses instances officielles, le CSTC soutient l'innovation au sein des entreprises, en les conseillant dans des domaines en adéquation avec les enjeux actuels.

### Développement, normalisation, certification et agréation

A la demande des acteurs publics ou privés, le CSTC réalise divers développements sous contrat. Collaborant activement aux travaux des instituts de normalisation, tant sur le plan national (NBN) qu'europpéen (CEN) ou international (ISO), ainsi qu'à ceux d'instances telles que l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAtc), le Centre est idéalement placé pour identifier les besoins futurs des divers corps de métier et les y préparer au mieux.

### Diffusion du savoir et soutien aux entreprises

Pour mettre le fruit de ses travaux au service de toutes les entreprises du secteur, le CSTC utilise largement l'outil électronique. Son site Internet adapté à la diversité des besoins des professionnels contient les ouvrages publiés par le Centre ainsi que plus de 1.000 normes relatives au secteur.

La formation et l'assistance technique personnalisée contribuent au devoir d'information. Aux côtés de quelque 650 sessions de cours et conférences thématiques impliquant les ingénieurs du CSTC, plus de 26.000 avis sont émis chaque année par la division Avis techniques.

### SIÈGE SOCIAL

Rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles  
tél. 02/502 66 90  
fax 02/502 81 80  
e-mail : info@bbri.be  
site Internet : www.cstc.be

### BUREAUX

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
tél. 02/716 42 11  
fax 02/725 32 12

- avis techniques – publications
- gestion – qualité – techniques de l'information
- développement – valorisation
- agréments techniques – normalisation

### STATION EXPÉRIMENTALE

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette  
tél. 02/655 77 11  
fax 02/653 07 29

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

### CENTRE DE DÉMONSTRATION ET D'INFORMATION

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder  
tél. 011/22 50 65  
fax 02/725 32 12

- centre de compétence TIC pour les professionnels de la construction (ViBo)
- centre d'information et de documentation numérique pour le secteur de la construction et du béton (Betonica)

### BRUSSELS MEETING CENTRE

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Bruxelles  
tél. 02/529 81 00  
fax 02/529 81 10