ISSN 0528-4880

CSTC

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE ***243***

LES REVÊTEMENTS DE FAÇADE EN BOIS ET EN PANNEAUX À BASE DE BOIS

Décembre 2011

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

LES REVÊTEMENTS DE FAÇADE EN BOIS ET EN PANNEAUX À BASE DE BOIS

La présente Note d'information technique a été établie par un groupe de travail à la demande du Comité technique *Menuiserie* du CSTC, présidé par Messieurs M. Collignon et L. Pype.

Composition du groupe de travail

Membres Mme de Cannart D'Hamale (Menuiserie de la Glimardière) MM. J. Andries (Andries-De Scheermaeker bvba), G. Baens (Afwerkingsbedrijf Baens nv), F. Caluwaerts (CSTC), R. Clement (Clément Raymond bvba), M. Collignon (Collignon M. & Fils sprl), C. Decaesstecker (Wycor), E. Defays (Belgian Wood Forum), J. De Keyser (SECO), R. De Schepper (Algemene Schrijnwerkerij), V. Detremmerie (CSTC), M. De Win (De Win en Zonen), M. Foré (Forest+), J.-C. François (Menuiserie générale), H. Frère (Hout Info Bois), R. Geens (Geens & Zonen nv), M. Georges (Centre de formation Bois), B. Henry, P. Janssen (Janssen Ramen nv), L. Keuleers (Schrijnwerkerij Van den Broeck-Keuleers bvba), Y. Lemince (Lemince sprl), T. Lenaerts † (Schrijnwerkerij Lenaerts nv), C. Liegois (G. & Y. Liegeois sa), C. Macors (La Maison Idéale sa), D. Maquet (Menuiserie Maquet et Fils sprl), Y. Martin (CSTC), B. Michaux (CSTC), M. Olivier (Olivier sa), J. Perard (La Maison de Demain – Architecture en Bois sprl), J. Pirmez (Abc Châssis sprl), L. Pype (Pype Interieur nv), R. Quintin (Menuiserie Roger), M. Schwanen (Ets. Schwanen Rene & Fils sa), W. Simoens (Simoens bvba) et F. Vanholst (Schrijnwerkerij F. Vanholst).

Ingénieur-rapporteur S. Charron (CSTC)

Ont également apporté leur collaboration à l'élaboration du document :
G. Dekens (ex-CSTC), L. Lassoie (CSTC), O. Foguenne (ex-CSTC), R. Martin (Everest Industrie sa), B. Östman (SP Trätek, Sweden), A. Tilmans (CSTC) et M. Van Damme (CSTC).

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION
CSTC, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947
Siège social : Rue du Lombard 42 à 1000 Bruxelles

Publication à caractère scientifique 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, du texte de la présente Note d'information technique n'est autorisée qu'avec le consentement de l'éditeur responsable.

SOMMAIRE

1 CHAMPS D'APPLICATION 5

2 TYPES DE REVÊTEMENTS DE FAÇADE 7
2.1 Lames 7
2.1.1 Lames en bois massif 7
2.1.2 Lames en composite 'bois-plastique' 10
2.2 Panneaux 10
2.2.1 Forme et agencement des panneaux 10
2.2.2 Dimensions des panneaux 11
2.3 Bardeaux 11
2.3.1 Forme des bardeaux 11
2.3.2 Agencement des bardeaux 12
2.3.3 Dimensions des bardeaux 12

3 MATÉRIAUX POUR REVÊTEMENTS DE FAÇADE 13
3.1 Lames en bois massif pour revêtements de façade 13
3.1.1 Espèces de bois 13
3.1.2 Qualité du bois 13
3.1.3 Taux d'humidité du bois 18
3.2 Panneaux et lames à base de bois 18
3.2.1 Contreplaqué 18
3.2.2 Composites en bois-plastique 20
3.2.3 Stratifié décoratif haute pression (HPL) 21
3.3 Moyens de fixation des éléments de bardage (lames et panneaux) 22
3.3.1 Clous, vis et rivets 22
3.3.2 Colles 22
3.3.3 Autres moyens de fixation 23

4 EXIGENCES APPLICABLES AUX REVÊTEMENTS DE FAÇADE 25
4.1 Stabilité mécanique et effet du vent 25
4.2 Isolation thermique 25
4.2.1 Introduction 25
4.2.2 Bardages et isolation en pratique 26
4.3 Isolation acoustique 29
4.3.1 Contribution du bardage à l'isolation acoustique 29
4.3.2 Normalisation 29
4.4 Sécurité incendie 29
4.4.1 Réglementation incendie en Belgique 29
4.4.2 Réaction au feu des revêtements de façade 30
4.4.3 Résistance au feu 32
4.4.4 Fractionnement de la lame d'air 33

5 PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ : DRAINAGE ET VENTILATION DE LA LAME D'AIR 35
5.1 Dimensionnement de la lame d'air 35
5.2 Drainage de la lame d'air 36
5.3 Pare-pluie (membrane d'étanchéité) 36
5.4 Ecran d'étanchéité à l'air et à la vapeur 37

6 TRAITEMENTS DE PROTECTION DU BOIS 39
6.1 Introduction 39
6.2 Traitement de préservation 39
6.2.1 Opportunité d'un traitement de préservation 39

SOMMAIRE

6.2.2 Choix des produits et application 41
6.2.3 Traitements alternatifs 42
6.3 Traitements de finition 43
6.3.1 Produits et systèmes de finition 44
6.3.2 Prétraitement 45
6.3.3 Entretien de la finition 45
6.3.4 Revêtements de façade sans finition 46
6.3.5 Finition des panneaux à base de bois 47

7 MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME DE REVÊTEMENT DE FAÇADE 49
7.1 Mise en œuvre de la structure portante 49
7.1.1 Choix des dimensions 49
7.1.2 Pose des lattes 50
7.1.3 Fixation des chevrons au mur porteur 50
7.2 Mise en œuvre de l'isolant 51
7.3 Mise en œuvre du pare-pluie 52
7.4 Fixation des lattes (et contre-lattes) 52
7.5 Mise en œuvre du bardage 53
7.5.1 Assemblage des éléments 53
7.5.2 Fixation du bardage 54

8 DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE ET DE FINITION 59
8.1 Protection du bois de bout 59
8.2 Finition des angles 59
8.3 Raccords horizontaux 60
8.4 Raccord avec d'autres éléments de construction 60
8.4.1 Raccord à la maçonnerie de parement 60
8.4.2 Raccord avec la toiture 62
8.4.3 Raccord avec une menuiserie encastrée dans la façade 62
8.4.4 Raccord avec une menuiserie en encorbellement 64
8.4.5 Raccord avec des éléments rapportés 64
8.5 Finition au pied du bardage 64

9 STOCKAGE DES ÉLÉMENTS 67

10 RÉCEPTION DE L'OUVRAGE 69
10.1 Tolérances d'exécution 69
10.2 Contrôle des tolérances 70
10.2.1 Planéité 70
10.2.2 Aplomb ou verticalité 70
10.2.3 Rectitude des joints 70
10.2.4 Hors-équerre 71
10.2.5 Horizontalité 71
10.2.6 Nuances de teinte 71

11 PATHOLOGIE DES BARDAGES EN BOIS 72

ANNEXE Imperfections naturelles du bois 80

BIBLIOGRAPHIE 87

1 CHAMPS D'APPLICATION

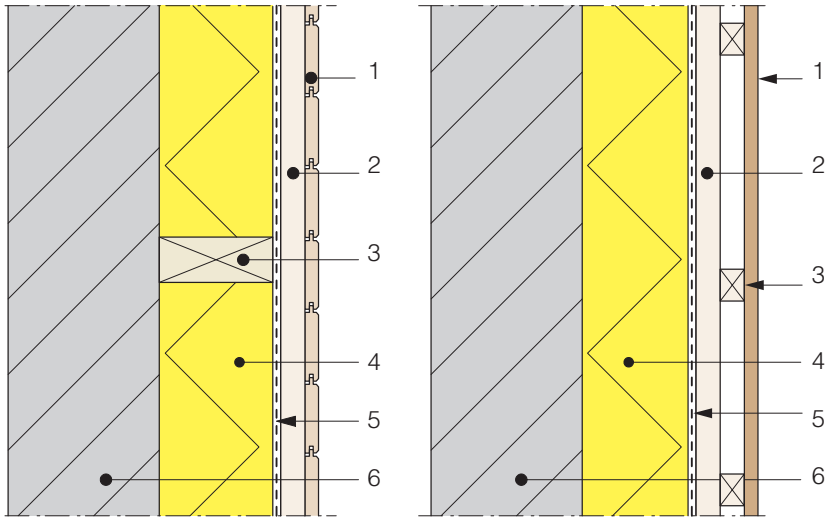
La présente Note d'information technique (NIT) traite des systèmes de revêtement de façade en bois et en panneaux à base de bois.

Par revêtement de façade (appelé également 'bardage'), il faut comprendre l'habillage des façades, des rives de toiture et des dépassants (les couvertures de toiture ne sont pas traitées dans cette NIT). Ces parties de l'enveloppe du bâtiment sont directement exposées aux actions physiques et mécaniques des agents climatiques (vent, pluie et rayonnement solaire).

Le système de revêtement de façade comprend, outre le revêtement proprement dit, sa structure portante (chevrons et/ou lattes et contre-lattes), ses fixations, l'isolation et le pare-pluie éventuels.

Basée principalement sur les normes et documents techniques traitant du sujet, cette NIT décrit les principaux types de revêtements de façade en bois et à base de bois, leurs caractéristiques et exigences propres, ainsi que les aspects liés à leur conception, à leur mise en œuvre et à leur entretien.

Fig. 1 *Revêtement de façade en bois.*



1. Revêtement de façade
2. Lattes
3. Chevron
4. Isolant
5. Pare-pluie
6. Gros œuvre

1. Revêtement de façade
2. Lattes
3. Contre-latte
4. Isolant
5. Pare-pluie
6. Gros œuvre

Fig. 2 *Systèmes de revêtement de façade.*

La présente Note d'information technique traite exclusivement des revêtements de façade en bois et à base de bois suivants :

- les revêtements en bois massif, en panneaux contreplaqués (WBP – *weather and boil proof*), en panneaux stratifiés décoratifs haute pression (HPL – *high pressure laminate*), en panneaux de bois composites, en panneaux de fibres de bois ou de fibres de cellulose de bois liées par des résines thermodurcissables
- les revêtements en bardeaux sciés (*shingles*) et en bardeaux clivés ou éclatés (*shakes*).

Elle ne couvre pas les bardages en panneaux de fibres liées à des résines synthétiques, au ciment, etc. Vu la diversité de ces produits, nous renvoyons le lecteur aux prescriptions spécifiques du fabricant.

Sébastien Mouffe – Subway architecture

2 TYPES DE REVÊTEMENTS DE FAÇADE

Les revêtements de façade sont réalisés au moyen de lames (planches), de panneaux ou de bardeaux.

2.1 LAMES

La lame est une planche mince, étroite et longue.

- *Matériaux constitutifs* (cf. chapitre 3, p. 13) : bois massif, contreplaqué, stratifié décoratif haute pression (HPL – *high pressure laminate*), bois composite, éléments en fibres de bois revêtus de matière synthétique.
- *Pose* (cf. § 7.5.1, p. 53) : horizontale, verticale, diagonale ou oblique.
- *Profils courants* (cf. § 2.1.1 ci-après et § 2.1.2, p. 10) : ajourés, à chevauchement (à battée, à recouvrement ou à clin), à rainure et languette.

Fig. 3 *Revêtement de façade constitué de lames.*

2.1.1 LAMES EN BOIS MASSIF

2.1.1.1 FORME DES LAMES EN BOIS MASSIF

Les formes courantes des lames en bois massif sont représentées à la figure 4. Les lames peuvent être rectangulaires, trapézoïdales ou courbes. Les extrémités peuvent être pourvues d'un profilage spécial dont la forme permet un bon écoulement de l'eau de pluie et un jeu dans les assemblages, mais répond également à des considérations d'ordre esthétique.

Les profils doivent être suffisamment biseautés, c'est-à-dire qu'ils doivent présenter une inclinaison minimale de 15° (ou 27 %) pour les parties horizontales exposées et un rayon de courbure minimal des arrondis de 3 mm, afin d'éviter des arêtes vives et une stagnation de l'eau. Les arrondis présentent par ailleurs l'avantage supplémentaire d'améliorer l'adhérence des éventuelles couches de finition (voir § 6.3, p. 43).

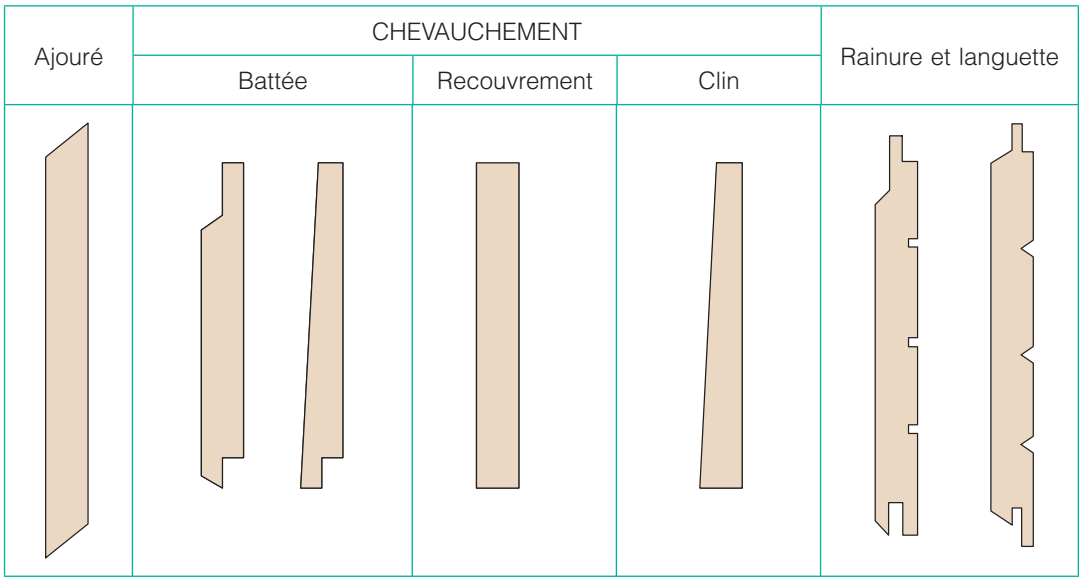


Fig. 4 *Profils courants des lames en bois massif (coupes transversales).*

2.1.1.2 AGENCEMENT DES LAMES EN BOIS MASSIF

Trois types d'agencement sont possibles :
- pose par recouvrement (ou chevauchement)
- pose par rainures et languettes
- pose ajourée (ou pose à claire-voie).

Les lames doivent se chevaucher suffisamment pour permettre le travail du bois (retrait ou gonflement sous l'effet des variations du taux d'humidité du matériau).

La largeur d'un chevauchement simple pour des lames horizontales posées sur une paroi verticale varie selon le type de revêtement et se situe généralement entre 8 et 12 % de la largeur courante de la lame (avec un minimum de 15 mm afin de recouvrir le système de fixation).

Pour une paroi inclinée, le recouvrement sera plus important et ce, en fonction de l'inclinaison et de l'orientation de la paroi.

Les lames à simple chevauchement (à battée, à recouvrement ou à clin) ont une largeur courante de 145 mm maximum. Avec un recouvrement de 10 %, la largeur utile sera de 130 mm au maximum.

Les lames peuvent également être assemblées par rainure et languette. La longueur de la languette doit être supérieure ou égale à 10 % de la largeur courante de la lame. Il est recommandé de ménager un jeu de 2 mm au minimum afin de ne pas entraver les variations dimensionnelles du bois (figure 6). Lors de la mise en œuvre, des cales de 2 mm peuvent éventuellement être employées pour faciliter le positionnement des lames et respecter ce jeu.

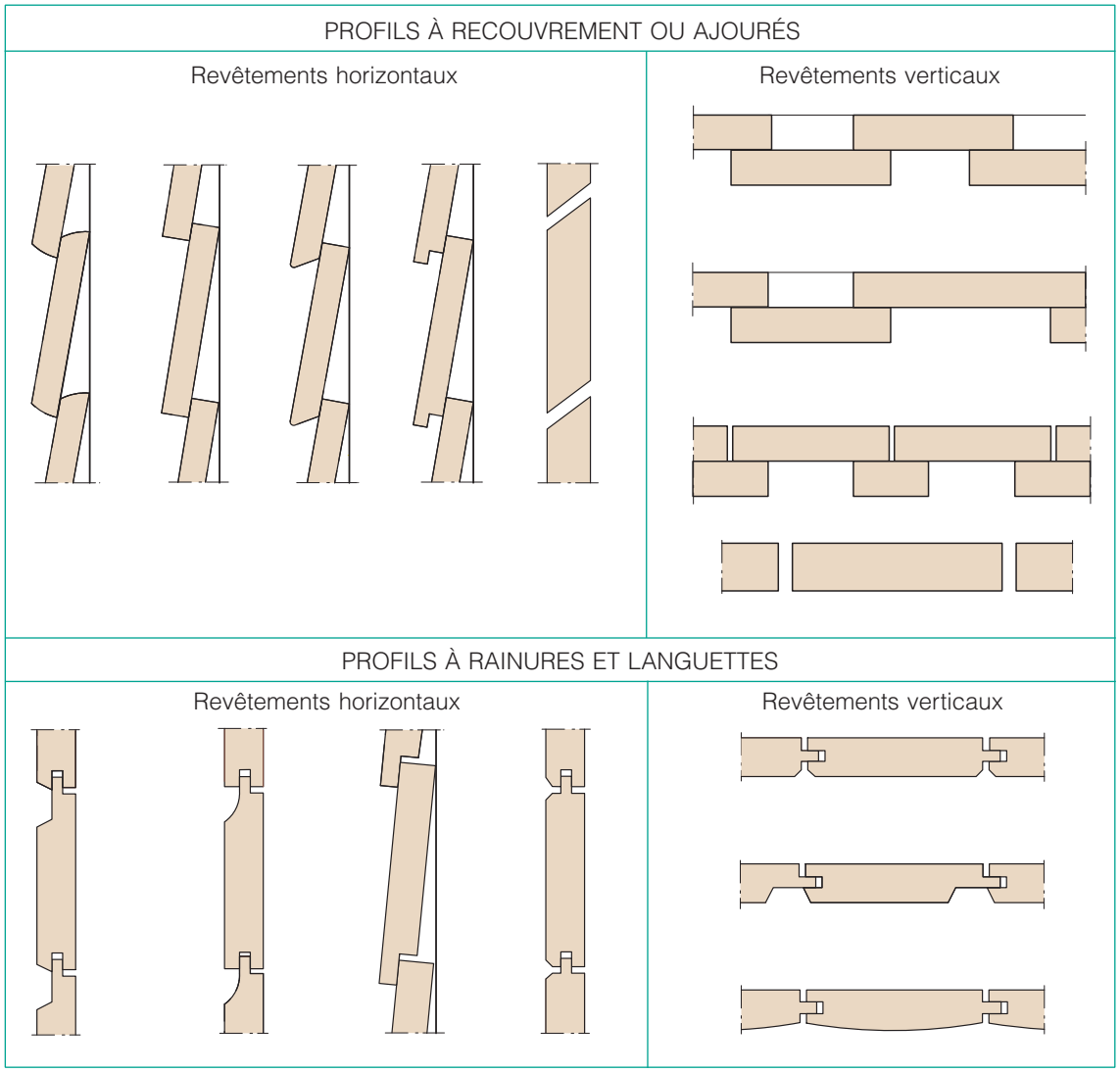
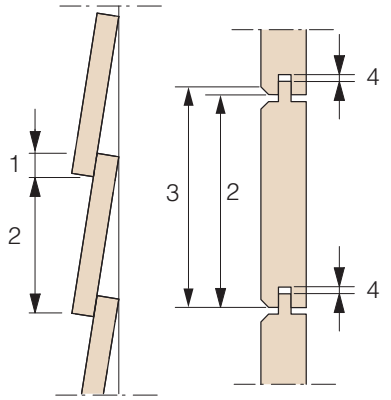


Fig. 5 *Formes des profils pour revêtements de façade en bois.*



1. Chevauchement
2. Largeur utile (exposée)
3. Largeur totale
4. Jeu de 2 mm min.

Fig. 6 *Largeur et recouvrement des lames en bois massif.*

2.1.1.3 DIMENSIONS DES LAMES EN BOIS MASSIF

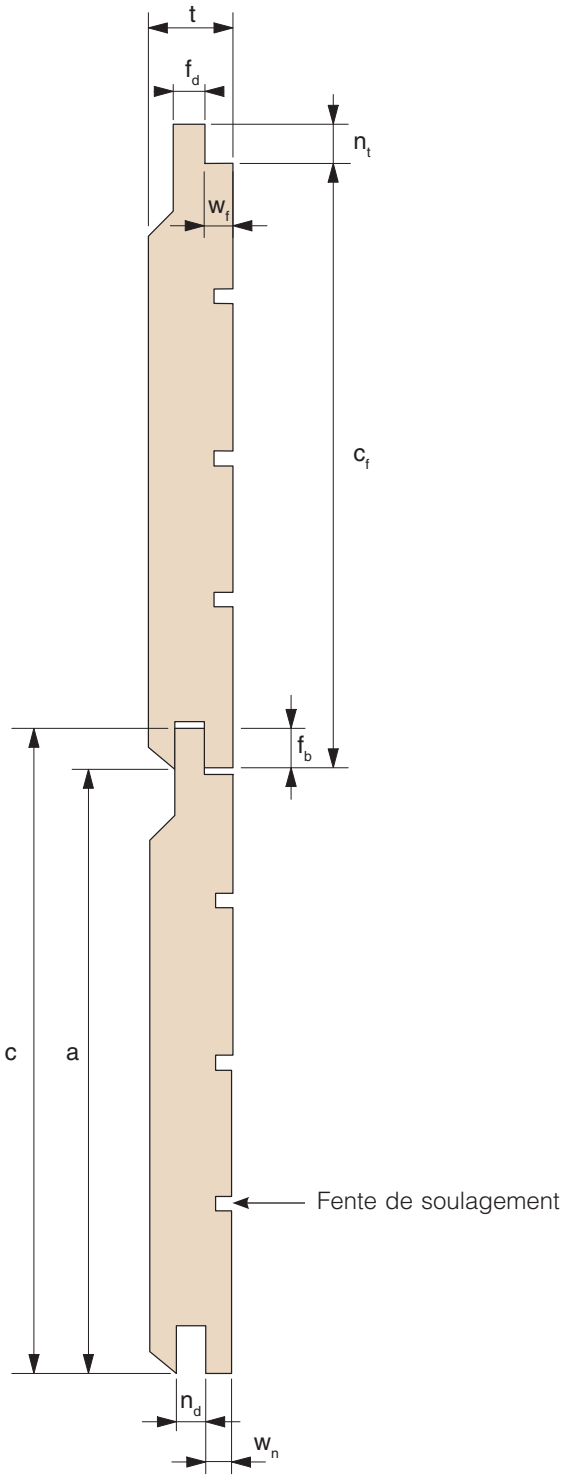
Les lames en bois massif ont une épaisseur de 18 mm ([1]) ou plus; dans le cas de lames biseautées, la plus faible épaisseur des lames ne peut être inférieure 8 mm. La largeur doit être réduite afin de limiter l'ampleur des mouvements de retrait et de gonflement ainsi que les déformations de chaque lame. Le facteur d'élancement (rapport largeur/épaisseur) doit être inférieur ou égal à 8. Ce facteur dépend principalement de la stabilité dimensionnelle de l'espèce de bois, de sa nervosité, de sa qualité et du mode de débitage. Pour les lames à simple chevauchement et la pose ajourée, une largeur courante de 145 mm maximum est recommandée.

Une largeur et/ou un facteur d'élancement plus importants que ceux mentionnés ci-dessus peuvent néanmoins être envisagés si des précautions particulières permettant le mouvement normal du bois sont prises lors du choix de l'espèce de bois (bois stable), de sa qualité et/ou lors de la mise en œuvre (fixation, positionnement).

En ce qui concerne la conception du profil, la règle du 'tiers' est préconisée, à savoir : l'épaisseur de la rainure (n_d), de la languette (f_d) et de la joue sous celles-ci (w_n et w_f) vaut chacune le tiers de l'épaisseur totale de la lame.

Pour les espèces de bois réputées moyennement stables (cf. tableau 2, p. 14), il est recommandé de réaliser des fentes de soulagement des contraintes au niveau du contre-parement du profilé (figure 7).

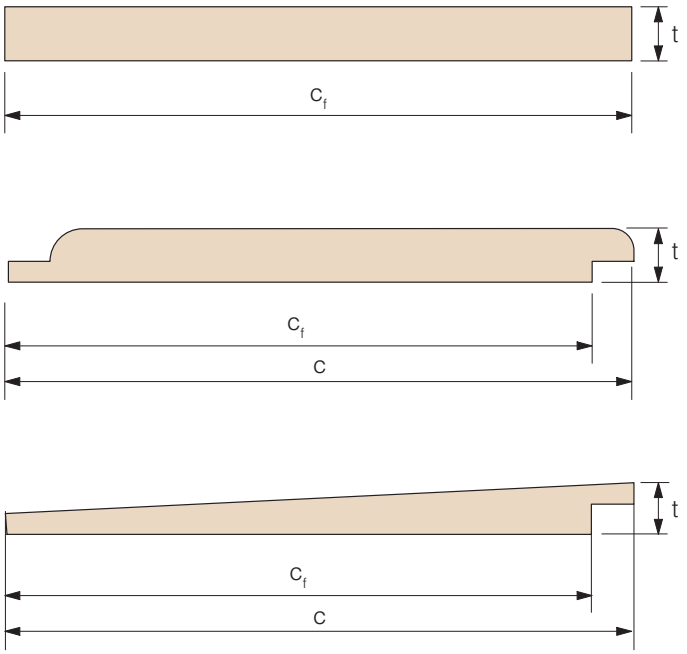
La longueur des lames est variable; elle dépend de l'espèce de bois et des dimensions commerciales disponibles.



a	= largeur utile (exposée)	f_d	= épaisseur de la languette
c	= largeur courante (totale)	n_t	= longueur de la languette
f_b	= profondeur de la rainure	c_f	= largeur du recouvrement (contre-parement)
n_d	= largeur (épaisseur) de la rainure	t	= épaisseur de la lame
w_f	= joue sous la languette		
w_n	= joue sous la rainure		

Fig. 7 *Coupe transversale courante de deux lames en bois massif assemblées par rainure et languette (NBN EN 14519) [B46].*

([1]) Les planches de 15 mm d'épaisseur disponibles sur le marché sont déconseillées en raison des risques accrus de déformations ultérieures.



c = largeur courante
c_f = contre-parement
t = épaisseur maximale

Fig. 8 *Trois coupes transversales courantes de lames en bois massif sans rainure et languette (NBN EN 14951) [B48].*

2.1.2 LAMES EN COMPOSITE 'BOIS-PLASTIQUE'

2.1.2.1 FORME DES LAMES EN COMPOSITE

Les lames en composite bois-plastique ([2]) présentent une surface lisse ou similaire à celle du veinage du bois, un aspect obtenu par moulage et pressage au moment de la fabrication.

Les motifs le plus fréquemment rencontrés sont inégaux ou possèdent la texture du bois.

Différentes configurations de lames sont proposées : lames creuses (technologie alvéolaire), lames profilées mises en place par emboîtement, etc.

2.1.2.2 AGENCEMENT DES LAMES EN COMPOSITE

Les principes de base sont équivalents à ceux formulés pour le bois massif. Cependant, compte tenu de la diversité des profilés et de leur composition, il est recommandé de se conformer aux instructions du fabricant.

2.1.2.3 DIMENSIONS DES LAMES EN COMPOSITE

Les dimensions seront choisies en fonction de la stabilité du matériau et du système de pose. Vu la variété des produits proposés sur le marché, on se référera néanmoins à la documentation du fabricant.

2.2 PANNEAUX

- *Matériaux constitutifs* : panneaux contreplaqués, panneaux stratifiés décoratifs haute pression (HPL – *high pressure laminate*), panneaux à base de fibres de bois ou de cellulose de bois liées par des résines thermodurcissables
- *Pose* : horizontale, verticale, diagonale ou oblique.

2.2.1 FORME ET AGENCEMENT DES PANNEAUX

Les panneaux, souvent de grandes dimensions, sont généralement posés à joints ouverts pour des raisons esthétiques; la façade acquiert ainsi un aspect lisse, modulé par quelques joints. Il existe toutefois de multiples possibilités de mise en œuvre, par exemple par emboîtement, par rainures et languettes ou en pose ajourée comme dans le cas des lames.

Fig. 9 *Revêtement de façade en panneaux.*

([2]) La dénomination 'composite bois-plastique' (WPC – *wood plastic composite*) est généralement utilisée pour désigner les matériaux ou les produits constitués d'une ou plusieurs fibres ou farines naturelles et d'un polymère ou d'un mélange de polymères (CEN/TS 15534-1) [C10].

Tableau 1 *Epaisseur indicative des panneaux en fonction de l'entraxe des lattes de support.*

Type de panneau	Epaisseur minimum	Entraxe maximum
Contreplaqué	10 mm ou entraxe (mm)/50	750 mm
HPL	6 mm 8 mm 10 mm	600 mm 700 mm 800 mm

Certains fabricants proposent des panneaux profilés donnant l'illusion de lames rainurées-languetées.

2.2.2 DIMENSIONS DES PANNEAUX

Les dimensions standard des panneaux à usage extérieur sont habituellement de 2500 mm x 1250 mm et de 3050 mm x 1525 mm, même si de nombreuses variantes sont disponibles sur le marché. L'épaisseur varie pour chaque type de panneau, notamment en fonction de l'entraxe des lattes de support.

2.3 BARDEAUX

Ce type de revêtement de façade est peu répandu dans nos contrées. On le rencontre essentiellement en Autriche, au Canada et dans les pays scandinaves.

Les bardeaux peuvent également être utilisés comme revêtement de toiture inclinée (non traité dans ce document).

- *Matériau courant* : bois massif (western red cedar, mélèze, chêne, châtaignier, etc.)
- *Types* : bardeaux en bois fendus (*shakes*) et bardeaux en bois sciés (*shingles*) (figure 10).

2.3.1 FORME DES BARDEAUX

Les *shingles* sont obtenus en sciant le bois en pièces biseautées au moyen d'une scie circulaire à lame mince.

Les *shakes* sont confectionnés en fendant le bois en biseau et sur quartier (en général mécaniquement). Parfois, les pièces sont fendues à épaisseur constante, puis sciées en diagonale sur l'épaisseur.

Les *shakes* ont donc toujours une face supérieure éclatée et, selon le cas, une face inférieure lisse ou éclatée. Du fait de ce mode de fabrication, on ne trouve pas deux *shakes* identiques, ce qui confère

Fig. 10 *Revêtement de façade en bardeaux (*shingles*).*

un caractère artisanal au produit ainsi qu'à la façade après la pose.

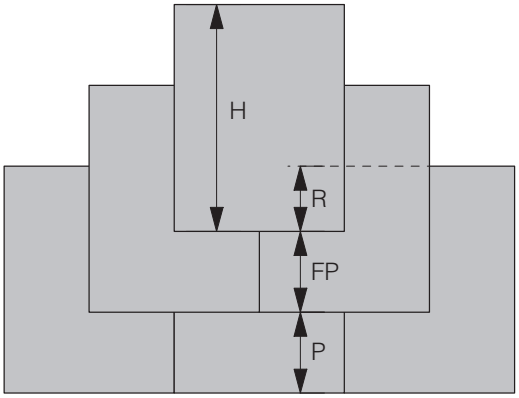
Le bardeau fendu offre cependant une plus grande durabilité que le bardeau scié. Dans le cas du fendage, on suit le fil du bois, ce qui permet d'éliminer les éléments déformés par un fil non droit et de ne conserver que les pièces les plus stables. En outre, en ne coupant pas le fil, on diminue le risque de pénétration d'eau dans le bois.

Il existe également des *shingles* rainurés à la machine, dits *sidewall shakes*, disponibles en longueurs de 400, 450 et 600 mm, qui sont utilisés uniquement pour les revêtements de façade.

2.3.2 AGENCEMENT DES BARDEAUX

Les bardeaux sont généralement posés avec un recouvrement.

Pour la pose à double recouvrement, le pureau (partie visible du bardeau – voir figure 11) ne doit jamais être supérieur à la moitié de la longueur des bardeaux moins 10 mm (c'est-à-dire la valeur du recouvrement). Par exemple, pour des bardeaux de 450 mm, le pureau maximal est de 215 mm, soit (450/2) – 10.



H = hauteur du bardeau
R = recouvrement (partie recouverte deux fois)
FP = faux pureau (partie cachée assurant l'étanchéité vis-à-vis des remontées d'eau)
P = pureau (partie du bardeau exposée directement)

Fig. 11 *Détermination du pureau.*

2.3.3 DIMENSIONS DES BARDEAUX

Les bardeaux sont des éléments de couverture biseautés, de 400, 450 ou 600 mm de longueur (450 ou 600 mm seulement pour les *shakes*), dont la face visible est lisse (*shingles*) ou éclatée (*shakes*). L'épaisseur est généralement de l'ordre de 10 à 15 mm.

3 MATÉRIAUX POUR REVÊTEMENTS DE FAÇADE

3.1 LAMES EN BOIS MASSIF POUR REVÊTEMENTS DE FAÇADE

Les fabricants sont tenus d'apporter la preuve que leurs produits répondent aux exigences des spécifications techniques européennes. A cet effet, les revêtements de façade en bois massif mis sur le marché doivent répondre aux prescriptions de la norme de référence NBN EN 14915 [B47] ([3]). Le marquage CE de ces produits est possible depuis le 1er juin 2007.

3.1.1 ESPÈCES DE BOIS

L'utilisation du bois massif pour le revêtement des façades dépend de sa durabilité (naturelle ou améliorée) et de ses propriétés mécaniques.

Le tableau 2 (p. 14) présente une liste non limitative des espèces de bois adaptées à l'emploi en menuiserie extérieure, c'est-à-dire présentant une durabilité naturelle suffisante (classe de durabilité 1, 2 ou 3) ([4]) ou améliorée par un traitement de préservation adéquat. D'autres espèces peuvent être utilisées pour autant qu'elles répondent aux critères de durabilité naturelle et de stabilité dimensionnelle requis pour une application en bardage.

Le tableau 2 précise :
- la désignation vernaculaire (commerciale) utilisée en Belgique
- le nom botanique (scientifique)
- la durabilité naturelle conventionnelle vis-à-vis des champignons lignivores (selon NBN EN 350-1 et 350-2) [B9, B10] ou la classe de durabilité (1 à 5); il est à noter que certaines espèces appartiennent à plusieurs classes, par exemple le pin sylvestre, qui fait partie de la classe 3 et de la classe 4
- la couleur (ou teinte)
- la manière dont la préservation doit être effectuée (voir § 6.2, p. 39)
- la masse volumique moyenne (en kg/m^3) pour un taux d'humidité du bois de 15 %
- la stabilité dimensionnelle basée sur le 'travail' de l'espèce de bois ([5]). Ainsi, une espèce est réputée stable si la somme du mouvement radial et du mouvement tangentiel est inférieure à 1,5 % pour des variations de l'humidité relative de l'air extérieur entre 60 et 90 %. Cependant, pour porter un jugement complet sur la stabilité en service d'une espèce de bois, il faudrait encore considérer d'autres paramètres, comme la régularité du fil et sa nervosité.

Actuellement, en Belgique, les espèces couramment utilisées sont le cèdre (western red cedar – WRC), l'oregon/douglas, le mélèze et certains bois exotiques (padouk, moabi, merbau, etc.). Lors de la spécification d'une espèce de bois dans un document contractuel, il est préférable de mentionner sa dénomination commerciale ainsi que son nom botanique.

3.1.2 QUALITÉ DU BOIS

La qualité du bois doit être telle qu'une singularité dans la structure de ce dernier, qu'elle soit visible en surface ou pas,
- ne compromette pas la résistance mécanique de la pièce, sa forme ou sa rectitude
- et/ou n'entraîne pas une finition anormalement difficile ou une durabilité limitée de celle-ci.

De manière générale, les exigences applicables au choix du bois pour les portes et châssis de fenêtre sont également d'application pour les revêtements de façade : fil droit, absence d'aubier, faible proportion de nœuds, etc.

(suite du texte en page 17)

([3]) Cette norme s'applique aux produits conformes aux normes NBN EN 14519 (bardages en bois massif résineux avec rainures et languettes) [B46], NBN EN 15146 (idem sans rainures et languettes) [B49] et NBN EN 14951 (bardages en bois massif feuillu [B48], mais également aux autres produits en bois massif adaptés à la réalisation de bardages.
([4]) La durabilité naturelle intrinsèque du bois est répertoriée en cinq classes (NBN EN 350-1) [B9].
([5]) La notion de travail du bois est explicitée dans la NIT 218 (§ 3.1.5.4.2) [C5].

Tableau 2 *Liste non limitative des espèces de bois convenant aux revêtements de façade (Conseil scientifique du Belgian Wood Forum) [B2].*

Nom commercial *Nom botanique* ([1])	Classe de durabilité selon NBN EN 350-2 ([2])	Couleur	Préservation ([3])	Masse volumique moyenne (HR 15 %)	Stabilité dimensionnelle ([4])	Remarques
Afrormosia *Pericopsis elata* (AF)	1/2	Brun doré	–	700 kg/m³	Stable	–
Afzélia apa, bella, chanfuta, doussié, lingué, pachyloba *Afzelia spp.* (AF)	1	Ocre clair à rouge brun	–	800 kg/m³	Très stable	Dégraisser les surfaces avant la finition. Risque de coulures. Selon la NBN EN 13556 [B44], tous les afzélias portent le nom vernaculaire de doussié. En Belgique, ce nom est réservé à l'espèce *bipidensis*, qui a généralement une proportion de fils droits plus grande que les autres afzélias.
Amarante *Peltogyne spp.* (AL)	2/3	Mauve violet	–	850 kg/m³	Stable	–
Angelim / Sapupira *Hymenolobium spp.* (AL)	2([a])	Jaune orangé à brun	–	750 kg/m³	Moyennement stable	–
Basralocus *Dicorynia guianensis* (AL)	2([a])	Brun à brun mordoré	–	750 kg/m³	Moyennement stable	–
Bilinga *Nauclea diderrichii* et *N. gilletii* (AF)	1	Jaune orangé à ocre	–	750 kg/m³	Moyennement stable	Risque de déformations et d'esquilles.
Bossé *Guarea cedrata*, *G. laurentii* (bossé clair), *Guarea thompsonii* (bossé foncé) (AF)	2 Variable pour le bossé clair	Brun rosâtre	–	600 kg/m³	Stable	Exsudations de résine possibles avec *G. cedrata*. Poussières irritantes.
Bubinga *Guibourtia demeusii* (AF)	2	Brun rougeâtre à violet	–	850 kg/m³	Moyennement stable	Risque de déformations.
Châtaignier *Castanea sativa* (EU)	2	Jaune brun à brun	*	600 kg/m³	Stable	Rare en grandes longueurs et largeurs.
Chêne d'Europe *Quercus robur* et *Q. petraea* (EU)	2	Jaune à jaune brun pâle	*	700 kg/m³	Moyennement stable	Noircit au contact du fer en milieu humide. L'usage du chêne blanc d'Amérique (*Quercus spp.*) peut également être envisagé.
Cumaru *Dipteryx spp.* (AL)	1([a])	Brun jaune à brun rougeâtre	–	1070 kg/m³	Moyennement stable à stable	Contrefil marqué.
Framiré *Terminalia ivorensis* (AF)	2/3	Jaune à jaune brun pâle	*/**	550 kg/m³	Stable	Noircit au contact du fer en milieu humide. Présence occasionnelle de piqûres noires ([5]).
Ipé *Tabebuia spp.* (AL)	1([a])	Brun jaunâtre à brun olive	–	1050 kg/m³	Stable	Dépôt jaune verdâtre ('lapachol') dans les vaisseaux.
Iroko (Kambala) *Milicia excelsa* et *M. regia* (AF)	1/2	Jaune doré à brun foncé	–	650 kg/m³	Stable	Noircit au contact du fer en milieu humide. Possibilité de grandes variations de teinte. Poussières irritantes.
Itauba *Mezilaurus itauba* et *M. navalium* (AL)	1([a])	Brun jaune à brun foncé	–	850 kg/m³	Moyennement stable	–
Jarrah *Eucalyptus marginata* (AS, AU, plantations : AF)	1	Brun rouge	–	800 kg/m³	Moyennement stable	–

Jatoba *Hymenaea courbaril* (AL)	2([a])	Rouge orangé à brun rouge	–	900 kg/m³	Stable	–
Kapur *Dryobalanops spp.*	1/2	Rouge brun	–	700 kg/m³	Moyennement stable	Présence occasionnelle de piqûres noires ([5]). Finition difficile.
Karri *Eucalyptus diversicolor* (AU, AS, plantations : AF)	2	Brun rougeâtre	–	880 kg/m³	Moyennement stable	–
Keruing *Dipterocarpus spp.* (AS)	3	Brun à brun rouge	–	800 kg/m³	Moyennement stable	Présence occasionnelle de piqûres noires ([5]). Finition difficile.
Kosipo *Entandrophragma candollei* (AF)	2/3	Rouge violacé à brun	–	650 kg/m³	Stable	–
Louro gamela *Ocotea rubra* (AL)	2	Rose brun à brun rouge	–	660 kg/m³	Moyennement stable	–
Makoré *Tieghemella heckelii* (AF)	1	Brun rosâtre à brun rouge	–	660 kg/m³	Stable	–
Merbau *Intsia spp.* (AS)	1/2	Brun clair à brun rouge	–	800 kg/m³	Très stable	Dégraisser les surfaces avant la finition. Risque de coulures importantes. Possibilité de grandes variations de teinte.
Moabi *Baillonella toxisperma* (AF)	1	Brun rosâtre à brun rouge	–	850 kg/m³	Stable	Poussières irritantes.
Movingui *Distemonanthus benthamianus* (AF)	3	Jaune pâle à jaune brunâtre	*	700 kg/m³	Stable	–
Niangon *Heritiera utilis* et *H. densiflora* (AS)	3	Brun rosâtre à brun rouge	–	700 kg/m³	Stable	Dégraisser les surfaces avant la finition.
Padouk *Pterocarpus soyauxii* (AF)	1	Rouge à brun violacé	–	750 kg/m³	Très stable	Poussières irritantes.
Panga-panga *Millettia stuhlmannii* (AF)	2	Brun noir	–	850 kg/m³	Stable	Poussières irritantes.
Robinier *Robinia pseudoacacia* (EU)	1/2	Vert jaune à brun doré	–	750 kg/m³	Moyennement stable	Très rare en grandes longueurs et largeurs.
Sapelli *Entandrophragma cylindricum* (AF)	3	Brun rouge	–	650 kg/m³	Stable	–
Sipo *Entandrophragma utile* (AF)	2/3	Brun rouge	–	650 kg/m³	Stable	–

([1]) Origines : AF : Afrique, AS : Asie, AL : Amérique latine, AN : Amérique du Nord, EU : Europe, AU : Australie.
([2]) Les classes de durabilité (de 1, durable, à 5, non durable) sont celles indiquées dans la norme NBN EN 350-2 [B10] et concernent la résistance naturelle du bois aux attaques de champignons lignivores. La classification porte sur la partie 'duraminisée' du bois (bois de cœur coloré), l'aubier n'étant jamais durable. Les essences qui ne sont pas répertoriées dans la NBN EN 350-2:1994 sont indiquées par un ([a]).
([3]) Il s'agit de la préservation au sens strict du terme, à savoir la protection chimique du substrat ligneux au moyen de fongicides, et non pas la finition du bois au moyen de lasures ou de peintures. Les deux traitements assurent ensemble la protection du bois contre la dégradation (cf. chapitre 6, p. 39). En Belgique, il est admis que seuls les bois appartenant aux classes de durabilité 1, 2 ou 3 puissent être utilisés à l'extérieur sans préservation, l'aubier n'étant pas toléré. Cependant, avec certaines espèces (indiquées dans le tableau par un *), il n'est parfois pas possible d'éviter une faible proportion d'aubier. Un traitement C1 (fongicide, antibleuissement et insecticide – cf. STS 04.3) [S1] est alors requis; celui-ci sera éventuellement suivi d'une finition. Pour les espèces (indiquées par le symbole **) qui n'appartiennent pas aux trois premières classes de durabilité, un traitement C1 est indispensable; l'aubier est alors toléré. Le même traitement est nécessaire avec les espèces appartenant aux trois premières classes si une part importante d'aubier subsiste (espèces indiquées par le symbole */**). Les espèces pour lesquelles une préservation n'est pas nécessaire sont indiquées dans le tableau par le symbole "–".
([4]) La stabilité dimensionnelle est basée sur le 'travail' de l'espèce de bois pour des variations du taux d'humidité relative de l'air entre 60 et 90 %. Le séchage du bois en place jusqu'à son taux d'humidité d'équilibre est d'autant plus important que l'espèce est moins stable.
([5]) Les piqûres noires sont les traces d'une attaque antérieure d'insectes des bois 'verts' (l'attaque est définitivement arrêtée une fois que l'humidité du bois est inférieure à 30-35 %).

(suite du tableau à la page suivante)

Tableau 2 *(suite).*

Nom commercial *Nom botanique* (1)	Classe de durabilité selon NBN EN 350-2 (2)	Couleur	Préservation (3)	Masse volumique moyenne (HR 15 %)	Stabilité dimensionnelle (4)	Remarques
Tali *Erythrophleum ivorense* et *E. suaveolens* (AF)	1(a)	Jaune brun à brun rougeâtre	–	900 kg/m³	Moyennement stable	–
Tatajuba *Bagassa guianensis* (AL)	1/2(a)	Brun doré à brun	–	800 kg/m³	Stable	–
Teck *Tectona grandis* (AS, plantations : AF, AL)	1	Brun moyen à foncé	–	650 kg/m³	Très stable	La classe de durabilité des tecks provenant de plantations varie entre 2 et 3. Dégraisser les surfaces avant la finition.
Douglas / Oregon pine *Pseudotsuga menziesii* (EU et AN)	3	Rose saumon à orange foncé	*/**	550 kg/m³	Stable	'Dégraisser' les bois riches en résines avant finition.
Epicéa *Picea abies* (EU)	4	Blanchâtre à brun jaunâtre	**	450 kg/m³	Stable	Peu durable et peu imprégnable, l'épicéa ne convient en principe pas aux menuiseries extérieures. Il arrive néanmoins qu'il soit utilisé, mais la longévité de l'ouvrage sera limitée.
Mélèze *Larix spp.* (EU)	3/4	Brun rouge	*/**	600 kg/m³	Moyennement stable	'Dégraisser' les bois riches en résines avant finition. Risque de déformations. Le taux d'humidité lors de la pose ne peut dépasser 15 ± 2 %.
Pin sylvestre	3/4	Jaune clair à brun rouge	**	500 kg/m³	Stable	–
Western red cedar *Thuya plicata* (AN)	2	Brun	*	370 kg/m³	Stable	Clous et vis de préférence en acier inoxydable. Faible dureté superficielle (poinçonnement). Possibilité de grandes variations de teinte. Poussières irritantes.
Yellow pine *Pinus spp.* (AN)	3	Brun jaune clair	**	540 kg/m³	Stable	'Dégraisser' les bois riches en résines avant finition. La qualité 'SAPS', essentiellement importée en Belgique, est pratiquement exempte de défauts, mais se compose presque totalement d'aubier.

(1) Origines : AF : Afrique, AS : Asie, AL : Amérique latine, AN : Amérique du Nord, EU : Europe, AU : Australie.
(2) Les classes de durabilité (de 1, durable, à 5, non durable) sont celles indiquées dans la norme NBN EN 350-2 [B10] et concernent la résistance naturelle du bois aux attaques de champignons lignivores. La classification porte sur la partie 'duraminisée' du bois (bois de cœur coloré), l'aubier n'étant jamais durable. Les essences qui ne sont pas répertoriées dans la NBN EN 350-2:1994 sont indiquées par un (a).
(3) Il s'agit de la préservation au sens strict du terme, à savoir la protection chimique du substrat ligneux au moyen de fongicides, et non pas la finition du bois au moyen de lasures ou de peintures. Les deux traitements assurent ensemble la protection du bois contre la dégradation (cf. chapitre 6, p. 39). En Belgique, il est admis que seuls les bois appartenant aux classes de durabilité 1, 2 ou 3 puissent être utilisés à l'extérieur sans préservation, l'aubier n'étant pas toléré. Cependant, avec certaines espèces (indiquées dans le tableau par un *), il n'est parfois pas possible d'éviter une faible proportion d'aubier. Un traitement C1 (fongicide, antibleuissement et insecticide – cf. STS 04.3) [S1] est alors requis; celui-ci sera éventuellement suivi d'une finition. Pour les espèces (indiquées par le symbole **) qui n'appartiennent pas aux trois premières classes de durabilité, un traitement C1 est indispensable; l'aubier est alors toléré. Le même traitement est nécessaire avec les espèces appartenant aux trois premières classes si une part importante d'aubier subsiste (espèces indiquées par le symbole */**). Les espèces pour lesquelles une préservation n'est pas nécessaire sont indiquées dans le tableau par le symbole "–".
(4) La stabilité dimensionnelle est basée sur le 'travail' de l'espèce de bois pour des variations du taux d'humidité relative de l'air entre 60 et 90 %. Le séchage du bois en place jusqu'à son taux d'humidité d'équilibre est d'autant plus important que l'espèce est moins stable.
(5) Les piqûres noires sont les traces d'une attaque antérieure d'insectes des bois 'verts' (l'attaque est définitivement arrêtée une fois que l'humidité du bois est inférieure à 30-35 %).

(suite de la page 13)

Dans tous les cas, la qualité de bois désirée doit être clairement stipulée dans les documents contractuels, de sorte que le menuisier puisse sélectionner celle qui y correspond. Cette spécification peut s'effectuer de deux manières :

- soit en se référant aux classes d'aspect européennes (cf. § 3.1.2.1 ci-dessous)
- soit en se basant sur une description détaillée des imperfections naturelles tolérées (cf. § 3.1.2.2 ci-dessous).

3.1.2.1 CLASSES D'ASPECT EUROPÉENNES

Les normes NBN EN 14519 [B46], NBN EN 15146 [B49] et NBN EN 14951 [B48] définissent les caractéristiques des bardages en bois massif respectivement pour les résineux (avec ou sans rainures et languettes) et les feuillus. Ces trois normes proposent deux classes d'aspect désignées par les lettres A et B ([6]). Sauf spécification contraire, le classement s'applique uniquement au parement, qui comprend toute la surface visible de la lame. Dans ce classement, plusieurs singularités sont prises en compte, parmi lesquelles les nœuds, les déformations, l'aubier, les fentes, la pente du fil, les poches de résine, etc.

Il est à noter que le marché belge propose des qualités de bois supérieures à celles définies dans les normes ci-dessus.

A défaut d'utiliser les classes prévues dans ces normes, le fabricant peut déclarer une classe dite libre. Dans ce cas, toutes les singularités de classement mentionnées dans les normes précitées doivent figurer dans le document contractuel.

Les recommandations à suivre en vue d'obtenir une qualité de bois optimale sont spécifiées dans les paragraphes qui suivent.

3.1.2.2 IMPERFECTIONS NATURELLES GÉNÉRALEMENT AUTORISÉES ([7])

Nœuds

Les nœuds adhérents (ou nœuds fixes) sont autorisés; le cahier des charges indiquera s'il y a lieu de limiter le nombre et la taille des nœuds adhérents.

Les nœuds sautants (tombants ou pourris) d'un diamètre inférieur à 10 mm sont autorisés à condition qu'ils se situent au moins à 5 mm d'un bord.

Par ailleurs, la présence – parfois en grandes quantités – de nœuds sains dans un bardage est recherchée dans certains cas en vue d'obtenir un effet esthétique. Cette pratique est autorisée, pour autant qu'elle n'affecte pas les performances de l'ouvrage.

Gerces

Les gerces ou fentes superficielles sont autorisées.

Cœur (moelle)

Le cœur des résineux est autorisé à condition qu'il soit placé en contre-parement. Cependant, pour un résultat optimal, il est recommandé de ne pas utiliser de bois de cœur.

Le cœur des feuillus n'est pas autorisé.

Aubier

L'aubier des résineux est autorisé pour autant qu'un traitement adéquat du bois ait été effectué (voir § 6.2, p. 39); les flaches sont exclues.

L'aubier des feuillus n'est pas autorisé.

Notes

1. Des lames répondant à des exigences de qualité strictes (par exemple, absence de nœuds, teinte uniforme, fil parfaitement droit) nécessitent une sélection sévère qui aura une influence sur le coût. En outre, de tels produits ne sont pas nécessairement disponibles sur le marché.
2. Même si la stabilité dimensionnelle ne constitue pas le critère de choix le plus important pour la réalisation d'un bardage, on conseille habituellement de choisir des espèces de bois stables ou très stables. Il faut en effet tenir compte du fait que, dans un tel ouvrage, les fortes variations hygrométriques provoquent un important travail du bois, ce qui augmente le risque de déformation. L'utilisation d'espèces réputées 'moyennement stables' présente un risque de déformations plus important que des essences traditionnellement utilisées pour les menuiseries extérieures. Cet usage ne permettant pas de garantir que les déformations (cintrage des lames, par exemple) restent dans les limites généralement tolérées, il conviendra de prendre des dispositions particulières (planches de plus faible largeur, fentes de soulagement, fil régulier, etc.).

([6]) Pour le pin maritime, une classe supplémentaire (classe 0) est également prévue.
([7]) Les défauts évoqués dans ce paragraphe sont définis en annexe de la présente NIT (p. 80).

3.1.3 TAUX D'HUMIDITÉ DU BOIS

Le taux d'humidité des éléments en bois lors de la réalisation est déterminé en fonction du taux d'humidité d'équilibre à l'usage. Afin de réduire au maximum les déformations du bois après la pose du bardage, il est conseillé de sécher le bois, avant sa mise en œuvre, jusqu'à un taux d'humidité moyen de 17 ± 1 % (15 ± 1 % dans le cas du mélèze), un taux d'humidité de 17 ± 2 % (15 ± 2 % pour le mélèze) pouvant être accepté ponctuellement.

Pour l'afzélia doussié (*Afzelia bipindensis*), on admet un taux d'humidité de 25 % maximum à la mise en œuvre, pour autant que cela ne pose pas de problèmes en cas d'application d'une finition ou à la suite d'un retrait potentiellement plus important.

Il convient de souligner que les traitements thermiques (cf. § 6.2.3.2, p. 42) peuvent occasionner une réduction substantielle du taux d'humidité d'équilibre du bois (en masse). Il est donc recommandé de s'informer au sujet du procédé appliqué.

MESURE DU TAUX D'HUMIDITÉ

Plusieurs méthodes existent pour évaluer le taux d'humidité du bois :

- mesure par dessiccation au four (norme NBN EN 13183-1) [B39]
- mesure au moyen de l'hygromètre électrique (NBN EN 13183-2) [B40]

Fig. 12 *Modèle d'hygromètre électrique.*

- mesure au moyen de l'hygromètre capacitif (NBN EN 13183-3) [B41].

Les méthodes les plus utilisées dans la pratique sont les mesures à l'aide de l'hygromètre électrique (mesure de la résistance électrique par le biais de deux électrodes) ou de l'hygromètre capacitif. Ce dernier est utilisé pour une première indication, car il ne permet pas de garantir une mesure précise. En cas de contestation, une mesure par dessiccation peut être envisagée.

3.2 PANNEAUX ET LAMES À BASE DE BOIS

Le marquage CE des panneaux à base de bois pour revêtements de façade est possible depuis le 1er juin 2005. La norme de référence NBN EN 13986 [B45] prescrit les caractéristiques de performance des différents panneaux en fonction de leur utilisation.

3.2.1 CONTREPLAQUÉ

3.2.1.1 DESCRIPTION ET EXIGENCES

La norme européenne NBN EN 636 [B20] définit les exigences relatives aux panneaux de contreplaqué. Pour une utilisation à l'extérieur, les prescriptions suivantes sont recommandées :

- le panneau comporte cinq plis au minimum
- son épaisseur est d'au moins 10 mm; selon l'usage final, l'épaisseur des plis constituant le contreplaqué varie généralement de 1,4 à 4,8 mm pour les bois tendres. La figure 13 représente la symétrie du panneau par rapport à son axe, tant en ce qui concerne le nombre des couches que leur épaisseur
- le panneau présente une face de classe d'aspect 2 selon la norme NBN EN 635-2 [B17] pour les bois tropicaux et les feuillus indigènes, et une face de classe d'aspect 1 selon la norme NBN EN 635-3 [B18] pour les bois résineux
- le premier pli sous la face vue ne doit jamais comporter ni joint ouvert ou superposé, ni fente ouverte d'une largeur ≥ 5 mm, ni nœud sautant d'un diamètre supérieur à 10 mm
- qualité du collage : les différentes feuilles et couches ne peuvent être assemblées que par encollage. Le collage doit résister aux actions climatiques et aux agressions des microorganismes, c'est-à-dire répondre au minimum à la classe de collage 3 selon la norme NBN EN 314-2 [B6], ce qui équivaut à satisfaire à l'essai WBP (*weather boiled proofed* : résistant aux intempéries et à l'eau bouillante) – à ne pas confondre avec la classe MR (résistant à l'humidité et modérément

résistant aux intempéries). Les joints de colle directement exposés aux intempéries doivent être protégés par l'application des couches de finition nécessaires (voir § 6.3, p. 43) ou toute autre méthode appropriée. Le fabricant du panneau spécifie les possibilités d'utilisation, les prescriptions de pose et la finition du matériau

- la durabilité biologique doit être de classe de risque 3 selon la norme NBN EN 335-3 [B8] (voir § 3.2.1.2 ci-contre).

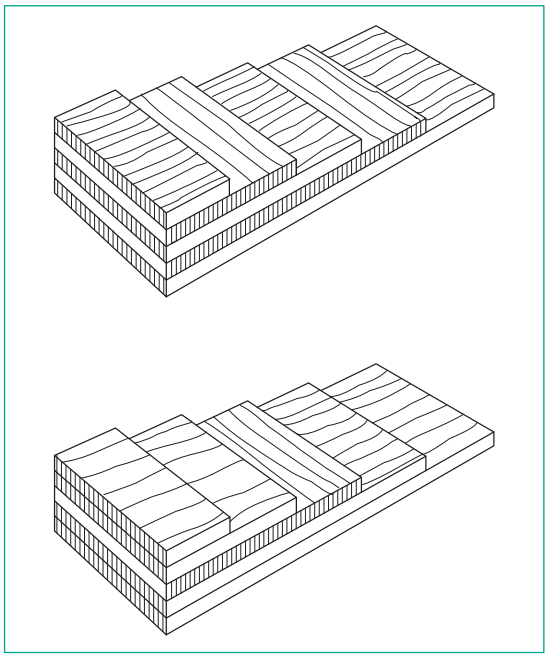


Fig. 13 *Structure symétrique d'un panneau contreplaqué.*

En pratique, le contreplaqué est généralement peu utilisé pour l'habillage de façades complètes; il se prête davantage au revêtement des rives de toit, des dépassants et des appentis. Cependant, si certains types de panneaux contreplaqués sont susceptibles d'être utilisés comme revêtement de façade, leurs performances seront compromises en l'absence de traitement de préservation adapté (en cas de bois non durable – voir ci-dessous) et d'une finition appropriée. Cette dernière devra également être appliquée non seulement sur le parement, mais également sur les chants et le contre-parement du panneau. En outre, la longévité des panneaux dépendra fortement de leur exposition, du type et de l'entretien de la finition de surface ainsi que des joints entre les panneaux [C8].

Nonobstant ces recommandations, il convient de signaler que l'usage de panneaux contreplaqués pour un bardage extérieur exposé à des conditions sévères ne constitue pas un choix judicieux à longue échéance, dans la mesure où la tenue de la finition (indispensable) et le comportement à long terme du pli extérieur des panneaux non protégés paraissent très improbables. De plus, en cas d'exposition directe, le bouche-porage ou la protection mécanique des chants (profilés en métal ou en matière plastique) doit faire l'objet d'un soin particulier en raison de la capillarité importante des panneaux.

3.2.1.2 ESPÈCES DE BOIS ET QUALITÉ DES PLACAGES

En ce qui concerne le choix des espèces adaptées à la menuiserie extérieure, on peut se baser sur les dispositions du § 3.1.1 (p. 13). Pour un résultat optimal, les panneaux ne peuvent pas être constitués de plus de deux espèces de bois différentes.

Au sujet de la durabilité du matériau, la spécification technique CEN/TS 1099 [C9] exige, pour la classe de risque 3 (utilisation en menuiserie extérieure), un traitement de préservation si le bois utilisé dans la fabrication du panneau contreplaqué est d'une classe de durabilité naturelle moindre (classe 4 et/ou 5). Il est important de mentionner que la colle utilisée lors de la confection n'apporte aucune résistance supplémentaire aux attaques biologiques.

La durabilité d'un contreplaqué en bois non durable (par exemple, okoumé de classe de durabilité 4) et non traité peut être améliorée par le traitement de préservation de la menuiserie avant la pose (voir § 6.2, p. 39). Ce traitement, de type C1, doit être appliqué en atelier par brossage, pulvérisation ou imprégnation brève.

Les joints ouverts entre les placages (*gaps*) ou le chevauchement des placages ne sont pas autorisés dans les parements extérieurs en raison d'un possible décollement sous l'effet des intempéries (humidité, température).

3.2.1.3 ASPECT

Le contreplaqué pour menuiseries extérieures est livré dans les finitions de surface poncées (non revêtues) ou revêtues. Les finitions de surface non poncées, débitées grossièrement et brossées ne conviennent pas comme base d'un système de finition fixe.

Les panneaux de contreplaqué dont la surface est rainurée afin de leur conférer l'aspect d'un revêtement de lames présentent l'inconvénient d'interrompre les plis sous-jacents. Ces derniers exposent alors le bois de bout aux intempéries, ce qui est défavorable, surtout lorsque les rainures sont orientées horizontalement comme dans le cas représenté à la figure 14 (p. 20).

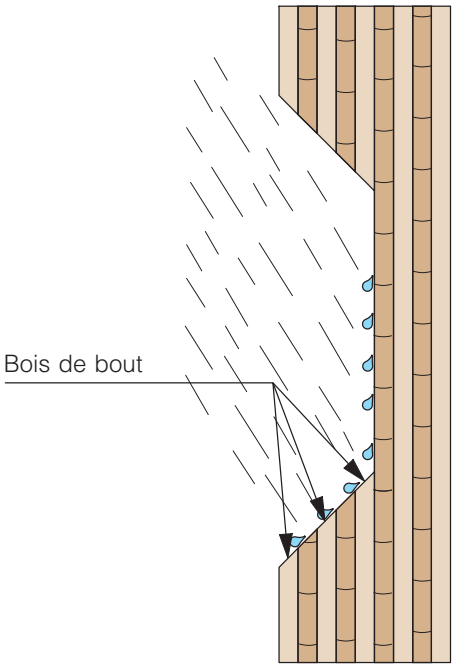


Fig. 14 *Exposition du bois de bout dans le cas de panneaux rainurés-languetés.*

Les panneaux rainurés dans leur parement (extérieur) présentent le même inconvénient. De plus, dans ce cas, les cordons de colle des placages extérieurs sont directement exposés aux intempéries (pluie et vent), ce qui est dommageable à la durabilité du panneau et de sa finition.

L'emploi de panneaux rainurés dans un environnement extérieur exposé est envisageable sous réserve de disposer les rainures verticalement et de leur appliquer une finition soignée et régulièrement entretenue.

3.2.1.4 CLASSIFICATION DES PANNEAUX

Les performances et méthodes d'essai applicables au contreplaqué sont définies dans la norme NBN EN 636 [B20]. Les normes NBN EN 635-1, 635-2 et 635-3 fixent, quant à elles, les tolérances de singularité admissibles pour les différentes classes d'aspect des faces vues des panneaux.

Le collage doit, quant à lui, être conforme aux prescriptions des normes NBN EN 314-1 et 314-2 [B5, B6].

3.2.2 COMPOSITES EN BOIS-PLASTIQUE

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de norme de produit européenne soumettant les bois composites au marquage CE.

3.2.2.1 DESCRIPTION

Les revêtements en bois composite sont constitués de trois éléments principaux :

- *des particules de bois* : il s'agit de bois micronisé sous forme de farine, obtenu à partir de copeaux ou de sciure de bois. Il existe également des bois composites sous forme de matelas de fibres de bois obtenus par défibrage thermomécanique; ces derniers sont surtout utilisés dans l'industrie automobile. Pour la construction et l'aménagement extérieur des bâtiments, on utilise essentiellement les bois composites à base de farine de bois
- *un liant* naturel, synthétique ou hydraulique sous forme de granules, de poudre ou de fibrilles, destiné à lier entre elles, à chaud ou à froid, les particules ou fibres de bois afin d'en améliorer la résistance mécanique et la résistance aux intempéries
- *des additifs* : souvent des colorants et des agents de couplage destinés à améliorer les propriétés mécaniques. Les éléments en bois composite peuvent également contenir des ignifugeants, des stabilisateurs et des absorbeurs d'ultraviolets.

Le bois est issu d'essences feuillues ou résineuses. Le pin, l'érable et le chêne sont les plus utilisés. Le taux d'incorporation du bois peut varier dans des proportions très larges, comprises entre quelques pour cent et environ 70 % en poids.

Les liants les plus utilisés dans la composition du bois composite sont les polymères thermoplastiques (polyéthylène, polypropylène, PVC, etc.) et, dans une moindre mesure, les polymères thermodurcissables. On parle alors de composites bois-polymères.

Les planches de bois composite se travaillent de la même façon que le bois massif. La durabilité, la fréquence et le type d'entretien et de finition des lames de bardage dépendent du procédé de fabrication et sont précisés par le fabricant. Soulignons à ce sujet que le mélange de matières plastiques aux particules de bois ne garantit pas nécessairement la durabilité du composite si l'espèce ou les espèces utilisées ne sont pas suffisamment durables.

3.2.2.2 ASPECT

L'incorporation d'additifs au processus de fabrication permet une coloration dans la masse. Après profilage, les lames peuvent également recevoir plusieurs couches de peinture à base de résine acrylique thermodurcissable, cuite au four.

Les traitements spécifiques appliqués en usine ainsi que plusieurs couches de finition adaptées confèrent à ce type de bardage une durabilité satisfaisante, tout en réduisant l'entretien nécessaire.

3.2.2.3 CLASSIFICATION DES COMPOSITES BOIS-PLASTIQUE

Les méthodes d'essai relatives aux bois composites sont décrites dans les spécifications techniques européennes CEN/TS 15534-1 à 15534-3 [C10, C11, C12].

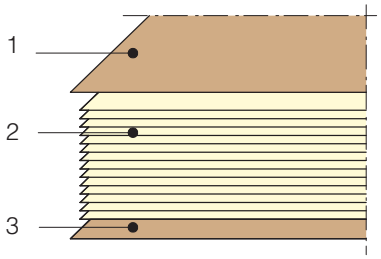
3.2.3 STRATIFIÉ DÉCORATIF HAUTE PRESSION (HPL)

3.2.3.1 DESCRIPTION

Un panneau HPL (*high pressure laminate*) est un panneau décoratif composé de feuilles de papier imprégnées de résine thermodurcissable et doté d'une couche de finition en matière plastique.

On distingue le stratifié massif (stratifié sur deux faces) et le stratifié collé sur un support (stratifié sur une face), par exemple sur un panneau de particules de bois, en MDF ou en contreplaqué. Du fait de leur composition, les panneaux HPL appartiennent à la catégorie des matériaux composites.

Pour les applications extérieures, on n'utilise que du stratifié massif (stratifié 'double face'). Compact et autoportant, celui-ci a généralement une épaisseur supérieure à 6 mm. La structure d'un panneau HPL massif à base de papier kraft est illustrée à la figure 15.



1. Feuille de papier à décor, colorée ou imprimée et imprégnée de mélamine
2. Ame lourde constituée de dizaines de feuilles de papier kraft (selon l'épaisseur du panneau) imprégnées de résine phénolique
3. Feuille de papier à décor, colorée ou imprimée et imprégnée de mélamine

***Fig. 15** Structure d'un panneau HPL massif à base de papier kraft.*

Les panneaux HPL se distinguent par leur face apparente décorative relativement dure résistant à l'abrasion, aux rayures, aux chocs et à une chaleur modérée. Ils possèdent également des qualités de solidité et de durabilité des couleurs.

Les dimensions peuvent varier sous l'effet des fluctuations de l'humidité relative et de la température de l'air ambiant. Vu le module d'élasticité élevé du HPL, ces variations dimensionnelles engendrent des tensions importantes dans la couche de colle. C'est pourquoi, dans le cas d'un stratifié collé sur un support, il y a lieu d'appliquer un HPL de même rigidité de part et d'autre du panneau de manière à préserver la planéité de l'ensemble.

Avant collage ou avant pose (panneau massif), les panneaux sont conditionnés dans une ambiance dont le taux d'humidité est proche de celui qui prévaudra lors de l'usage ultérieur. Le placement d'intercalaires pour le stockage des panneaux de bois sera donc de rigueur.

3.2.3.2 CLASSIFICATION DES PANNEAUX HPL

Les performances et les méthodes d'essai applicables aux panneaux HPL en général sont décrites dans les normes belges NBN EN 438-1 et 438-2 [B11, B12]. Pour les panneaux stratifiés compacts et composites utilisés plus particulièrement comme bardages, on se référera à la norme NBN EN 438-7 [B13].

La classification des panneaux HPL est fournie dans la norme NBN EN 438-1. Les panneaux sont désignés par un code composé d'une lettre et de trois indices numériques qui reflètent leur niveau de performances. Les valeurs performancielles préconisées doivent être considérées comme des minima. La norme NBN EN 438-2 définit les méthodes d'essai relatives à ces performances.

Les performances des panneaux HPL pourront aussi être caractérisées à l'aide d'un classement alphabétique.

Les panneaux HPL pour revêtements de façade seront soit de classe S232 ou F232 ([8]) suivant la NBN EN 438-1, soit de classe VGS ou VGF ([9]) suivant la NBN EN 438-2.

([8]) Les lettres S (standard) et F (à réaction au feu améliorée) sont relatives à la qualité du panneau HPL. Les indices numériques (de 1 à 4, par ordre de résistance croissante) sont relatifs respectivement aux résistances à l'abrasion, aux chocs et aux rayures. L'indice 232 correspond donc à une résistance moyenne à l'abrasion, une grande résistance aux chocs et une résistance moyenne aux rayures.

([9]) VGS : standard pour utilisation verticale. Si une réaction au feu améliorée est requise : VGF.

3.2.3.3 PRÉCAUTIONS LORS DE LA DÉCOUPE ET DU PERÇAGE

Lors de la fabrication, les panneaux HPL doivent être sciés et fraisés avec des outils de traitement du bois en métal dur; les forets utilisés pour le percement seront également en métal dur. Les pièces transformées ne doivent subir aucun traitement de protection ou de recouvrement après le fraisage, le biseautage, le ponçage et éventuellement le polissage.

Au cours de la transformation (sciage, fraisage, perçage, etc.), la face vue des panneaux doit être maintenue du coté supérieur. En cas d'utilisation d'une scie à chanfreiner, il faut orienter le côté décoratif vers le dessus de la table par rapport au sens de sciage vertical.

Les angles rentrants des encoches ne peuvent en aucun cas présenter d'arêtes vives.

Les trous de fixation au niveau des angles doivent être préforés pour éviter tout arrachement de matière. Ces trous seront plus larges que le diamètre des vis d'au moins 0,5 mm afin de permettre le retrait et la dilatation du panneau. Dans tous les cas, il est recommandé de suivre les instructions du fabricant.

3.3 MOYENS DE FIXATION DES ÉLÉMENTS DE BARDAGE (LAMES ET PANNEAUX)

3.3.1 CLOUS, VIS ET RIVETS

La longueur des clous est d'au moins 2,5 fois l'épaisseur de la lame de revêtement. Dans le cas de vis à bois, la longueur sera d'au moins 2 fois l'épaisseur du bardage en bois. Un diamètre de 3 à 4 mm est généralement recommandé.

Les clous lisses et les agrafes sont déconseillés car ils ont tendance à se déchausser sous l'action des mouvements hydriques du bois. Il est donc nécessaire, lorsque les fixations restent apparentes, d'avoir recours à des clous ou des vis dont la forme (annelée, cannelée ou torsadée, par exemple) s'oppose à l'arrachement ou au soulèvement des lames.

Certaines espèces de bois contiennent des matières corrosives, que ce soit naturellement (contenus cellulaires acides) ou à la suite d'un traitement de préservation ou d'ignifugation [D2]. En milieu humide, ces substances sont susceptibles d'endommager certains moyens d'assemblage métalliques et de provoquer des taches noirâtres par réaction entre les tanins et l'oxyde de fer. Ces taches peuvent être supprimées au moyen d'une solution d'acide oxalique (à raison de 100 à 200 g/l d'eau), mais le phénomène réapparaîtra si les conditions d'oxydation sont toujours présentes (source d'humidité).

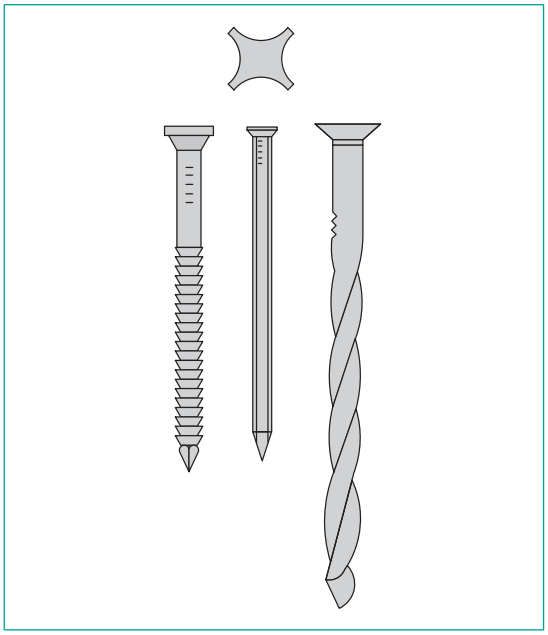


Fig. 16 *Moyens de fixation courants.*

Dans la mesure où il n'est pas aisé de supprimer toute source d'humidité dans un environnement extérieur, il est conseillé de recourir à des systèmes de fixation en acier inoxydable A2 (304L/X2CrNi18-9) ou A4 (316L/X2CrNiMo17-12-2), ou en métal non ferreux.

En bordure de mer (littoral sur une profondeur de 3 km, sauf conditions locales particulières), il est préconisé d'utiliser des systèmes de fixation en acier inoxydable de type commercial A4, dont la teneur plus élevée en molybdène notamment offre une meilleure résistance à la corrosion.

3.3.2 COLLES

Les colles élastiques destinées aux applications extérieures sont à base de silicone modifié ou de résine polyuréthanne. Elles conviennent pour le collage du contreplaqué et des stratifiés décoratifs haute pression (HPL).

Ce moyen de fixation est toutefois peu utilisé pour les revêtements de façade en Belgique.

Pour assurer un collage de qualité, il est essentiel que la structure portante soit plane et stable.

La pose nécessitant des précautions particulières, il est recommandé de procéder au collage en usine, où les conditions de mise en œuvre peuvent être maîtrisées.

Pour plus de détails, on se référera aux instructions du fabricant ([10]).

Il est recommandé d'utiliser des colles de type D4 et des systèmes dont l'application à l'extérieur et la tenue dans le temps sont validées par des essais.

3.3.3 AUTRES MOYENS DE FIXATION

Outre les moyens classiques (clous, vis, rivets), il existe des systèmes de fixation plus spécifiques : attaches métalliques, cornières en métal ou en matière synthétique, etc. Lors du choix de ce type de fixations, il est recommandé de prendre contact avec le fabricant afin de vérifier la compatibilité entre le système sélectionné, le type de panneau et les sollicitations engendrées par le revêtement.

Les prescriptions de pose relatives à quelques-uns de ces systèmes sont présentées au § 7.5.2.1 (p. 54).

([10]) Une Note d'information technique relative aux colles à bois est en cours d'élaboration.

4 EXIGENCES APPLICABLES AUX REVÊTEMENTS DE FAÇADE

La directive européenne 89/106 relative aux produits de construction (DPC) vise à lever les obstacles à la libre circulation des produits de construction à l'intérieur de l'Espace économique européen (c'est-à-dire les Etats membres de l'Union européenne, la Norvège, l'Islande, le Liechtenstein et la Turquie). Selon ce document, tout ouvrage construit doit répondre à six exigences essentielles :

- la résistance mécanique et la stabilité
- la sécurité en cas d'incendie
- l'hygiène, la santé et l'environnement
- la sécurité d'utilisation
- la protection contre le bruit
- l'économie d'énergie et l'isolation thermique.

Les principales exigences applicables aux revêtements de façade sont examinées ci-après.

4.1 STABILITÉ MÉCANIQUE ET EFFET DU VENT

La conception des revêtements de façade fixés sur des lattes horizontales ou verticales, elles-mêmes fixées à la structure portante, doit garantir la résistance aux charges générées par le vent, le poids propre et les chocs. Pour les revêtements de façade remplissant une fonction portante – non traités dans la présente NIT –, nous renvoyons le lecteur aux Eurocodes structuraux : NBN EN 1995-1-1 pour les structures en bois [B37], NBN EN 1993-1-1 pour les structures en acier [B36] et NBN EN 1999-1-1 pour les structures en aluminium [B38]. L'application des Eurocodes aux façades, considérées comme structures secondaires, est traitée de manière détaillée dans le Rapport n° 11 du CSTC [D4].

Le dimensionnement des revêtements de façade nécessite la connaissance des sollicitations auxquelles ils seront soumis, notamment l'action du vent. Dans le cas de constructions étanches à l'air, ces charges résultent directement du champ de pression externe provoqué par le vent, notamment en fonction de sa vitesse, du site d'exposition, de la géométrie du bâtiment et de son orientation.

Sur des constructions partiellement perméables comme les bardages en bois, les sollicitations résultent à la fois du champ de pression externe et du champ de pression interne régnant dans la lame d'air présente au dos du bardage. Cette lame d'air, qui peut être considérée comme une zone tampon (pour autant qu'elle soit bien ventilée), permet généralement d'amortir la différence de pression avec l'extérieur et par conséquent de réduire, dans une certaine mesure, la pression nette sur le bardage.

Ainsi, si la structure portante du bardage est imperméable et que la perméabilité du bardage est supérieure à 0,1 %, il y aura lieu d'évaluer la résistance des fixations de l'assemblage suivant les règles spécifiques aux parois 'semi-perméables'. La vérification de la stabilité au vent des éléments de bardage et des fixations s'opère conformément à la norme NBN EN 1991-1-4 et à son annexe nationale (ANB) pour ce qui concerne le calcul du vent [B34, B35].

La fixation d'objets lourds tels que des enseignes lumineuses, des stores, etc. n'est pas abordée dans la présente NIT. Signalons néanmoins que ces éléments doivent être fixés à la structure portante et non au revêtement de façade.

4.2 ISOLATION THERMIQUE

4.2.1 INTRODUCTION

En Belgique, la réglementation relative à l'isolation thermique des bâtiments relève de la compétence des Régions. Les réglementations PEB régionales définissent des exigences concernant les performances thermiques des murs délimitant le volume protégé ([11]). Il s'agit notamment des coefficients de transmission thermique maximum (U_{max}) ou des

([11]) Le volume protégé est le volume de l'ensemble des locaux et espaces du bâtiment que l'on souhaite protéger des déperditions thermiques. Le volume protégé est donc fonction des choix effectués par le concepteur ou le maître d'ouvrage. Ces choix peuvent se discerner au travers des locaux susceptibles d'être chauffés directement ou indirectement, et des éléments de construction pourvus d'une isolation thermique.

Tableau 3 *Valeur U maximum (W/m²K) des murs applicable au moment de la mise sous presse de la présente NIT.*

Type de paroi	Région flamande	Région de Bruxelles-Capitale	Région wallonne
Parois opaques non en contact avec le sol, à l'exception des portes, portes de garage et murs-rideaux (façades légères)	U_{max} = 0,4	U_{max} = 0,4	U_{max} = 0,4

résistances thermiques ([12]) minimum (R_{min}) de ces murs. Leur isolation thermique aura également des répercussions sur le niveau d'isolation thermique globale (niveau K) du bâtiment et, dès lors, sur sa performance énergétique (niveau E ou E_w).

Il est donc judicieux de vérifier au préalable quelles exigences régionales sont applicables dans une situation donnée. Au moment de la mise sous presse de cette NIT, la valeur U_{max} à respecter pour les murs dans les trois Régions est celle indiquée dans le tableau 3. Ces valeurs U_{max} sont d'application pour les bâtiments neufs ainsi que pour les bâtiments ayant subi des travaux de rénovation, qu'ils soient ou non de grande ampleur.

Le lecteur consultera les sites ci-dessous pour les informations les plus récentes au sujet des règlements thermiques régionaux en vigueur :

- www.normes.be pour l'Antenne Normes 'Energie et Climat intérieur' du CSTC
- www.ibgebim.be pour la Région de Bruxelles-Capitale
- energie.wallonie.be pour la Région wallonne
- www.energiesparen.be pour la Région flamande.

Le placement d'une isolation derrière le revêtement de façade conduit à renforcer sensiblement la performance thermique des parois extérieures du bâtiment. La fonction essentielle de cet isolant est de permettre d'atteindre au minimum le niveau d'isolation thermique requis. Cette méthode constructive est tout particulièrement adaptée pour améliorer les performances thermiques de bâtiments existants.

Le calcul du coefficient de transmission thermique des parois de bâtiment (valeur U) s'effectue conformément aux 'Documents de référence pour les pertes par transmission' [G1, V2] qui se basent essentiellement sur une série de normes européennes. Lors du calcul du coefficient de transmission thermique U dans le cas d'un bardage, il convient de considérer la lame d'air extérieure comme une couche d'air fortement ventilée. De ce fait, le revêtement extérieur en bois et la lame d'air ne doivent pas être pris en compte dans le calcul de la résistance thermique totale de la paroi. Seuls les matériaux placés depuis l'intérieur jusqu'au niveau du pare-pluie seront pris en considération.

Lorsque l'isolation thermique est interrompue par le lattage en bois (isolant placé entre le chevronnage ou le lattage), il y a lieu de tenir compte de la fraction de bois dans le calcul et, le cas échéant, de l'influence des éléments de fixation de l'isolant.

Par ailleurs, dans le cas d'un bardage non ajouré, la résistance thermique d'échange superficielle extérieure doit être considérée comme étant égale à la résistance superficielle d'échange intérieure (R_{se} = R_{si}), une situation légèrement plus favorable par rapport à celle où l'ouvrage est directement exposé à l'environnement extérieur.

4.2.2 BARDAGES ET ISOLATION EN PRATIQUE

Le présent paragraphe fournit un ordre de grandeur de l'épaisseur d'isolant à prévoir pour répondre aux exigences thermiques minimum imposées actuellement par les réglementations.

La conductivité thermique λ à considérer dans le calcul de la résistance thermique de l'isolant est présentée au tableau 4. Ce dernier indique les valeurs par défaut prévues dans les réglementations ainsi qu'une gamme de valeurs fréquemment rencontrées sur le marché. Cette gamme est celle proposée dans la norme NBN B 62-002 [B4]. Lorsque le matériau d'isolation dispose d'un marquage ou d'une certification, c'est la valeur stipulée dans ce document qui doit être utilisée pour calculer la résistance thermique.

Le tableau 5 donne l'épaisseur d'isolant qui permet d'atteindre la valeur U = 0,4 W/m².K (imposée actuellement par les réglementations régionales) ou 0,3 W/m².K, et ce en fonction de la nature de l'isolant et de la nature du mur porteur. Les valeurs λ des

([12]) La résistance thermique R d'un matériau (exprimée en m²K/W) est calculée en divisant l'épaisseur de la couche de matériau (en m) par son coefficient de conductivité thermique λ (en W/mK).

Tableau 4 *Conductivité thermique par défaut λ (W/m.K) des isolants de marque et de type non connus.*

Type d'isolant	Valeurs par défaut	Gamme rencontrée
Laine minérale (MW)	0,045	0,031-0,044
Polystyrène expansé (EPS)	0,045	0,031-0,045
Polyéthylène extrudé (PEF)	0,045	0,035-0,045
Mousse phénolique revêtue (PF)	0,045 (1)	0,022-0,038 (2)
Polyuréthanne revêtu (PUR/PIR)	0,035	0,023-0,029
Polystyrène extrudé (XPS)	0,040	0,028-0,038
Verre cellulaire (CG)	0,055	0,038-0,050
Perlite (EPB)	0,060	0,052-0,055
Panneaux à base de fibres végétales et/ou animales (chanvre, lin, paille, plumes, laine, duvet, etc.) ($50 \leq \rho < 150$ kg/m³)	0,060 (3)	–

(1) Pour les panneaux d'isolation revêtus en mousse de phénol à cellules fermées, la valeur par défaut est ramenée à 0,030 W/m.K.
(2) Uniquement pour les mousses phénoliques à cellules fermées.
(3) Valeur issue de la norme NBN B 62-002 [B4].

Tableau 5 *Epaisseur d'isolation à prévoir en fonction du type de mur porteur, de la valeur U à atteindre et de la nature de l'isolant (mis en œuvre dans une ossature en bois et interrompu par le lattage – fraction bois 11 %).*

Type de mur porteur		Résistance thermique R (m².K/W)			Valeur U du mur (W/m².K)	Epaisseur d'isolation en cm (valeur λ)				
Composition	Epaisseur	Bloc	Isolant	Mur		MW (0,045)	EPS (0,045)	XPS (0,040)	PUR (0,035)	PF (0,045)
Blocs creux de béton lourd	14 cm	0,11	2,1	2,5	0,4	11,6	11,6	10,6	9,7	11,6
			3,0	3,3	0,3	16,1	16,1	14,8	13,5	16,1
	19 cm	0,14	2,1	2,5	0,4	11,4	**11,4**	10,5	9,5	11,4
			2,9	3,3	0,3	15,9	15,9	14,6	13,3	15,9
Blocs perforés de terre cuite	14 cm	0,26	2,0	2,5	0,4	10,8	10,8	9,9	9,0	10,8
			2,8	3,3	0,3	15,3	15,3	14,0	12,8	15,3
	19 cm	0,35	1,9	2,5	0,4	10,3	10,3	9,4	8,6	10,3
			2,7	3,3	0,3	14,8	14,8	13,6	12,4	14,8
Blocs de terre cuite perforés et allégés	14 cm	0,52	1,7	2,5	0,4	9,3	9,3	8,6	7,8	9,3
			2,6	3,3	0,3	13,9	13,9	12,7	11,6	13,9
	19 cm	0,7	1,5	2,5	0,4	8,4	8,4	7,7	7,0	8,4
			2,4	3,3	0,3	12,9	12,9	11,8	10,8	12,9
Blocs de béton léger	14 cm	0,3	1,9	2,5	0,4	10,5	10,5	9,7	8,8	10,5
			2,8	3,3	0,3	15,1	15,1	13,8	12,6	15,1
	19 cm	0,35	1,9	2,5	0,4	10,3	10,3	9,4	8,6	10,3
			2,7	3,3	0,3	14,8	14,8	13,6	12,4	14,8
Blocs de béton cellulaire	15 cm	0,64	1,6	2,5	0,4	8,7	8,7	8,0	7,3	8,7
			2,2	3,3	0,3	13,2	13,2	12,1	11,1	13,2
	20 cm	0,86	1,4	2,5	0,4	7,5	7,5	6,9	6,3	7,5
			2,2	3,3	0,3	12,0	12,0	11,0	10,1	12,0
Briques de terre cuite	20 cm	0,19	2,0	2,5	0,4	11,1	11,1	10,2	9,3	11,1
			2,9	3,3	0,3	15,7	15,7	14,4	13,1	15,7
Composition inconnue	15 cm	–	2,2	2,5	0,4	12,2	12,2	11,2	10,2	12,2
			3,1	3,3	0,3	16,7	16,7	15,3	14,0	16,7

Tableau 6 *Ordre de grandeur de l'épaisseur d'isolation dans un mur de façade isolé par l'extérieur avec un isolant mis en œuvre dans une ossature en bois (U_{max} = 0,4 W/m².K) et interrompu par le lattage (fraction bois 11 %).*

Type de mur	R_{bloc} (m².K/W)	Type d'isolant	Epaisseur d'isolation (cm)									
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Blocs creux de béton lourd (14 cm)	0,11	MW				λ = 0,031				λ = 0,045		
		EPS				λ = 0,031				λ = 0,045		
		XPS				λ = 0,028			λ = 0,040			
		PUR			λ = 0,023				λ = 0,035			
		PF			λ = 0,022					λ = 0,045		
Blocs perforés de terre cuite (14 cm)	0,26	MW				λ = 0,031				λ = 0,045		
		EPS				λ = 0,031				λ = 0,045		
		XPS			λ = 0,028				λ = 0,040			
		PUR		λ = 0,023				λ = 0,035				
		PF		λ = 0,022						λ = 0,045		
Blocs de terre cuite perfo-rés et allégés (14 cm)	0,52	MW			λ = 0,031			λ = 0,045				
		EPS			λ = 0,031			λ = 0,045				
		XPS		λ = 0,028			λ = 0,040					
		PUR	λ = 0,023				λ = 0,035					
		PF	λ = 0,022					λ = 0,045				
Blocs creux de béton léger (14 cm)	0,3	MW				λ = 0,031			λ = 0,045			
		EPS				λ = 0,031			λ = 0,045			
		XPS			λ = 0,028			λ = 0,040				
		PUR		λ = 0,023				λ = 0,035				
		PF		λ = 0,022					λ = 0,045			
Blocs de béton cellulaire (15 cm)	0,64	MW		λ = 0,031			λ = 0,045					
		EPS		λ = 0,031			λ = 0,045					
		XPS	λ = 0,028			λ = 0,040						
		PUR	λ = 0,023			λ = 0,035						
		PF	λ = 0,022				λ = 0,045					
Briques de terre cuite (20 cm)	0,35	MW				λ = 0,031				λ = 0,045		
		EPS				λ = 0,031				λ = 0,045		
		XPS				λ = 0,028			λ = 0,040			
		PUR			λ = 0,023			λ = 0,035				
		PF		λ = 0,022						λ = 0,045		
Composition inconnue	–	MW					λ = 0,031				λ = 0,045	
		EPS					λ = 0,031				λ = 0,045	
		XPS				λ = 0,028				λ = 0,040		
		PUR			λ = 0,023				λ = 0,035			
		PF			λ = 0,022						λ = 0,045	

isolants proposées dans ce tableau sont les valeurs par défaut spécifiées dans les réglementations (cf. tableau 4). Si les isolants sont traversés par des fixations métalliques, il y a lieu d'augmenter de 4 à 5 % les épaisseurs indiquées dans le tableau 5.

Le tableau 6 donne, quant à lui, l'ordre de grandeur de l'épaisseur d'isolant nécessaire pour répondre aux valeurs limites imposées par les réglementations.

Exemple

Pour atteindre une valeur U = 0,4 W/m².K dans un mur de façade constitué de blocs de béton lourd de 19 cm, muni d'un bardage et isolé par l'extérieur avec du polystyrène expansé dont on ne connaît pas la marque (valeur λ par défaut), il faut prévoir une épaisseur d'isolant de 11,4 cm au minimum (valeur en gras dans le tableau 5, p. 27).

Bardages et descentes d'eaux pluviales

Dans le cas d'un bardage muni d'une isolation thermique d'épaisseur importante, la descente d'eaux pluviales peut soit s'intégrer dans l'épaisseur de l'isolant (donc à l'arrière du bardage), soit être placée à l'avant du bardage. Quelle que soit l'option choisie, l'emplacement de la descente sera clairement spécifié dans le cahier des charges, de manière à ce que l'entreprise chargée de la mise en œuvre du bardage prévoie le placement d'un chevron ou d'un support dans la zone concernée.

4.3 ISOLATION ACOUSTIQUE

4.3.1 CONTRIBUTION DU BARDAGE À L'ISOLATION ACOUSTIQUE

L'isolation acoustique d'une paroi est toujours déterminée par ses éléments les moins performants vis-à-vis du bruit. La majorité des murs de façade présentent une isolation acoustique supérieure à celle des menuiseries extérieures et des grilles de ventilation. Ce sont donc ces éléments qui conditionnent le plus souvent le niveau d'isolation de l'ensemble.

Les fuites sonores jouent également un rôle important pour l'isolation acoustique de la façade. En règle générale, elles apparaissent au niveau du joint entre l'ouvrant et le dormant de la menuiserie, mais aussi au niveau du raccord des éléments de construction entre eux. Dans certains cas, elles sont en outre inhérentes à l'élément de construction même (châssis coulissant, par exemple). La première action à entreprendre en vue d'améliorer l'isolation acoustique d'une façade consiste donc à limiter l'impact de ces fuites.

En ce qui concerne les façades en maçonnerie massive, l'isolation acoustique est suffisante pour que le transfert du bruit en leur sein soit négligeable. En d'autres termes, la mise en œuvre du bardage sur un mur de façade en maçonnerie massive n'aura que très peu d'effet sur l'isolation acoustique, car le bruit passera principalement par les ouvertures présentes dans la façade, c'est-à-dire les grilles de ventilation, les menuiseries extérieures, leurs joints et leur raccord à la maçonnerie.

Pour les façades des bâtiments à structure plus légère (en bois massif ou à ossature en bois, par exemple), l'isolation acoustique restera principalement tributaire de celle des éléments les moins performants contre le bruit, comme explicité plus haut. En présence d'éléments performants, tels que des châssis acoustiques et/ou des systèmes de ventilation insonorisés, le revêtement de façade peut amener un complément d'isolation susceptible de se ressentir légèrement. Cette amélioration sera d'autant plus sensible :

- que le bardage présente une masse surfacique importante et est éloigné de la structure de support (un double lattage s'avère intéressant dans ce cas)
- que la zone concernée par l'isolation est comblée au moyen d'un absorbant à cellules ouvertes (laine minérale, par exemple)
- que l'étanchéité des raccords est soignée (en pose à claire-voie, ce critère n'a pas d'influence).

4.3.2 NORMALISATION

La norme NBN S 01-400-1 [B53] fixe les niveaux d'isolation à atteindre pour les façades en fonction de plusieurs paramètres :

- destination des locaux de réception du bruit
- critère de confort à atteindre (normal ou supérieur)
- environnement acoustique extérieur, caractérisé par le paramètre L_A calculé par pan de façade.

Les exigences portent sur le paramètre D_{Atr}, c'est-à-dire l'isolement acoustique de l'ensemble de la façade, mesuré *in situ*. Cette valeur peut se calculer sur la base de l'indice d'affaiblissement de chacun des éléments la composant [I1].

Tableau 7 *Exigences applicables à l'isolation de façade d'un local à protéger.*

Type de local à protéger	Confort acoustique normal (*)	Confort acoustique supérieur (*)
Living, salle à manger, cuisine, bureau et chambre à coucher	$D_{Atr} \geq L_A - 34 + m$ dB et $D_{Atr} \geq 26$ dB	$D_{Atr} \geq L_A - 30 + m$ dB et $D_{Atr} \geq 30$ dB
Chambre à coucher exposée à des pics sonores nocturnes dus au trafic ferroviaire ou aérien	$D_{Atr} \geq 34 + m$ dB	
(*) La valeur m équivaut à 0 dB si le local ne présente qu'un seul pan de façade muni de châssis ou de grilles de ventilation, et à 3 dB s'il en présente deux. La valeur L_A est le niveau de bruit extérieur affectant le pan de façade concerné.		

4.4 SÉCURITÉ INCENDIE

4.4.1 RÉGLEMENTATION INCENDIE EN BELGIQUE

En Belgique, les prescriptions relatives à la sécurité contre l'incendie font l'objet d'une réglementation. Il s'agit principalement de l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention de l'incendie, en vigueur sur l'ensemble du territoire belge [S2 à S8]. Les Régions et les Communautés sont en outre habilitées à promulguer des textes complétant les normes de base, afin de tenir compte du caractère spécifique de certains bâtiments.

L'arrêté royal 'normes de base' s'applique à tous les bâtiments nouveaux, à l'exception des maisons unifamiliales et des bâtiments bas de moins de 100 m² ne comptant pas plus de deux niveaux. Les exigences diffèrent selon la hauteur du bâtiment (voir figure 17); une distinction est ainsi faite entre :

- les bâtiments bas d'une hauteur inférieure à 10 m (annexe 2 de l'arrêté)
- les bâtiments moyens d'une hauteur comprise entre 10 et 25 m (annexe 3 de l'arrêté)
- les bâtiments élevés d'une hauteur supérieure à 25 m (annexe 4 de l'arrêté).

Les bâtiments industriels font l'objet de prescriptions particulières (annexe 6 de l'arrêté).

Les exigences de l'arrêté royal 'normes de base' applicables dans le cadre de la présente NIT concernent la réaction au feu du revêtement de façade et la résistance au feu de la façade.

4.4.2 RÉACTION AU FEU DES REVÊTEMENTS DE FAÇADE

4.4.2.1 CLASSIFICATION EUROPÉENNE DE LA RÉACTION AU FEU

La réaction au feu d'un produit de construction est 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 [B42], 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 particules en feu (d0, d1 et d2).

Les classes A1 et A2 correspondent aux produits incombustibles (béton ou 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. Le lecteur consultera utilement l'article paru en 2003 dans CSTC-Magazine [V1] pour davantage d'informations sur la classification de réaction au feu.

Cette classification européenne remplace la classification belge (A0, A1, A2, A3 et A4) [B54], mais il n'existe pas de correspondance entre les deux systèmes (voir notamment l'article paru en 2010 sur le sujet dans Les Dossiers du CSTC) [M1].

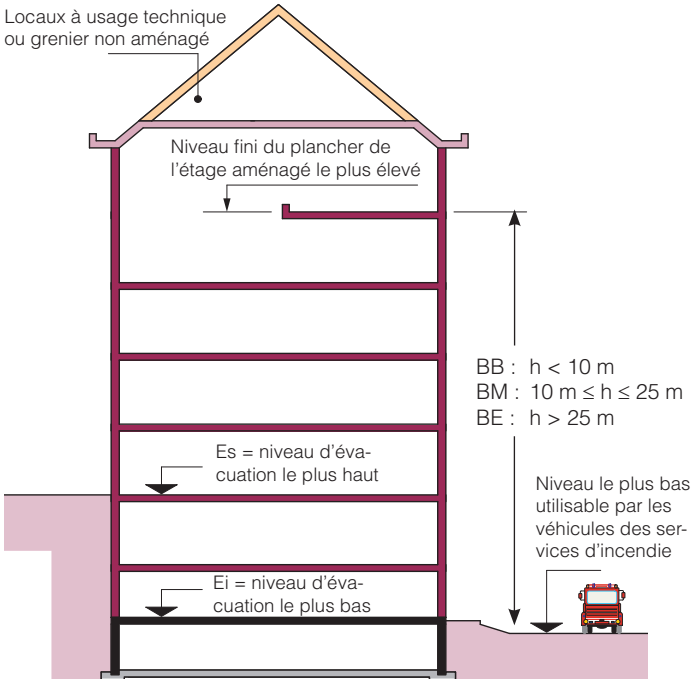


Fig. 17 *Distinction entre bâtiments bas, moyens et élevés (source : SPF Intérieur).*

4.4.2.2 EXIGENCES EN VIGUEUR

L'annexe 5 de l'arrêté royal relatif aux normes de base en matière de prévention de l'incendie n'a pas encore été officiellement adaptée à la nouvelle classification européenne. L'exigence applicable aux revêtements de façade y est encore exprimée selon la classification belge (classe de réaction au feu A2).

Selon la version révisée de cette annexe [S8], qui devrait être publiée prochainement au Moniteur belge, les revêtements de façade doivent au moins appartenir à la classe de réaction suivante :

- pour les bâtiments bas (hauteur inférieure à 10 m) : D-s3, d1
- pour les bâtiments moyens et élevés (hauteur supérieure à 10 m et à 25 m respectivement) : B-s3, d1.

Il est également précisé qu'un maximum de 5 % de la surface visible des façades n'est pas soumis à cette exigence.

Les revêtements de façade des bâtiments industriels (annexe 6 de l'arrêté 'normes de base') ne sont pas soumis à des exigences de réaction au feu.

4.4.2.3 PERFORMANCE DE RÉACTION AU FEU DES REVÊTEMENTS DE FAÇADE

❒ SANS TRAITEMENT IGNIFUGE

La réaction au feu des bois massifs non ignifugés est fonction de l'espèce, de la densité du bois, de l'épaisseur des lames et de leur mode de mise en œuvre.

Tableau 8 *Classe de réaction au feu d'un revêtement de façade en bois massif selon la décision 2006/213/CE [C14].*

Densité moyenne minimale du bois	Epaisseur totale/minimale de la lame	Conditions de mise en œuvre	Classe de réaction au feu
390 kg/m³	18/12 mm (figure 18) (1)	Avec intervalle d'air libre derrière le revêtement (1) (2) (3)	D-s2, d0

(1) La décision prévoit la même classe pour des lames moins épaisses (9/6 mm) si l'intervalle d'air est ≤ 20 mm. Nous recommandons néanmoins des lames d'une épaisseur d'au moins 18 mm.
(2) Le substrat (isolation, par exemple) à l'arrière du vide d'air ventilé doit au moins appartenir à la classe A2-s1, d0 pour une densité minimale de 10 kg/m³.
(3) La décision prévoit la même classe pour un bardage sans intervalle d'air. Toutefois, ce mode de mise en œuvre doit être évité, une mise en œuvre correcte requérant une lame d'air derrière le bardage.

Certains produits et matériaux dont le comportement au feu est bien connu et stable ne doivent pas être soumis aux essais prévus et leur performance en matière de réaction au feu ne doit pas être démontrée. Ils font l'objet de décisions de la Commission publiées au Journal officiel de l'Union européenne sous la dénomination *deemed to satisfy* (réputés satisfaire) et/ou *classified without further testing* (CWFT) (classés sans essai supplémentaire). Des classes plus favorables sont possibles, mais doivent alors être validées par un rapport de classification.

Au moment de la publication de la présente NIT, seule la décision 2006/213/CE [C14] établissait, sous certaines conditions, la classe de réaction au feu des revêtements extérieurs en bois massif sans devoir procéder à un essai (tableau 8).

Fig. 18 *Epaisseurs minimales requises selon la décision 2006/213/CE [C14].*

Le lecteur consultera le site de l'Antenne Normes 'Prévention du feu' du CSTC (www.normes.be/feu) ou celui de l'Union européenne pour les dernières mises à jour des décisions de la Commission.

Ajoutons par ailleurs que, selon des rapports d'essai et de classification du laboratoire ayant réalisé les tests [D1] dans le cadre de la décision 2006/213/CE, un système de revêtement de façade en lames de cèdre (WRC) appartient à la classe de réaction au feu D-s2, d0, pour autant que les conditions suivantes soient respectées :

- épaisseur moyenne des lames ≥ 17,6 mm
- densité moyenne du bois ≥ 350 kg/m³
- conditions de pose *in situ* : placement avec un vide ventilé de 25 mm et un substrat (isolation, par exemple), à l'arrière de ce vide d'air, de classe A2-s1, d0 au moins.

En outre, selon de récentes directives [S9], le pare-pluie a une influence insignifiante sur le comportement au feu du système de façade.

Les revêtements de façade en bois répondant aux conditions de la décision 2006/213/CE (tableau 8) et les revêtements en cèdre répondant aux conditions ci-dessus satisfont donc à l'exigence en vigueur pour les bâtiments bas, leur classe D-s2, d0 étant plus favorable que la classe D-s3, d1 requise.

D'autres revêtements de façade en bois peuvent également répondre à l'exigence relative aux bâtiments bas. A défaut d'être conformes à une décision de la Commission européenne, ils devront faire l'objet d'un rapport d'essai et de classification, et devront nécessairement être mis en œuvre conformément aux conditions stipulées dans ce rapport.

Pour les bâtiments moyens et élevés, les critères en matière de réaction au feu des matériaux utilisés comme revêtement de façade sont plus sévères : classe B-s3, d1 ou mieux. Sans traitement ignifuge, les revêtements en bois ne peuvent présenter une telle performance. Outre le traitement ignifuge du bois (voir ci-après), une démarche possible consiste à recourir à la voie dérogatoire prévue dans l'arrêté précité, si le revêtement ne répond pas à la classe de réaction au feu exigée (www.ibz.be). La procédure de dérogation est précisée dans l'arrêté royal du 18 septembre 2008

[S6]. Toute demande de dérogation d'une disposition réglementaire doit toutefois s'accompagner d'une proposition de mesures compensatoires.

❒ Traitements ignifuges

Un traitement d'ignifugation permet d'améliorer la réaction au feu d'un élément en bois. Un élément classé initialement C, D ou E peut ainsi, après ignifugation, présenter une classe de réaction au feu B ou C.

L'ignifugation du bois comprend deux grandes catégories :

- les *traitements d'imprégnation*, généralement réalisés en autoclave sous vide à haute pression. Les produits (sels d'ammonium, de bore, etc.) sont imprégnés dans l'élément en bois pendant ou après sa fabrication
- les *traitements de surface ou badigeonnages*, appliqués comme une peinture ou une couche de finition.

Il importe de garantir la pérennité de l'amélioration du comportement au feu conférée par le traitement, et ce malgré les conditions auxquelles le revêtement de façade sera soumis : exposition à la pluie et au rayonnement solaire, variation de température et d'humidité relative, etc. L'efficacité des traitements ignifuges est susceptible de s'estomper au fil du temps, particulièrement dans à l'extérieur, en raison notamment de la diffusion du produit ignifuge (migration en surface).

Le projet de norme européenne prEN 15912 [C13] permet d'évaluer la durabilité des performances de réaction au feu des produits à base de bois ignifugés en fonction de leur utilisation finale (en revêtement extérieur, par exemple).

Le fournisseur du produit ignifuge doit spécifier les modalités d'entretien (type d'entretien, périodicité et intervalle jusqu'au premier entretien/*recoating*) et, le cas échéant, le système initial de protection de surface nécessaire.

4.4.3 RÉSISTANCE AU FEU

4.4.3.1 CLASSIFICATION ET EXIGENCES EN VIGUEUR

La résistance au feu est l'aptitude d'un élément de construction à conserver, pendant une durée déterminée, sa fonction portante et/ou séparative en cas d'incendie. Le système de classification de la résistance au feu des éléments de construction est décrit dans la norme NBN EN 13501-2 [B43]. Différentes classes sont prévues en fonction du type d'élément. La résistance au feu s'exprime en minutes, précédées d'une ou plusieurs lettres représentant les critères principaux. On distingue :

- la *capacité portante* R, qui ne s'applique qu'aux éléments porteurs (aptitude d'un élément de construction à résister durant un certain temps à un incendie sans perdre ses capacités structurales)
- l'*étanchéité au feu* E (aptitude à limiter le passage des gaz de combustion)
- l'*isolation thermique* I (aptitude à limiter la hausse de température admise sur la face non exposée au feu de l'élément en construction)
- le *rayonnement* W (aptitude à limiter le rayonnement thermique).

Des critères additionnels peuvent compléter ces critères principaux (impact mécanique M, fermeture automatique C, étanchéité aux fumées S, etc.), mais ne sont actuellement pas utilisés en Belgique.

Si l'arrêté 'normes de base' n'impose pas de résistance au feu spécifique aux revêtements de façade proprement dits, il exige néanmoins que les façades des bâtiments moyens et élevés comportent à chaque niveau (compartiment) un élément de construction satisfaisant durant 60 minutes au critère d'étanchéité au feu (E 60), ceci afin d'éviter ou, à tout le moins, de ralentir la propagation de l'incendie d'un compartiment à l'autre via l'extérieur du bâtiment. Cet élément peut être réalisé de différentes manières : saillie horizontale, linteau et/ou allège (figure 19).

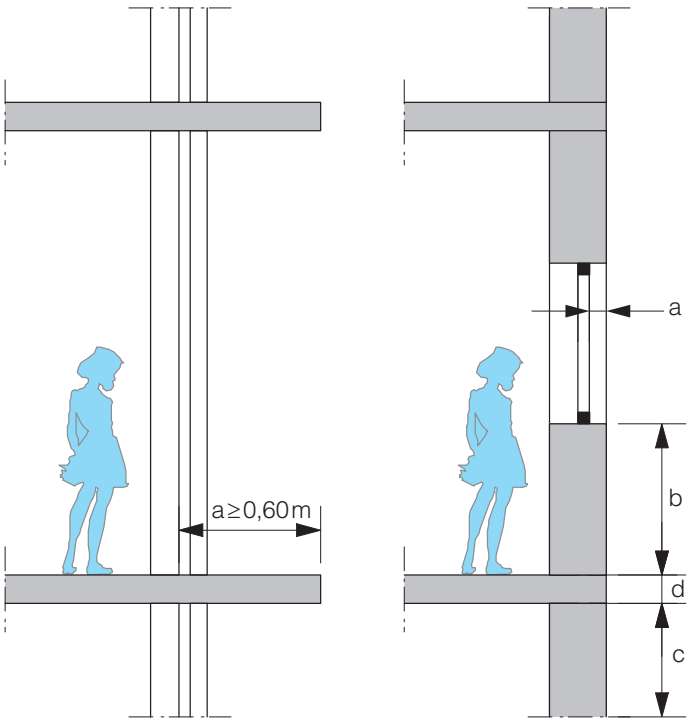


Fig. 19 *Elément de construction E 60 sur une distance développée de 100 cm (ou de 60 cm en cas de saillie horizontale – schéma de gauche) pour les bâtiments moyens et élevés.*

Tableau 9 *Distances minimales entre les façades contiguës des bâtiments.*

Type de bâtiment	Distances intermédiaires
Bâtiment bas	6 m (1)
Bâtiment moyen	8 m (1)
Bâtiment élevé	8 m
Bâtiment industriel	Distance telle que le rayonnement de l'incendie sur le bâtiment voisin ≤ 15 kW/m² (2)

(1) Cette exigence ne s'applique pas aux bâtiments bas ou moyens séparés par une rue, un chemin, etc. appartenant au domaine public.
(2) L'annexe 6 de l'arrêté royal 'normes de base' fournit des distances intermédiaires, en fonction de la résistance au feu de la façade, permettant de répondre à cette exigence performancielle.

La somme de ses dimensions (a, b, c et/ou d) doit être supérieure à 1 m (ou à 60 cm dans le cas d'une unique saillie horizontale).

En outre, pour éviter la propagation de l'incendie d'un bâtiment à un autre, des distances minimales entre les façades de bâtiments opposés doivent être respectées selon les annexes de l'arrêté 'normes de base' (tableau 9), sauf si une des deux façades présente une résistance au feu suffisante, soit :

- pour les bâtiments bas (R)EI 60
- pour les bâtiments moyens (R)EI 120
- pour les bâtiments élevés (R)EI 240.

Si plusieurs annexes sont d'application (par ex., distance entre un bâtiment industriel et un bâtiment bas), on adopte les prescriptions les plus sévères.

4.4.4 FRACTIONNEMENT DE LA LAME D'AIR

Dans certains cas, il peut être recommandé d'interrompre la propagation éventuelle du feu et de la fumée dans la lame d'air afin d'empêcher un effet de cheminée. Pour ce faire, on peut prévoir un fractionnement de la lame d'air en utilisant des bandes ou bavettes horizontales incombustibles résistant à la corrosion. Ces bandes ou bavettes seront mises en œuvre en respectant une pente de 5 % pour permettre l'écoulement de l'eau.

Le fractionnement de la lame d'air est recommandé pour les façades des bâtiments élevés. Il peut être réalisé à chaque niveau ou seulement tous les deux niveaux.

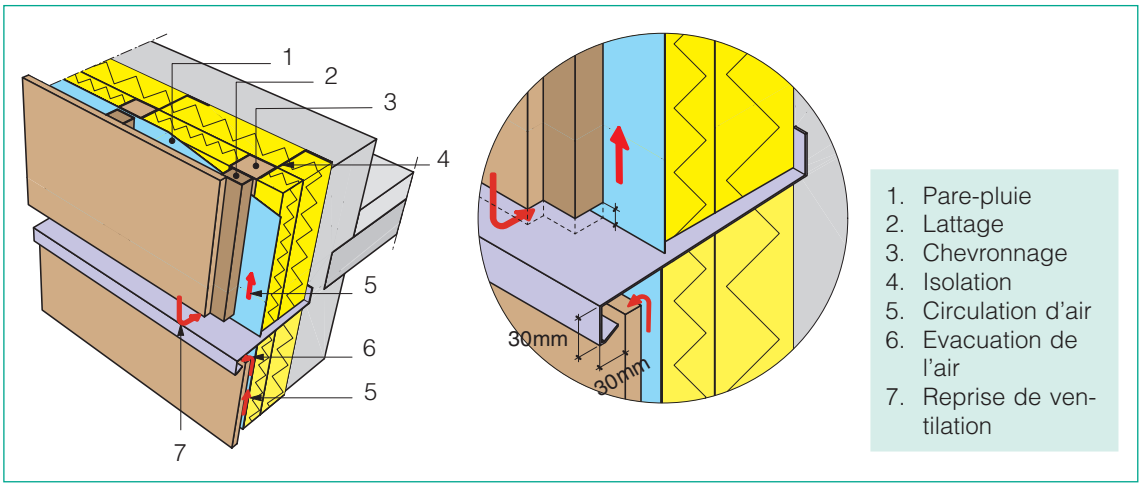


Fig. 20 *Exemple de fractionnement de la lame d'air.*

5 PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ : DRAINAGE ET VENTILATION DE LA LAME D'AIR

La lame d'air ménagée au dos du bardage a pour fonction :

- d'éviter l'infiltration d'humidité par contact direct entre le bardage et le mur porteur
- d'évacuer l'eau qui pénètre par les joints du bardage et d'empêcher l'humidification du mur porteur
- de permettre le séchage de l'humidité éventuellement présente dans le bardage (infiltration, par exemple)
- de maintenir des conditions hygrothermiques équivalentes de part et d'autre du bardage afin d'éviter un gradient d'humidité susceptible de déformer exagérément les éléments en bois.

5.1 DIMENSIONNEMENT DE LA LAME D'AIR

La lame d'air doit avoir une largeur de 15 mm au minimum, quel que soit le type de bardage.

En général, les joints entre les éléments ne suffisent pas pour assurer une ventilation uniforme de l'ensemble du bardage. Il convient dès lors d'accroître la vitesse et le débit d'air en ménageant des ouvertures dans le bas et dans le haut du système de revêtement ainsi qu'au-dessus et en dessous des baies de fenêtre.

La taille des ouvertures de ventilation sera choisie de préférence en fonction de la hauteur de fractionnement 'h', c'est-à-dire de la distance verticale entre les lattes de fixation.
A défaut de dispositions particulières à ce sujet, on peut appliquer la règle suivante :

- h < 3 m : ouverture de 50 cm²/m ou de 5 mm minimum par mètre courant
- 3 < h < 6 m : ouverture de 65 cm²/m ou de 6,5 mm minimum par mètre courant
- 6 < h < 10 m : ouverture de 80 cm²/m ou de 8 mm minimum par mètre courant
- 10 < h < 18 m : ouverture de 100 cm²/m ou de 10 mm minimum par mètre courant.

Outre les ouvertures dans le bas et dans le haut du bardage, il convient d'assurer une bonne ventilation intermédiaire. Deux cas sont à distinguer :

- *revêtements de façade dont les éléments sont posés horizontalement* : la disposition de la structure portante (chevrons ou lattes) n'entrave pas la circulation de l'air (voir figure 21A)
- *revêtements de façade dont les éléments sont posés verticalement* : il est préconisé de prévoir un lattage et un contre-lattage afin d'assurer la continuité de la ventilation au dos du bardage (voir figure 21B).

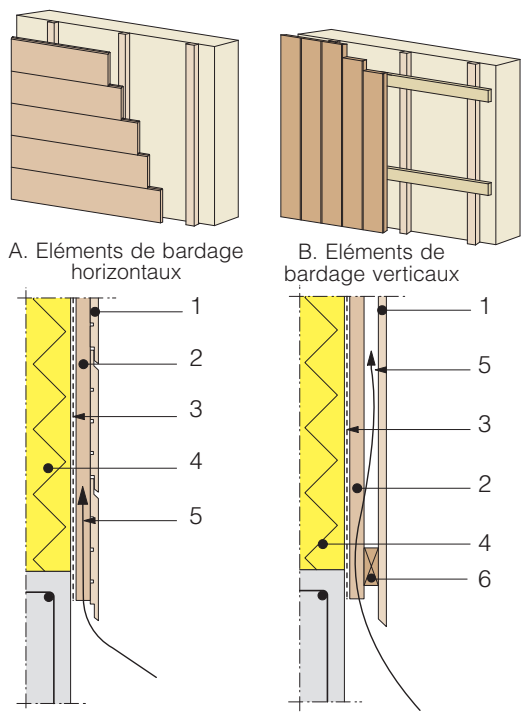
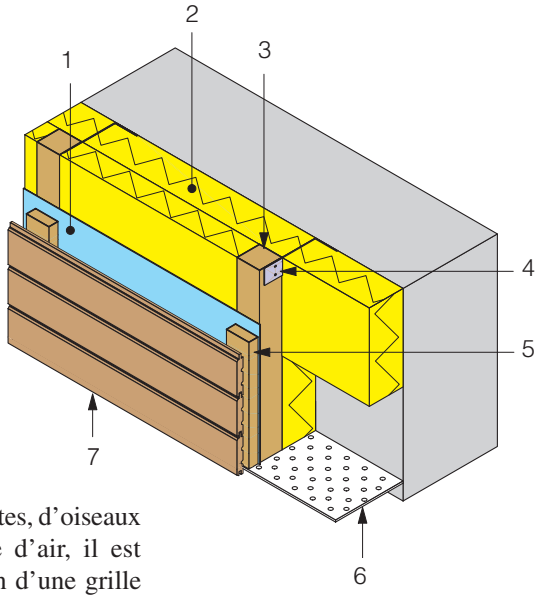


Fig. 21 *Ventilation du revêtement de façade.*

▲ ***Fig.*** *22 Grille de protection.* ▶



1. Pare-pluie
2. Isolant
3. Chevron
4. Patte de fixation
5. Latte
6. Grille de protection
7. Elément de bardage

Pour empêcher toute intrusion d'insectes, d'oiseaux ou de petits rongeurs dans la lame d'air, il est conseillé d'obturer celle-ci au moyen d'une grille de protection (par exemple, cornière perforée en acier inoxydable ou galvanisé), en veillant à ne pas nuire aux performances de la ventilation.

5.2 DRAINAGE DE LA LAME D'AIR

L'eau pénétrant derrière le revêtement de façade doit pouvoir s'écouler vers le bas et s'évacuer vers l'extérieur au droit de chaque interruption de la lame d'air, c'est-à-dire au bas de la façade, des linteaux de porte et de fenêtre, etc. Les détails d'exécution devront dès lors tenir compte de cette nécessité (cf. chapitre 8, p. 59).

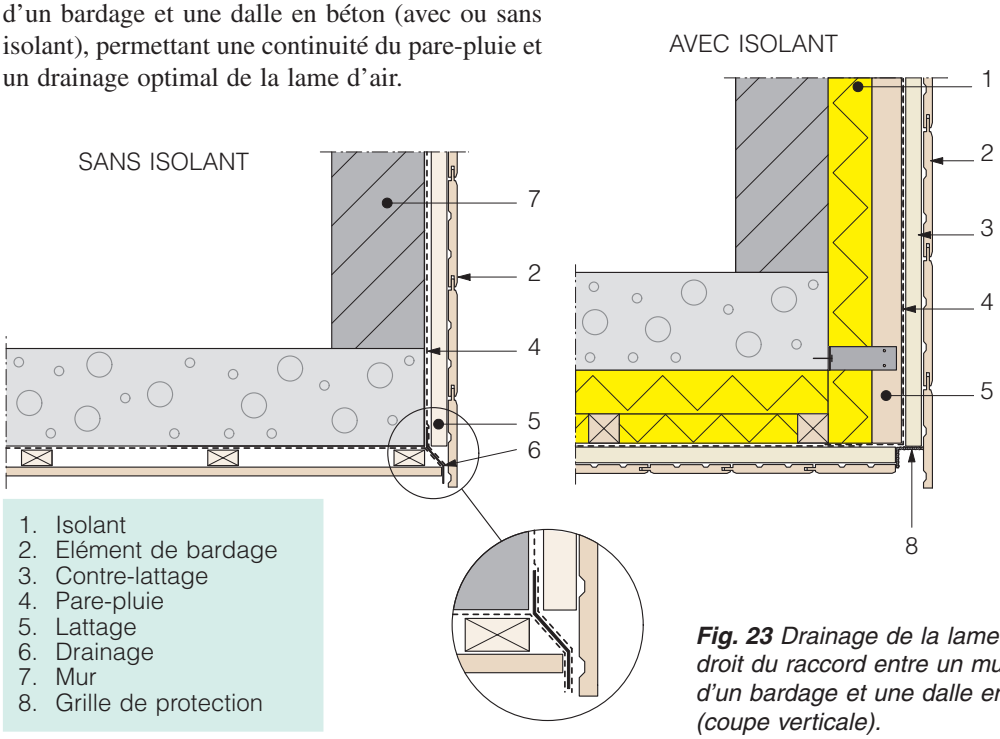
La figure 23 illustre un raccord entre un mur revêtu d'un bardage et une dalle en béton (avec ou sans isolant), permettant une continuité du pare-pluie et un drainage optimal de la lame d'air.

5.3 PARE-PLUIE (MEMBRANE D'ÉTANCHÉITÉ)

Le pare-pluie remplit deux fonctions, à savoir :

- assurer l'étanchéité à l'eau du mur porteur et évacuer les eaux occasionnelles vers l'extérieur
- réduire les phénomènes de convection d'air au sein de l'isolant et autour de celui-ci.

Le pare-pluie est posé de façon continue sur l'isolant du côté de la lame d'air. Il doit être étanche à l'eau et au vent, et perméable à la vapeur (valeur μd ou



1. Isolant
2. Elément de bardage
3. Contre-lattage
4. Pare-pluie
5. Lattage
6. Drainage
7. Mur
8. Grille de protection

Fig. 23 *Drainage de la lame d'air au droit du raccord entre un mur revêtu d'un bardage et une dalle en béton (coupe verticale).*

sd inférieure à 0,5 m) ([13]). Dans le cas d'un bardage ajouré, le pare-pluie doit en outre résister au rayonnement UV, au gel et au vent afin d'éviter sa dégradation prématurée.

5.4 ECRAN D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET À LA VAPEUR

Pour éviter que la convection et/ou la diffusion d'air intérieur chaud et humide n'entraîne une quantité inadmissible de condensation interne, on s'assurera de la nécessité de poser un écran d'étanchéité à l'air et à la vapeur.

L'étanchéité à l'air de la paroi est primordiale tant pour éviter une condensation interne excessive que pour réduire les déperditions thermiques. Elle permet en effet d'éviter la convection d'air intérieur chaud et humide, et de limiter les pénétrations d'air froid extérieur. Elle est assurée soit par l'enduit intérieur (cas des maçonneries), soit par la couche qui remplit le rôle d'écran d'étanchéité à la vapeur (cas des parois à ossature).

L'écran pare-vapeur, quant à lui, a pour fonction de réduire les condensats susceptibles de se former au sein de la paroi en raison de la diffusion de vapeur. La nécessité de cet écran et le choix du type à utiliser dépendent de plusieurs facteurs, dont la composition de la paroi, les caractéristiques des matériaux constitutifs, leur comportement en présence d'humidité, le climat intérieur et extérieur, l'ensoleillement, etc. Le choix de l'écran pare-vapeur dépend donc de la conception globale de la paroi et dépasse le cadre de la présente NIT.

En matière de diffusion de vapeur d'eau, c'est l'auteur de projet qui détermine l'utilité de prévoir un pare-vapeur, soit par calcul, soit en se servant de données moyennes précalculées. Dans tous les cas, il veillera à ce que l'étanchéité à l'air de la paroi soit satisfaisante.

([13]) La perméabilité à la vapeur d'un produit est exprimée par la valeur sd (normes NBN EN 1931, NBN EN ISO 12572 et NBN EN ISO 13788) [B33, B50, B51]. Cette valeur représente l'épaisseur d'air offrant une résistance à la diffusion de vapeur d'eau équivalente à celle du matériau considéré. Elle peut être calculée selon la formule sd = μ x d, dans laquelle d est l'épaisseur du produit (exprimée en mètres) et μ le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau qui caractérise le matériau (sans dimension).

6 TRAITEMENTS DE PROTECTION DU BOIS

6.1 INTRODUCTION

Les traitements de protection du bois englobent deux approches complémentaires – la préservation et la finition – qu'il convient de ne pas confondre car elles ont des objectifs différents :

- un *traitement de préservation* vise à augmenter artificiellement la durabilité d'une espèce de bois (résistance aux attaques d'organismes destructeurs tels qu'insectes et champignons) en vue de la rendre apte à l'emploi auquel elle est destinée. La préservation du bois précède toujours son éventuelle finition
- un *traitement de finition* assure une protection physique de surface, tout en conférant un aspect esthétique particulier. Certains traitements de finition peuvent également apporter un complément de préservation à la surface du bois. Cependant, ils ne confèrent pas de résistance aux insectes et aux champignons dans le cas d'une espèce naturellement non durable.

Les deux traitements combinés assurent la protection du bois contre d'éventuelles dégradations.

6.2 TRAITEMENT DE PRÉSERVATION

6.2.1 OPPORTUNITÉ D'UN TRAITEMENT DE PRÉSERVATION

La structure portante du bardage ainsi que les éléments de revêtement (lames, panneaux ou bardeaux) doivent présenter une durabilité suffisante pour assurer la pérennité de l'ouvrage. La nécessité d'appliquer un traitement de préservation dépend principalement de la durabilité naturelle de l'espèce de bois ainsi que de la présence et de la quantité d'aubier.

Le duramen de chaque espèce possède une certaine durabilité naturelle (résistance intrinsèque du bois aux attaques d'organismes destructeurs). La norme NBN EN 350-1 [B9] définit cinq classes de durabilité naturelle vis-à-vis des champignons lignivores : de la classe 1 (très durable) à 5 (non durable). Ce classement ne concerne que le duramen (partie centrale de l'arbre), l'aubier de toutes les espèces se retrouvant en classe 5.

Tableau 10 *Classes de durabilité naturelle (NBN EN 350-1) [B9].*

Classe de durabilité	Appréciation	Espèce (duramen)	
1	Très durable	Afzélia doussié, bilinga, padouk	Afrormosia, merbau
2	Durable	Bubinga, châtaignier, chêne d'Europe, jatoba, western red cedar (WRC)	Framiré, kosipo, sipo
3	Moyennement durable	Douglas, movingui, niangon, sapelli	Mélèze, pin sylvestre
4	Peu durable	Epicéa, limba, sapin	
5	Non durable	Ayous, hêtre, koto, peuplier	

La longévité d'un élément en bois dépend également de l'environnement dans lequel il est mis en œuvre. En d'autres termes, les risques de dégradation biologique diffèrent selon l'emplacement des éléments au sein de la construction. C'est la raison pour laquelle la norme NBN EN 335-1 définit cinq classes d'emploi en fonction des risques de développements biologiques.

Sur la base du tableau 11, un bardage extérieur et sa structure portante se situent généralement en classe d'emploi 3. Dans tous les cas, la mise en œuvre doit être réalisée de manière à ne pas placer les éléments en classe d'emploi 4, la meilleure précaution étant toujours d'éviter de placer le bois dans des conditions qui le soumettraient inutilement à un risque de dégradation. Pour ce faire, un soin particulier devra être apporté à la conception du bâtiment, à la forme du profil de la lame et au choix du moment idéal pour la pose, afin de limiter l'exposition du bardage à l'eau.

La nécessité de réaliser ou non un traitement de préservation est fonction de la durabilité naturelle de l'espèce et de sa classe d'emploi (NBN EN 460) [B14].

Au vu des conditions régnant dans nos contrées, il est recommandé d'appliquer les prescriptions formulées ci-après pour les revêtements de façade en fonction de la durabilité naturelle de l'espèce choisie. Ces recommandations complètent le tableau 12.

Tableau 11 *Classes d'emploi (NBN EN 335-1) [B7].*

Classe d'emploi	Situation générale en service	Description de l'exposition à l'humidification en service	Agents biologiques	Exemples typiques
1	A l'intérieur et sous abri	Sec	Coléoptères foreurs du bois	Aménagements intérieurs dans des locaux sans humidité permanente
2	A l'intérieur ou sous abri	Occasionnellement humide	Coléoptères foreurs du bois + champignons de décoloration + champignons de pourriture	Bois de charpente (toiture à forte pente ou toiture plate chaude)
				Elément d'intérieur en bois lamellé-collé
3	A l'extérieur, au-dessus du sol	Fréquemment humide		Menuiseries extérieures, charpentes en bois lamellé-collé soumises aux intempéries, bois soumis à des vapeurs condensantes
4	4.1 A l'extérieur, en contact avec le sol et/ou l'eau douce	A prédominance ou en permanence humide	Coléoptères foreurs du bois + champignons de décoloration + champignons de pourriture molle	Pieux, poteaux en bois massif ou éléments en bois lamellé-collé en contact avec le sol
	4.2 A l'extérieur, en contact avec le sol (sévère) et/ou l'eau douce	Humide en permanence		Bois immergé dans l'eau douce Bois de réfrigérant
5	Dans l'eau salée	Humide en permanence	Champignons de pourriture molle + térébrants marins	Installations portuaires, brise-lames

Tableau 12 *Correspondance entre les classes d'emploi et les classes de durabilité (NBN EN 460) [B14].*

Classe d'emploi	Classe de durabilité				
	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	(0)	(0)
3	0	0	(0)	(0)/(x)	(0)/(x)
4	0	(0)	(x)	x	x
5	0	(x)	(x)	x	x

0 : durabilité suffisante; (0) : pour certains emplois, le traitement est nécessaire; (0)/(x) : traitement en fonction de l'espèce, de sa perméabilité et de son emploi; (x) : traitement recommandé; x : traitement nécessaire.

Recommandations complémentaires quant à la nécessité d'un traitement de préservation

1. Eléments constitués d'une espèce de bois totalement exempte d'aubier et présentant une durabilité naturelle élevée (classe de durabilité 1, 2 et 3) : aucun traitement de préservation n'est nécessaire.
2. Eléments constitués d'une espèce de bois appartenant aux classes de durabilité 1, 2 et 3, mais sensible au bleuissement ou contenant des traces d'aubier : un traitement peu pénétrant à l'aide d'un produit C1 sera appliqué par trempage mi-long (procédé C1/T2). Ce mode d'application ne conférant qu'une protection superficielle au bois, le traitement sera éventuellement suivi d'une finition. En effet, même si l'espèce est naturellement durable, les lames les plus exposées à l'humidité ou aux intempéries peuvent, à long terme, subir des dégradations d'origine non biologique qui, en plus d'être inesthétiques, ouvrent la voie au développement de mousses, de moisissures et de champignons de bleuissement.
3. Eléments constitués d'une espèce de bois appartenant aux classes de durabilité 4 et 5 ou contenant une proportion non négligeable d'aubier : traitement approfondi. Selon le cas, cette protection peut être réalisée de deux manières :
   a) pour les revêtements extérieurs en bois : produit C1 appliqué soit par trempage de longue durée (au moins 1 heure – C1/T3), soit en autoclave par double vide (procédé C1/O3) ou par vide et pression (procédé C1/O6)
   b) pour les éléments de la structure portante en bois (chevrons, lattes, contre-lattes) : procédé A3 (classe d'emploi 3) appliqué en autoclave par double vide (procédé A3/O3) ou par vide et pression (procédé A3/O6).

Tableau 13 *Descriptif des traitements de préservation adaptés aux éléments en bois constituant le bardage (selon les STS 04.3) [S1].*

Elément	Dénomination ABPB (*)	Classe d'emploi	Descriptif
Bardage	C1	3	Un procédé C1, mettant en œuvre un produit homologué C1, est destiné à protéger le bois de menuiserie extérieure avant l'application d'une finition filmogène ou semi-filmogène, en lui conférant une résistance suffisante aux attaques d'insectes, de champignons basidiomycètes, de champignons de bleuissement et, de façon temporaire, à la pénétration de l'eau de pluie. Il offre en outre un bon pouvoir pénétrant et une bonne résistance au délavage.
Structure portante (chevrons, lattes, contre-lattes)	A3	3	Un procédé A3, mettant en œuvre un produit homologué A3, est destiné à protéger préventivement les bois sciés (mis à épaisseur ou rabotés) et les bois ronds (pelés ou fraisés sur diamètre) en leur conférant une résistance suffisante aux attaques d'insectes et de champignons basidiomycètes. Il offre en outre un bon pouvoir pénétrant et une résistance au délavage.
(*) ABPB : Association belge pour la protection du bois.			

6.2.2 CHOIX DES PRODUITS ET APPLICATION

Les produits de préservation doivent être appliqués conformément aux instructions du fabricant.

Outre le choix d'un traitement adapté au risque biologique (cf. ci-avant), il est vivement recommandé au professionnel de veiller à :

- opter pour un traitement de préservation répondant aux conditions du système d'homologation belge. Fondé notamment sur des essais réalisés selon la norme NBN EN 599-1 [B15], ce système garantit un profil toxicologique acceptable pour minimiser l'impact des produits sur l'environnement, ainsi que la conformité à la directive européenne 98/8/CE [C15]. Cette directive concerne l'usage des biocides, en ce compris les matières utilisées pour le traitement du bois. Notons qu'actuellement, les codes d'homologation belges (voir tableau 13) ne figurent pas sur l'emballage des produits. Il existe toutefois

Fig. 24 *Bardage dont le bois a été traité en autoclave au moyen de produits contenant des sels métalliques.*

une liste établissant la correspondance entre ces codes et les produits disponibles sur le marché belge ([14])
- utiliser un traitement de préservation possédant un agrément technique ATG délivré par l'UBAtc (Union belge pour l'agrément technique dans la construction) ([15]). L'ATG garantit, par des essais et des contrôles, l'efficacité du traitement, et décrit la manière d'appliquer le produit
- faire réaliser le traitement de préservation dans des installations industrielles couvertes par un agrément ATG (applicateur agréé) et disposant de l'équipement adéquat.

Les procédés mis en œuvre en autoclave au moyen de produits contenant des sels métalliques (à base d'oxyde de cuivre et parfois d'oxyde de chrome) donnent généralement une légère coloration verdâtre ou orangée au bois, quelle que soit son espèce. L'intensité de cette coloration dépend de la couleur d'origine du bois traité et du produit appliqué. Elle s'atténue au cours du temps et ce, d'autant plus rapidement que la façade est exposée aux intempéries (vent, rayonnement UV, etc.), en particulier s'il s'agit d'une façade sud-ouest. Toutefois, le produit de préservation restera présent dans la masse du bois.

Si un traitement de finition peut éventuellement être appliqué pour modifier (ou maintenir) la coloration, son application suppose obligatoirement un entretien périodique (selon l'orientation de la façade, notamment). Il existe également dans le commerce des traitements A3 incolores. En cas d'utilisation de ces produits, il est recommandé d'exiger le certificat de traitement.

Rappelons que les procédés C1 et A3 conviennent respectivement aux bardages et aux structures portantes (chevrons, lattes, etc.) placés en classe d'emploi 3. Si, pour des raisons d'efficacité, le traitement est appliqué sur les éléments finis, toute modification ultérieure des éléments (découpe, forage, rabotage, etc.) devra obligatoirement être suivie d'un nouveau traitement appliqué localement au moyen d'un produit adapté et compatible.

6.2.3 TRAITEMENTS ALTERNATIFS

En alternative aux traitements dits traditionnels, de nouvelles techniques ont été mises au point, permettant d'améliorer artificiellement la durabilité naturelle du bois sans ajout de biocides. Selon le procédé utilisé, ces techniques peuvent être regroupées en trois catégories :
- traitements chimiques
- traitements thermiques
- traitements oléothermiques.

Une comparaison des performances de ces traitements alternatifs n'est pas aisée compte tenu de leur évolution constante. Par conséquent, il est conseillé de consulter les fiches techniques fournies par les fabricants, de manière à effectuer le choix adéquat pour l'application envisagée.

6.2.3.1 TRAITEMENTS CHIMIQUES

Ces traitements ont pour objectif de modifier, de manière permanente et sans apport de biocides, la structure chimique du bois afin de lui conférer des propriétés qu'il ne possède pas, ou pas suffisamment, compte tenu de l'usage auquel il est destiné.

La technique consiste à 'bloquer' les groupements hydroxyles (-OH) présents dans les parois cellulaires du bois, en les faisant réagir avec différents composés (anhydre acétique, alcool furfurylique, etc.). Ces groupements sont en effet les principaux responsables du caractère hygroscopique du bois et donc de sa sensibilité aux agents de dégradation.

Le traitement chimique réduit le caractère hygroscopique du bois, améliore sa stabilité dimensionnelle ainsi que sa durabilité et permet d'augmenter l'adhérence des finitions.

6.2.3.2 TRAITEMENTS THERMIQUES

Cette technique consiste en une pyrolyse contrôlée, qui a pour effet d'altérer thermiquement les constituants du bois responsables de son caractère hygroscopique et biodégradable.

([14]) Voir http://www.ctib-tchn.be
([15]) La liste des agréments techniques en vigueur est consultable sur le site www.ubatc.be

Selon le procédé, le bois est porté à une température comprise entre 170 et 250 °C dans des conditions contrôlées, de manière à éviter sa combustion.

Le traitement augmente significativement la stabilité dimensionnelle du bois, mais réduit certaines caractéristiques mécaniques dans un ordre de grandeur variable selon le procédé. Une diminution de la résistance aux chocs et à la flexion est ainsi souvent constatée. Il conviendra d'en tenir compte lorsque ce type de traitement est envisagé pour le bois de la structure portante du bardage (chevrons, etc.). La durabilité est également améliorée, sauf si le bois est placé en contact avec le sol, c'est-à-dire en classe de risque 4, pour laquelle ce traitement ne convient pas.

6.2.3.3 TRAITEMENTS OLÉOTHERMIQUES

Cette technique consiste à immerger le bois dans une cuve contenant un mélange d'huiles d'origine végétale (huile de lin notamment) et d'adjuvants naturels, chauffé à basse température (moins de 150 °C). Elle combine donc l'action thermique explicitée ci-dessus à l'utilisation de substances hydrophobes dans les tissus périphériques du bois.

Par ce procédé, l'huile pénètre dans le bois et remplace l'eau sur une profondeur variable selon la technique. Les procédés industriels varient principalement en fonction du type d'huile et de la température de chauffe.

Les substances hydrophobes introduites dans le bois forment ainsi une barrière physique contre les échanges d'humidité et les agents pathogènes, ce qui conduit à une amélioration de la stabilité dimensionnelle et de la tendance à la fissuration. Le traitement semble altérer les propriétés mécaniques, notamment la résistance au poinçonnement et le module de rupture.

Le procédé devrait également améliorer la durabilité du bois, mais ce paramètre doit être vérifié par des essais supplémentaires.

6.3 TRAITEMENTS DE FINITION

Exposé à l'extérieur, le bois non traité et dépourvu de finition évolue en surface, plus ou moins rapidement selon l'espèce, sous l'action combinée de facteurs physiques, chimiques et/ou biologiques. L'action de ces facteurs se répercute principalement sur l'aspect esthétique du bois (perte de la couleur initiale et grisaillement). Face à ce constat, le maître d'ouvrage peut soit appliquer un traitement de finition (lasure, huile ou peinture), soit laisser le bois grisailler naturellement. Ce choix, fréquemment dicté par des considérations d'ordre esthétique, aura inévitablement des conséquences sur l'entretien du bardage au cours du temps (cf. § 6.3.3, p. 45).

Pour des raisons pratiques (fréquence d'entretien de la finition, surfaces de grandes dimensions souvent difficilement accessibles), il est recommandé de laisser grisailler les bardages en bois massif (cf. § 6.3.4, p. 46). Dans certains cas, le grisaillement est même recherché pour obtenir un effet esthétique particulier (tel, par exemple, l'aspect d'écailles grisonnantes pour des bardeaux sans finition).

L'application d'un traitement de finition sur les bardages en bois a principalement pour objectif de protéger le bois contre :
- la dégradation photochimique due au rayonnement ultraviolet de la lumière solaire
- les fortes fluctuations du taux d'humidité sous l'effet de l'eau de ruissellement, du soleil, de l'humidité relative de l'air (vent sec), etc.
- le lessivage des contenus cellulaires
- le tachage par l'humidité.

Si certaines finitions contiennent des biocides qui protègent le film et/ou l'interface avec le bois contre les champignons de bleuissement, les moisissures, etc., elles ne peuvent en aucun cas se substituer aux traitements de préservation, car, contrairement à ceux-ci, elles ne pénètrent pratiquement pas à l'intérieur du bois.

En créant une barrière physique qui préserve le bois contre les fluctuations importantes du taux d'humidité, la finition permet de réduire les variations dimensionnelles du matériau, ce qui contribue à la stabilité de l'ouvrage et limite les risques de dégradation prématurée par des organismes biologiques. Toutefois, ces effets bénéfiques ne perdureront dans le temps que si la finition est correctement entretenue (cf. § 6.3.3, p. 45).

Il est important de préciser que la finition ne doit pas être totalement imperméable. En effet, plus la finition est étanche, plus l'eau qui pourrait pénétrer par le biais d'une fissure ou d'un joint ouvert risque d'être piégée à l'intérieur du bois. De plus, si la finition n'est appliquée que d'un seul côté, il est conseillé d'utiliser le produit le plus perméable à la vapeur d'eau afin de ne pas trop déséquilibrer la perméabilité des deux faces.

Par conséquent, les produits de finition pour éléments de bardage doivent être :
- perméables à la vapeur d'eau, pour permettre l'évacuation de l'eau piégée
- imperméables à l'eau liquide, pour former une barrière contre l'eau de pluie.

La microporosité des finitions a cependant des limites, puisqu'elle diminue avec le nombre de couches appliquées. Il est donc recommandé de ne pas augmenter inutilement la fréquence d'entretien, ni le nombre de couches.

La protection des éléments d'un bardage contre les influences du climat peut être assurée :

- *pour le bois massif et le contreplaqué* : au moyen d'une finition pigmentée, transparente (mais pas incolore) ou couvrante; il s'agit généralement de systèmes à base d'alkyde ou d'acrylate contenant des pigments minéraux. Cette finition s'applique en atelier ou sur le site de mise en œuvre. Pour le bois massif, la préférence sera cependant souvent donnée au grisaillement du matériau (voir § 6.3.4, p. 46)
- *pour les panneaux HPL* : par une couche décorative (motif et éventuellement couche de finition) imprégnée d'aminoplastes (principalement des résines mélamines), appliquée lors de la fabrication. Certains types de panneaux HPL sont munis d'une finition composée de résines composites pigmentées et durcies par faisceaux d'électrons (technologie EBC – *Electron Beam Curing*).

6.3.1 PRODUITS ET SYSTÈMES DE FINITION

Les produits de finition sont composés globalement de résines, de charges, de pigments et de liants dans un solvant aqueux ou organique. Chacun de ces composants remplit une fonction bien particulière. C'est la raison pour laquelle leur proportion se répercute directement sur les performances du produit final.

Nous décrivons brièvement ci-après les principaux produits disponibles pour la finition des éléments de bardage.

- Les *lasures*, de par leur faible teneur en résines, forment un film mince qui présente une certaine transparence laissant apparaître la texture du bois. Il s'agit de finitions dites non filmogènes ou semi-filmogènes. Leur longévité est d'autant meilleure qu'elles contiennent des pigments foncés, plus résistants aux UV. En Belgique, ces produits sont identifiés par le code d'homologation C2 (pour le bois en général) ou C3 (pour le bois présentant une durabilité naturelle suffisante) (cf. STS 04.3) [S1].

- Les *produits 'top-coat'*, davantage chargés en résines, sont généralement opaques, c'est-à-dire qu'ils laissent apparaître les reliefs de la structure du bois, mais masquent son veinage. Ces produits sont identifiés par le code CTOP (cf. STS 04.3) [S1].

- Les *peintures* peuvent contenir une très forte proportion de résines, qui masquent totalement la texture du bois : il s'agit de finitions dites filmogènes. Les peintures foncées sont à déconseiller, car elles présentent l'inconvénient d'absorber la chaleur solaire, ce qui a pour effet d'élever très fortement la température de la surface en été (jusque 60 à 70 °C) et de provoquer, le cas échéant, l'exsudation de la résine de certains bois, l'éclatement du film de peinture ou l'apparition de fissures dans le bois.

- Les *huiles naturelles ou modifiées* (uréthannes ou acryliques), largement utilisées dans la fabrication des résines alkydes pour les lasures et les peintures, sont des produits transparents plus ou moins teintés, mais non pigmentés. La finition à l'aide d'huile naturelle non modifiée n'est pas recommandée pour une utilisation extérieure, car elle crée un milieu propice aux moisissures et aux algues.

Parmi ces produits, seules les lasures peuvent être combinées pour former un système de protection et de finition. A titre d'exemple, il peut s'agir d'un système CTOP pur, qui se compose de trois couches de produit CTOP. Il existe également des systèmes mixtes qui peuvent comporter au total trois couches de deux produits différents (cf. tableau 14).

Il convient de souligner que les vernis filmogènes ne conviennent pas pour une utilisation extérieure. Ne contenant pas de pigments, ils sont fort sensibles

Tableau 14 *Systèmes de finition pour revêtements de façade.*

Abréviation	Description	Système (exemple)
CTOP	Couches de produits CTOP uniquement	3 couches CTOP
C-CTOP	Combinaison de couches de produits C (*) et de couches de produits CTOP	1 couche C2 + 2 couches CTOP 2 couches C2 + 1 couche CTOP
C2 C3	Couches de produits C2 ou C3 uniquement	3 couches C2
(*) Par 'C', on entend C1, C2 ou C3.		

à la décomposition photochimique du bois sous l'effet du rayonnement solaire, et s'écaillent donc très rapidement.

Ajoutons enfin qu'un bois traité au moyen d'un procédé alternatif (cf. § 6.2.3, p. 42) et soumis directement aux intempéries grisaillera de la même façon qu'un bois non traité. Munis d'une finition, ces bois auront en général un aspect comparable à celui d'un bois massif non traité. Cependant, il est recommandé de s'assurer, auprès du fabricant, de la compatibilité du traitement avec le système de finition envisagé.

6.3.2 PRÉTRAITEMENT

De nombreux facteurs influencent la tenue dans le temps d'une finition, le support lui-même n'étant pas des moindres. En effet, les singularités de certaines espèces de bois nécessitent un prétraitement adéquat avant l'application du système de finition proprement dit. Ce prétraitement a pour unique objectif d'éviter une interaction défavorable entre les composants du bois et la finition, permettant ainsi un séchage suffisant et une bonne adhérence de cette dernière. Toutefois, un prétraitement ne remplace en aucun cas le traitement de préservation éventuel ou le procédé de préparation de la surface (rabotage, ponçage, bouche-pores, etc.).

Les répercussions des singularités du bois sur les systèmes de finition sont synthétisées au tableau 15. Pour un complément d'informations, on consultera l'article paru à ce sujet en 2006 dans Les Dossiers du CSTC [C7].

6.3.3 ENTRETIEN DE LA FINITION

Un entretien régulier de la finition est indispensable pour assurer sa pérennité. L'expérience enseigne qu'il est préférable de ne pas appliquer de finition et de laisser le bois grisailler naturellement plutôt que de laisser la finition se détériorer. En effet, en présence d'amorces de rupture ou de fissures dans le feuil de finition, l'eau s'infiltre et amplifie les phénomènes d'absorption d'humidité et de gonfle-

Tableau 15 *Prétraitement recommandé en fonction des singularités du bois.*

Singularités du bois	Exemples	Répercussions sur la finition	Prétraitement conseillé
Espèces à constituants gras	Afzélia, merbau, teck	Réduction ou empêchement de l'adhérence	– Finition directement après le ponçage – Ou nettoyage approfondi de la surface au moyen d'une solution ammoniacale à 5 %, suivi d'un rinçage à l'eau claire
Espèces contenant des antioxydants	Padouk, iroko	Retardement du séchage des produits polymérisant par oxydation (apparition d'un état de surface de type 'peau d'orange')	– Nettoyage de la surface à l'alcool méthylique (alcool à brûler) ou au dissolvant cellulosique (thinner) – Ou application en première couche d'un produit isolant à base de vernis polyuréthanne – Ou utilisation d'une finition dont le séchage ne résulte pas d'une oxydation
Espèces acides	Douglas, western red cedar	Accélération du durcissement de certaines finitions, entraînant une diminution des performances	– Application d'un bouche-pores à la surface du bois
Essences résineuses	Mélèze, douglas	Exsudation de résine à travers la finition (cloquage)	– Utilisation de bois séchés artificiellement à une température d'au moins 60 °C – Dégraissage de la surface au moyen d'un solvant et choix d'une finition de teinte claire
Espèces à contrefil irrégulier	Merbau, sapelli, kosipo	Aspect pelucheux en surface	– Ponçage et égrenage soignés avant application de la finition et entre chaque couche de finition
Espèces à gros grain	Iroko, méranti, niangon	Empêchement de la formation d'une couche de finition homogène	– Application d'une première couche de finition suffisamment mouillante – Ou application préalable d'un bouche-pores
Espèces à tanin ou à extraits colorés	Balau, merbau, niangon	Apparition de coulures	– Application préalable d'un bouche-pores (en cas d'utilisation de peinture)

ment, d'où une fissuration plus importante du film, des infiltrations accrues, etc. De plus, les 'poches d'eau' piégées entre la finition et le bois créent un milieu propice aux développements de champignons et de moisissures.

La nature des travaux d'entretien et leur périodicité sont précisées au tableau 16 en fonction du type de finition. Les durées mentionnées doivent être envisagées avec prudence, car elles dépendent de nombreux paramètres, dont l'implantation et la situation du bâtiment, l'orientation et le relief de la façade.

Une finition transparente aura une durée de vie moindre qu'une finition opaque, car elle filtre moins bien les rayons UV. Ceux-ci vont en effet dégrader progressivement les composants du bois à l'interface entre ce dernier et la finition, diminuant l'adhérence du film et accélérant les phénomènes d'écaillage.

Le bois composite ne nécessite, quant à lui, qu'un entretien limité à un nettoyage au nettoyeur à haute pression ou à la brosse avec un nettoyant non abrasif.

6.3.4 REVÊTEMENTS DE FAÇADE SANS FINITION

Comme évoqué ci-avant, le bois sans finition soumis aux intempéries va grisailler progressivement, avec des nuances qui varient selon l'environnement et le degré de pollution de l'air. En milieu urbain, par exemple, la teinte est généralement plus sombre (gris foncé à noirâtre) que dans un environnement moins pollué (gris argenté) en raison de la fixation des particules polluantes à la surface du bois.

Le grisaillement est un phénomène superficiel naturel sans conséquence pour la longévité de l'élément. On notera en outre qu'un bardage en bois sans finition ne nécessite que peu d'entretien et reste durable dans le temps, pour autant que sa mise en œuvre soit conforme aux prescriptions de la présente NIT (voir chapitre 7, p. 49). Toutefois, en l'absence de finition, les éléments individuels possèdent en général une stabilité dimensionnelle moindre que des éléments munis d'une finition correctement mise en œuvre et entretenue.

Au cas où le maître d'ouvrage fait le choix de laisser le bois grisailler naturellement, il importe

Tableau 16 *Nature et périodicité de l'entretien de la finition du bois.*

Types de finition	Fréquence en années (*)							Remarques
	1	2	3	4	5	6	7	
Huiles	X	–	–	–	–	–	–	Tous les ans, le bardage est nettoyé, rincé et une nouvelle couche est immédiatement appliquée.
Lasures (C2 ou C3)	X	X	X	–	–	–	–	Tous les 1 à 2 ans, le bardage est nettoyé et une nouvelle couche est immédiatement appliquée. Il n'est généralement pas nécessaire de traiter l'élément dans son ensemble; il suffit bien souvent de poncer légèrement (grain 100) les parties horizontales (traverses inférieures). Pour les lasures transparentes satinées, on procède à une nouvelle application tous les 2 à 3 ans.
Produits top-coat (CTOP)	–	–	X	X	X	–	–	Tous les 3 à 5 ans, le bois est d'abord nettoyé, puis légèrement poncé (grain 100) et dépoussiéré, après quoi une nouvelle couche est appliquée.
Peintures	–	–	–	X	X	X	X	Le bois peint doit être nettoyé régulièrement. On tiendra compte du risque d'altération de la brillance en cas d'usage de détergents. Tous les 4 à 7 ans (ou plus) après la première mise en peinture, le bardage est nettoyé, poncé (grain 100) et repeint. Certains principes particuliers doivent néanmoins être respectés (cf. NIT 159) [C3].

(*) L'entretien peut éventuellement être anticipé pour les parties très exposées (orientation sud-ouest, parties horizontales, etc.) et en fonction de l'implantation du bâtiment.

de lui signaler qu'il s'agit le plus souvent d'un phénomène irrégulier qui s'étend sur plusieurs années, selon l'exposition et les conditions climatiques. Ainsi, le bardage d'une façade exposée au sud-ouest changera beaucoup plus rapidement de teinte que celui d'une façade nord-est. En outre, sur une même façade, toutes les parties ne sont pas exposées de manière identique : sous un avant-toit ou sous le nez d'un appui de fenêtre, dans un angle rentrant, voire derrière un arbre proche de la façade, le bois est partiellement protégé et change donc moins rapidement de couleur, ce qui induit d'une zone à l'autre des différences de teinte souvent peu appréciées. Les nuances s'estompent cependant après plusieurs années.

Différentes mesures peuvent être prises en vue d'obtenir un bardage d'une couleur gris argenté homogène :

- éviter les sources d'humidification importante telles qu'une exposition défavorable ou des zones très humides; ainsi, la mise en œuvre d'un bardage sur une façade nord peut favoriser la formation de taches ou le développement d'algues
- ne pas soumettre certaines parties d'ouvrage à des écoulements d'eau
- adapter la conception en évitant autant que possible les reliefs et les écrans qui, s'ils sont très marqués, engendrent une hétérogénéité d'exposition importante
- appliquer une lasure oxydante et/ou colorée (saturateur) sur le bardage afin d'anticiper le grisaillement.

6.3.5 FINITION DES PANNEAUX À BASE DE BOIS

Les panneaux à base de bois utilisés comme revêtement de façade, sans finition de type synthétique (comme, par exemple, une feuille de mélamine), doivent toujours être pourvus d'un système de finition sur les six faces (avant, arrière et quatre chants). Plus ce système sera performant, plus le risque d'altération (délamination, déformation) sera réduit.

La finition peut être appliquée entièrement ou partiellement en atelier ou sur le site de mise en œuvre. En raison des épaisseurs de couche nécessaires pour obtenir un résultat optimal, la priorité sera toujours donnée à la pose d'un système de finition (presque) complet en atelier.

Des exemples de systèmes de finition sont cités au § 6.3.1 (p. 44). Si la majorité des finitions applicables au bois massif le sont également aux panneaux à base de bois, il est cependant recommandé, pour ces derniers, d'utiliser des peintures ou des lasures élastiques, formant un film épais, perméables à la vapeur d'eau et fortement pigmentées sans être trop foncées.

Le système de finition est prescrit par le fabricant du panneau. Pour les applications normales du contreplaqué, une épaisseur de couche sèche de 100 µm dans le plan du panneau est recommandée (par exemple, 60 µm en atelier et les 40 µm restants sur le site de mise en œuvre). En ce qui concerne les lasures, quatre à cinq couches peuvent être nécessaires selon le produit.

Certains fournisseurs commercialisent des panneaux contreplaqués sciés sur mesure et traités en atelier (par exemple, 30 µm – 60 µm – 100 µm, sur les faces et sur les chants).

Les chants doivent être poncés préalablement de manière à rendre la finition plus durable. Les angles seront arrondis (rayon de courbure minimum de 3 mm) pour permettre l'application d'une couche épaisse et régulière.

Comme pour le bois massif, il est indispensable d'entretenir régulièrement le système de finition, afin d'éviter une dégradation prématurée du panneau (cf. chapitre 6, p. 39). Il convient cependant de rappeler que l'utilisation en bardage de panneaux contreplaqués munis d'une finition n'est pas conseillée, notamment en raison des difficultés d'entretenir correctement les chants des panneaux (cf. § 3.2.1, p. 18).

Pour ce qui est des panneaux à finition synthétique, on constate actuellement une évolution importante dans les techniques de finition et dans le nombre de motifs décoratifs disponibles (particules de mica injectées, finitions à haute brillance, etc.). Pour ces derniers, l'entretien se limite à un nettoyage périodique à l'eau, éventuellement additionnée d'un détergent doux.

7 MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME DE REVÊTEMENT DE FAÇADE

7.1 MISE EN ŒUVRE DE LA STRUCTURE PORTANTE

Les bardages sont fixés sur une structure portante constituée de chevrons, de lattes et/ou de contre-lattes, eux-mêmes rendus solidaires du mur porteur.

La structure portante est habituellement en bois résineux et doit avoir reçu un traitement de préservation (code d'homologation A3, cf. § 6.2, p. 39).

Les règles de mise en œuvre de la structure portante sont communes à tous les types de bardages.

7.1.1 CHOIX DES DIMENSIONS

L'épaisseur des lattes (ou des contre-lattes dans le cas d'un double lattage) doit être au moins égale à 1,5 fois celle des lames ou panneaux de bardage, avec un minimum de 30 mm. Elles seront en tout cas être assez épaisses pour permettre la pénétration complète des fixations (clous, vis, etc.).

Quant à leur largeur, elle doit permettre un appui suffisant des éléments de bardage (au moins 35 mm pour des panneaux) et une fixation satisfaisante, compte tenu des distances à respecter par rapport aux bords.

Dans le cas où le raccord entre deux éléments de bardage se situe au droit d'une latte (ou d'une contre-latte), la largeur de cette dernière doit permettre une distance d suffisante entre l'axe des fixations et :

- les chants de la latte ou de la contre-latte
- les bords de l'élément.

La distance d est donnée par la formule :

$$d = n \times Ø$$

où :

d = la distance entre l'axe de fixation et le chant de la latte (ou contre-latte) ou l'axe de fixation et le bord de l'élément

n = 5 dans le cas de clous et 3 dans le cas de vis si le bois est préforé

Ø = le diamètre nominal de la fixation (mm).

Pour permettre une fixation suffisante, le préforage de la latte ne peut dépasser 0,7 x d, mais peut atteindre d dans l'élément de bardage. Par exemple, si on utilise des clous de 3,1 mm de diamètre pour fixer les éléments de bardage, la largeur des lattes ou des contre-lattes devra s'élever à 62 mm. Une autre solution consiste à doubler le lattage ou le contre-lattage à l'endroit du raccord horizontal entre deux éléments de bardage.

Dans le cas d'un bardage sur une ossature en bois, il est nécessaire d'utiliser des lattes plus larges que les chevrons de l'ossature afin de satisfaire à la règle ci-dessus (cf. figure 26, p. 50).

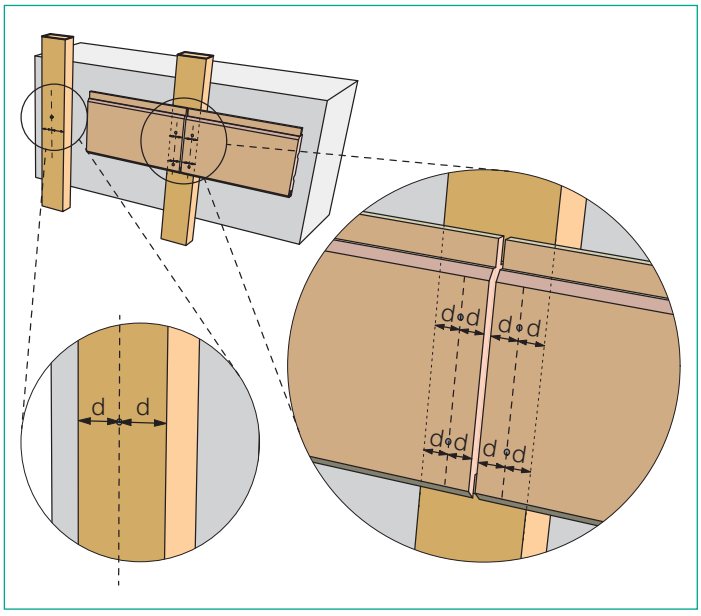
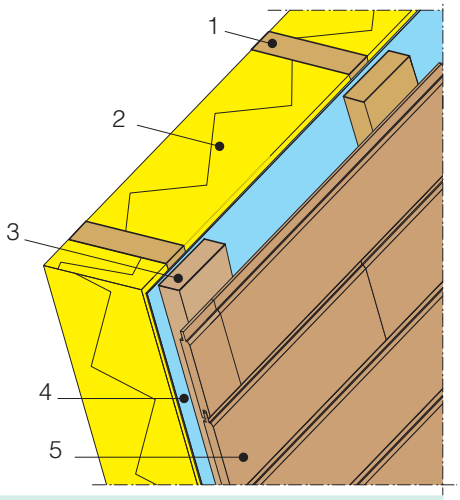


Fig. 25 *Dimensions des lattes.*



1. Chevron
2. Isolant
3. Lattage
4. Pare-pluie
5. Elément de bardage

Fig. 26 *Fixation du bardage sur une ossature en bois.*

7.1.2 POSE DES LATTES

La distance entre les lattes (ou les contre-lattes) restera idéalement limitée à 600 mm. Elle sera de 400 mm maximum pour les bardages peu épais (18 à 19 mm), sauf si le bois est stable (WRC, par exemple), auquel cas l'entraxe peut s'élever à 600 mm.

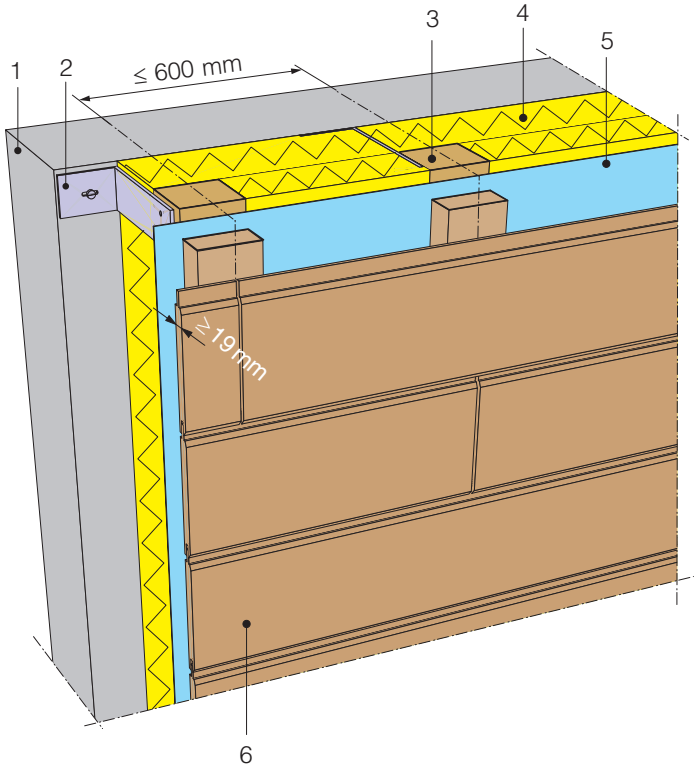
Les joints de dilatation prévus dans la structure portante doivent être repris dans le revêtement.

Lorsque le bardage est composé de panneaux, les aspects pratiques poussent à choisir l'entraxe des lattes en fonction des dimensions des panneaux, soit un espacement de 50 fois l'épaisseur du panneau, avec un maximum de 750 mm afin d'éviter une trop grande déformation du revêtement. Un entraxe plus faible peut toutefois être nécessaire si des exigences de résistance au choc ou de rigidité particulières sont demandées.

La mise en œuvre des supports devra en outre permettre une bonne ventilation et l'écoulement de l'eau éventuelle (cf. chapitre 5, p. 35).

7.1.2.1 ELÉMENTS DISPOSÉS HORIZONTALEMENT

Dans le cas de bardages dont les éléments (lames ou panneaux) sont disposés horizontalement, les lattes sont posées le plus souvent verticalement sur la façade.



1. Mur porteur
2. Patte de fixation
3. Chevron
4. Isolant
5. Pare-pluie
6. Bardage

Fig. 27 *Pose des lames (bardages horizontaux).*

Cette solution sera souhaitée pour les façades soumises aux vents dominants, orientées au sud-ouest, en raison de la meilleure étanchéité qu'elle assure, l'action du vent étant reprise par plusieurs lames.

Dans le cas particulier des revêtements courbes, la fixation des lames courbées est réalisée à l'aide de vis (les clous sont à proscrire). La courbure de la surface doit éventuellement être rectifiée.

7.1.2.2 ELÉMENTS DISPOSÉS VERTICALEMENT

Lorsque les lames ou les panneaux sont disposés verticalement, les contre-lattes sont posées horizontalement sur un lattage vertical. Une bonne ventilation devra être assurée (cf. § 5.1, p. 35).

7.1.3 FIXATION DES CHEVRONS AU MUR PORTEUR

Les chevrons peuvent être fixés de deux manières au mur porteur :

- par des vis d'un diamètre minimum de 6 mm,

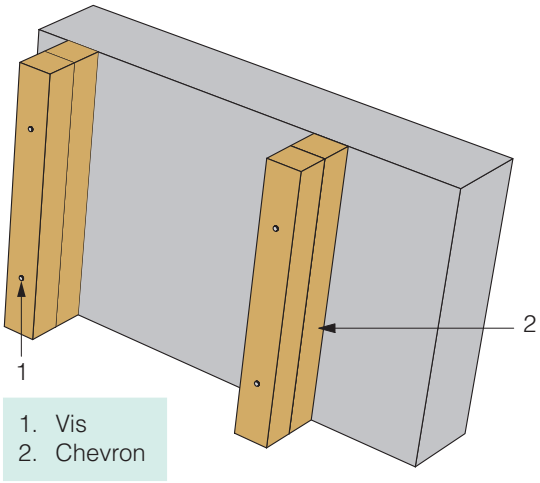


Fig. 28 *Fixation des chevrons au moyen de vis.*

placées au centre de la largeur du chevron (pour éviter que le bois ne se fende), avec un intervalle maximal de 80 cm entre deux fixations (figure 28)

- par des attaches métalliques dont les vis sont placées de préférence au centre du trou oblong de l'aile d'appui (figure 29). Si deux trous oblongs sont présents sur l'aile d'appui de l'attache, la fixation de la vis se fait toujours à travers le trou oblong supérieur. Les attaches sont disposées en quinconce, avec un intervalle maximal de 80 cm. Ce système de fixation, pour coûteux qu'il soit, est particulièrement adapté pour rattraper les défauts éventuels de planéité, de verticalité ou d'horizontalité du mur porteur.

Dans le cas de profilés métalliques, on utilise essentiellement de l'aluminium ou de l'acier inoxydable pour éviter tout risque de corrosion. La longueur du profilé est en règle générale limitée à 6 m. La fixation des profilés s'effectue au moyen de vis, de rivets ou de boulons.

Les dispositifs spécialement conçus pour la fixation des bardages extérieurs (*kits*) doivent répondre aux exigences de résistance au vent, aux chocs, aux charges ponctuelles, etc. Il convient dès lors d'envisager les performances de l'ouvrage dans son ensemble (fixation au gros œuvre, fixation du bardage et bardage) (cf. § 4.1, p. 25).

7.2 MISE EN ŒUVRE DE L'ISOLANT

La pose d'un bardage est une solution de choix pour améliorer l'isolation thermique d'un bâtiment (voir § 4.2, p. 25).

Différents modes de mise en œuvre peuvent être envisagés pour autant qu'ils soient conformes aux instructions du fabricant :

- par l'intermédiaire du contre-lattage : cette solution n'est réalisable que si l'épaisseur de l'isolant équivaut à celle de la latte et que les dimensions des contre-lattes sont suffisantes pour maintenir l'isolant; à défaut, l'isolant sera fixé de façon mécanique ou par collage
- par l'intermédiaire des chevrons (figure 30, p. 52) : l'isolant est maintenu directement contre le mur porteur via les chevrons. Pour éviter l'écrasement de l'isolant, ceux-ci sont fixés au mur porteur de préférence par le biais d'attaches métalliques.
- par collage au moyen d'une colle polyuréthanne ou bitumineuse spécialement adaptée à cet usage; cette technique n'est applicable qu'aux panneaux d'isolation rigides
- au moyen de chevilles étoilées munies d'une collerette d'un diamètre supérieur ou égal à 80 mm pour les panneaux de laine minérale semi-rigides et à 50 mm pour les panneaux rigides (figure 31, p. 52). Il convient de prévoir un nombre suffisant de fixations par panneau compte tenu des spécifications du fabricant (figure 32, p. 52).

Quelle que soit la solution retenue pour la mise en place de l'isolant, on veillera à garantir une épaisseur de lame d'air supérieure ou égale à 15 mm.

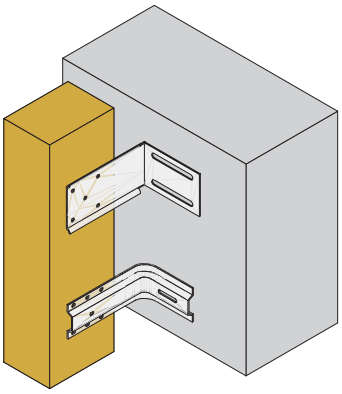


Fig. 29 *Attaches métalliques pour la fixation des chevrons.*

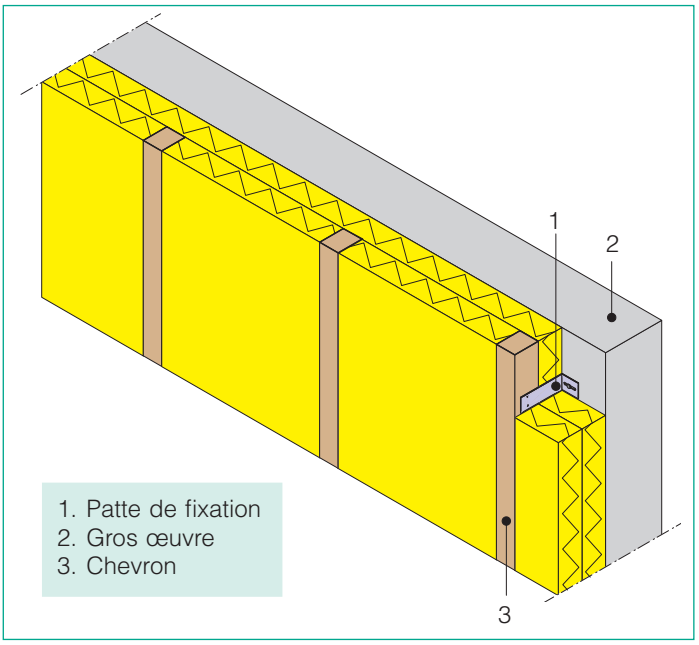


Fig. 30 *Fixation de l'isolant par l'intermédiaire des chevrons.*

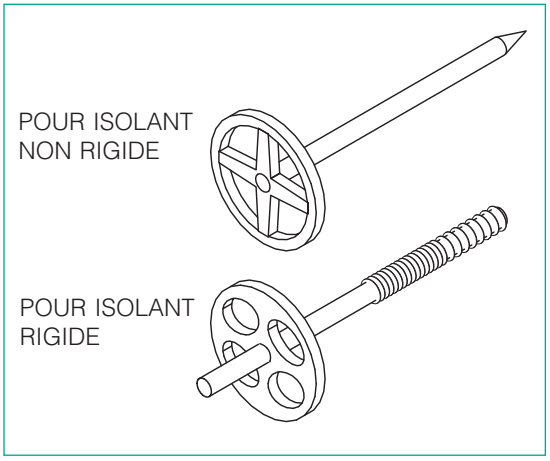


Fig. 31 *Chevilles étoilées à large collerette.*

7.3 MISE EN ŒUVRE DU PARE-PLUIE

Le pare-pluie doit être posé de manière à éviter toute discontinuité pouvant favoriser le passage de l'eau. Il y a lieu de prévoir un recouvrement minimum de 5 cm au droit des joints horizontaux et de 10 cm au droit des joints verticaux.

La fixation s'effectue au moyen de pointes ou d'agrafes ou par le biais des lattes fixées sur la structure. Il conviendra d'être attentif au respect des directives particulières de pose du produit.

Tout endommagement du pare-pluie en cours de travaux devra être évité; au besoin, des réparations devront être réalisées.

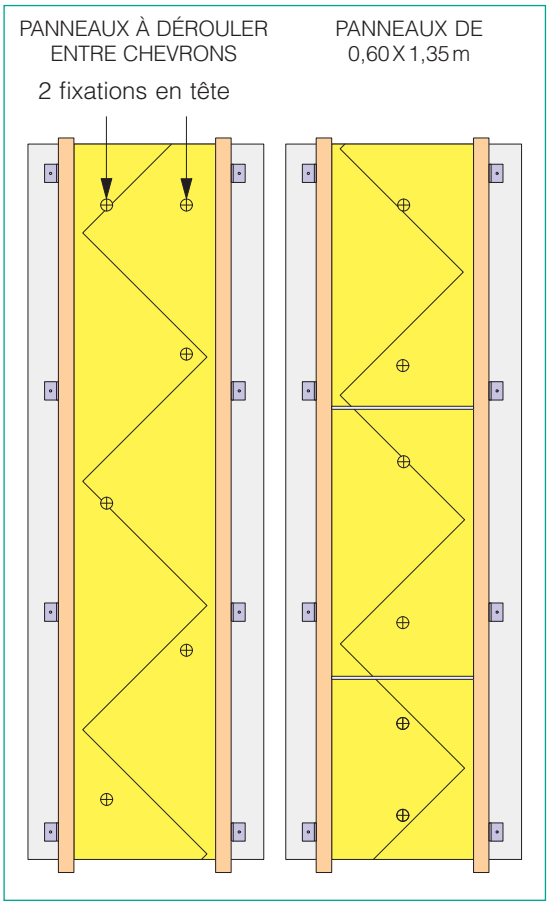


Fig. 32 *Isolant fixé à l'aide de chevilles étoilées.*

En cas de pose ajourée, il est recommandé de coller les bandes d'étanchéité entre elles au niveau de leurs raccords afin d'éviter l'arrachement par le vent.

Au droit des baies de façade, le pare-pluie est rabattu en direction de la menuiserie extérieure et y est fixé pour prévenir toute pénétration d'eau. Ce raccord est particulièrement important quand l'élément de menuiserie est posé dans l'épaisseur de la lame d'air (figure 33).

Dans la mesure du possible, le pare-pluie sera posé sous la menuiserie.

7.4 FIXATION DES LATTES (ET CONTRE-LATTES)

Les lattes se fixent sur les chevrons, et les contre-lattes sur les lattes à l'aide d'une ou deux vis ou clous selon les dimensions de la structure portante et les charges à reprendre. La préférence est généralement donnée aux clous à tête large, d'une longueur de 2,5 fois l'épaisseur de la latte (ou contre-latte) et d'un diamètre supérieur à 3 mm. Les fixations sont placées de manière à respecter une distance d au bord égale à 3 fois le diamètre des vis (si le bois est préforé) et à 5 fois le diamètre des clous (figure 34).

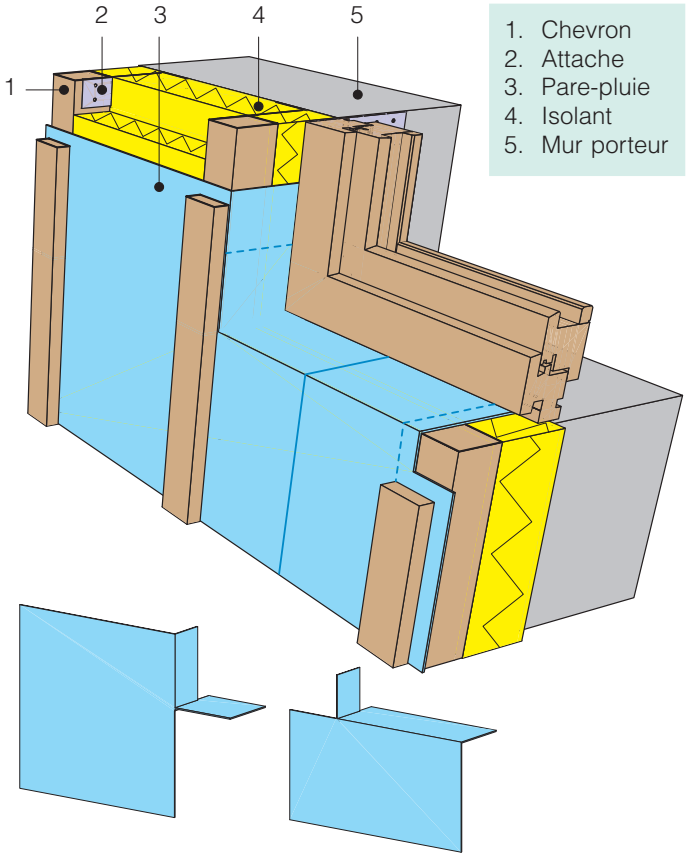


Fig. 33 *Mise en œuvre du pare-pluie.*

Le raccord des lattes ou des contre-lattes s'effectue par alignement horizontal bout à bout respectivement au droit d'un chevron ou d'une latte. Chaque latte ou contre-latte est fixée au chevron ou à la latte en ménageant un espace minimal de 3 mm entre les extrémités de chaque latte ou contre-latte. La règle relative à la distance d au bord des fixations reste d'application (figure 34).

Un porte-à-faux maximal de la latte ou de la contre-latte égal au quart de l'entraxe doit être respecté, avec une distance maximale de 150 mm.

7.5 MISE EN ŒUVRE DU BARDAGE

7.5.1 ASSEMBLAGE DES ÉLÉMENTS

Les éléments de bardage peuvent être assemblés de trois manières :

- par recouvrement (ou chevauchement)
- par rainures et languettes
- au moyen de joints ouverts (pose ajourée).

7.5.1.1 RECOUVREMENT (CHEVAUCHEMENT)

Un recouvrement suffisant est nécessaire afin de permettre les mouvements du bois (cf. § 2.1.1.3, p. 9).

Pour les revêtements dont les éléments sont disposés verticalement, le recouvrement est réalisé dans le sens opposé aux vents dominants, de manière à empêcher la pénétration de l'eau au travers de la paroi.

Dans le cas de panneaux contreplaqués, ce mode de pose préserve les joints de colle de l'exposition directe aux conditions extérieures, pour autant que le bord inférieur des panneaux soit pourvu d'un rejet d'eau.

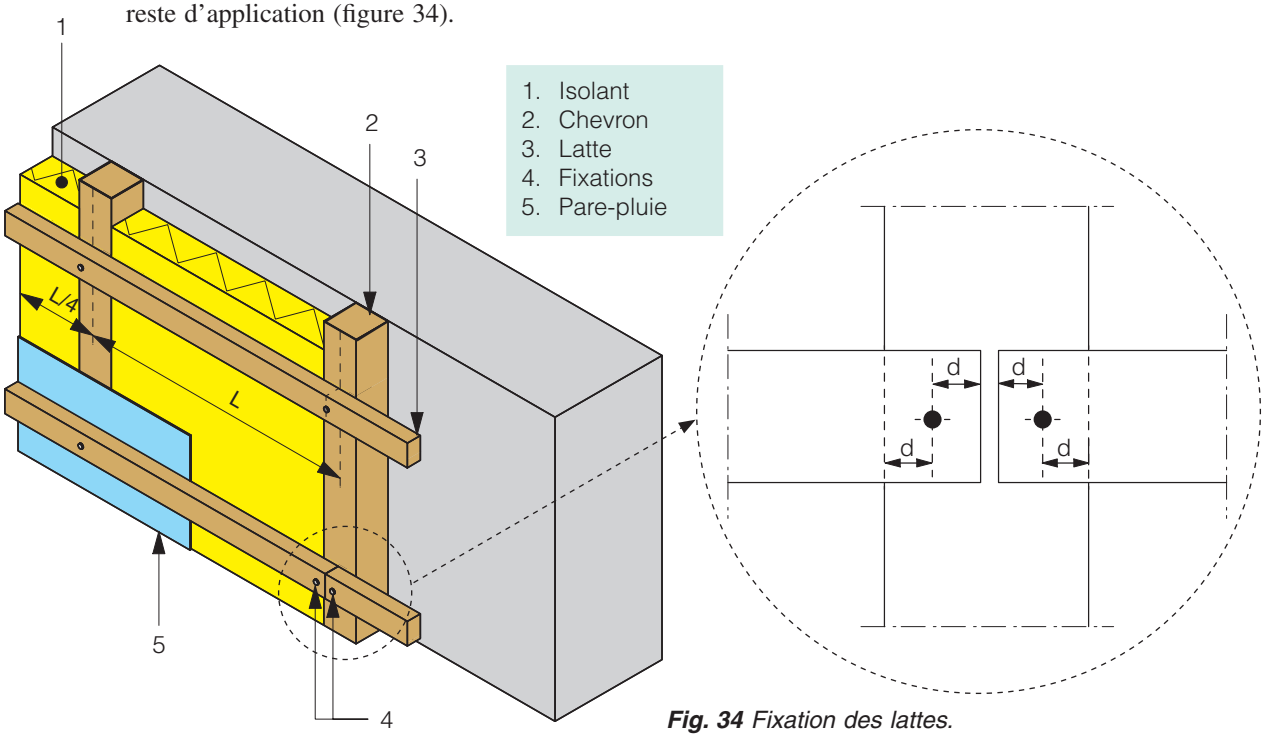


Fig. 34 *Fixation des lattes.*

Fig. 35 *Bardage posé par rainures et languettes.*

7.5.1.2 RAINURES ET LANGUETTES

L'assemblage par rainures et languettes permet de limiter les risques de déformation des lames, en rendant les lames solidaires entre elles.

En pose horizontale, il convient d'orienter la languette vers le haut pour éviter une accumulation d'eau dans la rainure. Les éléments de bardage devront en outre avoir une forme adaptée afin de prévenir tout risque d'infiltration (cf. § 2.1.1.3, p. 9).

En pose verticale, la languette est placée dans le sens opposé aux vents dominants. Dans ce cas, la forme des éléments est moins critique du fait d'une évacuation plus aisée de l'eau.

7.5.1.3 POSE AJOURÉE (POSE À CLAIRE-VOIE)

Les éléments de bardage sont posés en ménageant des joints ouverts. La forme généralement parallélépipédique des éléments assure naturellement l'évacuation d'eau. Dans le cas contraire, un rejet d'eau devra être prévu.

Fig. 36 *Bardage ajouré.*

Dans le cas de panneaux contreplaqués, un couvre-joint peut être mis en œuvre pour limiter l'infiltration d'eau de pluie à hauteur des joints (figure 37).

7.5.2 FIXATION DU BARDAGE

Le bardage peut être fixé par des moyens mécaniques – clous, vis, rivets (clous à riveter), attaches, cornières, etc. – ou par collage (uniquement pour les panneaux). En ce qui concerne le choix du moyen de fixation, on se référera au § 3.3 (p. 22).

7.5.2.1 FIXATIONS MÉCANIQUES

Les fixations telles que clous et vis doivent pénétrer dans la structure portante sur au moins 25 mm. Il est recommandé d'enfoncer les clous de biais pour éviter leur délogement.

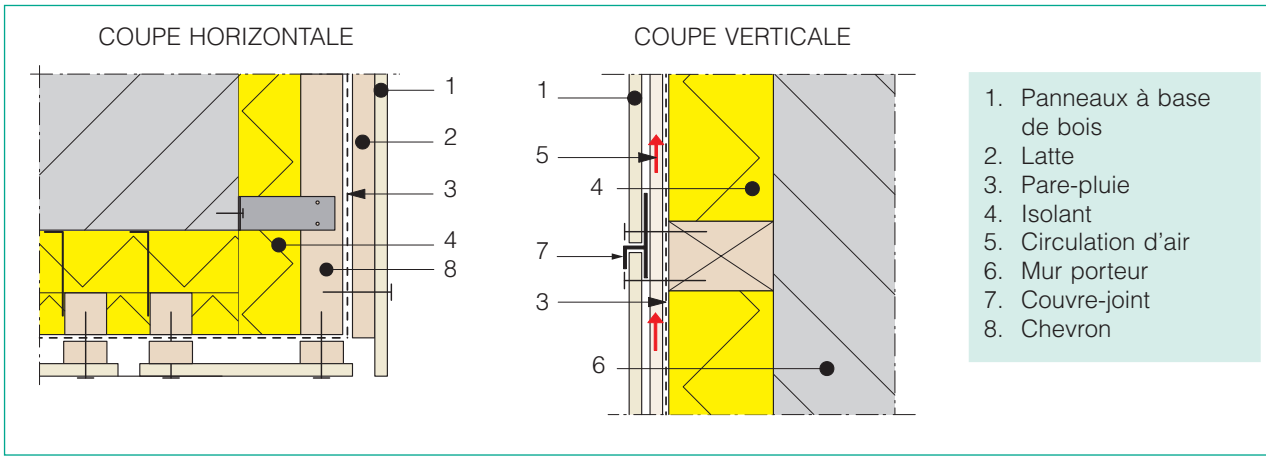


Fig. 37 *Protection des joints ouverts contre les infiltrations d'eau.*

Pour permettre un certain jeu autour des fixations en fonction de la dilatation du matériau de revêtement de façade, les vis seront logées au centre de trous préforés, en veillant à ne pas y piéger de copeaux. Pour réduire la tension dans les vis, il est préconisé d'effectuer un tour de vis complet, puis un dévissage d'un quart de tour.

En cas de pose horizontale des éléments, on procède généralement du bas vers le haut, de façon à dissimuler les fixations.

A. Fixation des lames

❑ Profils à chevauchement simple

Si les fixations restent visibles, elles doivent être placées au minimum à 15 mm du bord inférieur de la lame (figure 38A) sans pénétrer la lame inférieure. En cas de fixation invisible (figure 38B), une seule fixation est placée à 15 mm du bord supérieur des lames.

Pour éviter une fissuration à l'extrémité des lames, les clous et les vis sont positionnés à une distance égale à cinq fois le diamètre des clous ou à trois fois le diamètre des vis si le bois est préforé.

❑ Profils à rainure et languette

L'assemblage à rainures et languettes permet une fixation visible ou invisible. Le choix dépendra de critères esthétiques, mais surtout de la largeur des lames. En effet, une fixation invisible ne peut être envisagée que pour des lames rainurées-languetées de faible largeur (largeur utile < 125 mm). Dans ce cas, la fixation s'opère dans la partie basse de la languette; une fixation par latte est nécessaire (figure 39).

En cas de fixation visible, une ou deux fixations peuvent être prévues selon la largeur exposée des lames. Pour les éléments dont la largeur exposée est inférieure à 125 mm, une seule fixation sera placée dans la partie centrale de la lame. Pour les largeurs exposées supérieures ou égales à 125 mm, deux fixations seront placées comme évoqué précédemment (5 x Ø et min. 15 mm du bord – figure 40).

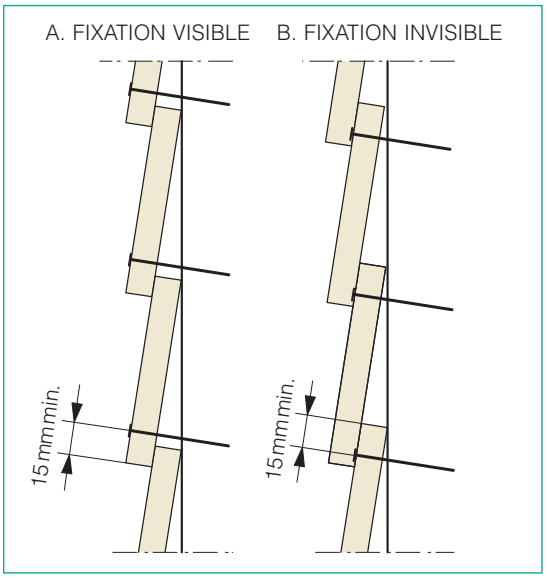


Fig. 38 *Fixation des lames à chevauchement.*

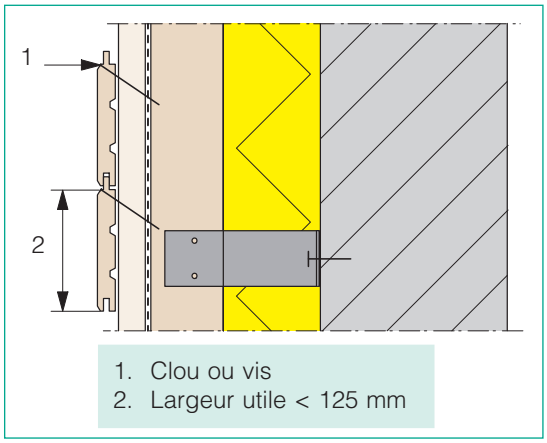


Fig. 39 *Rainures et languettes non apparentes.*

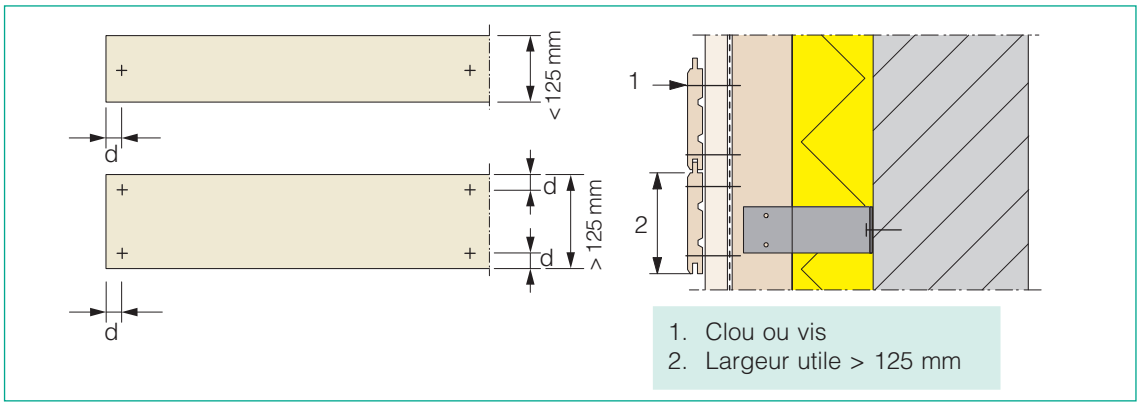


Fig. 40 *Fixation par rainures et languettes apparentes.*

❑ Profils ajourés

Les prescriptions relatives à la fixation des lames à joints ouverts sont similaires à celles mentionnées ci-dessus pour la fixation visible des assemblages rainurés-languetés.

❑ Cas particulier des lames en bois composite

La pose des lames en bois composite est généralement réalisée au moyen d'attaches spécifiques semblables à celles utilisées pour les panneaux (voir ci-après). Compte tenu de la diversité des systèmes, il est recommandé de se référer aux instructions du fabricant.

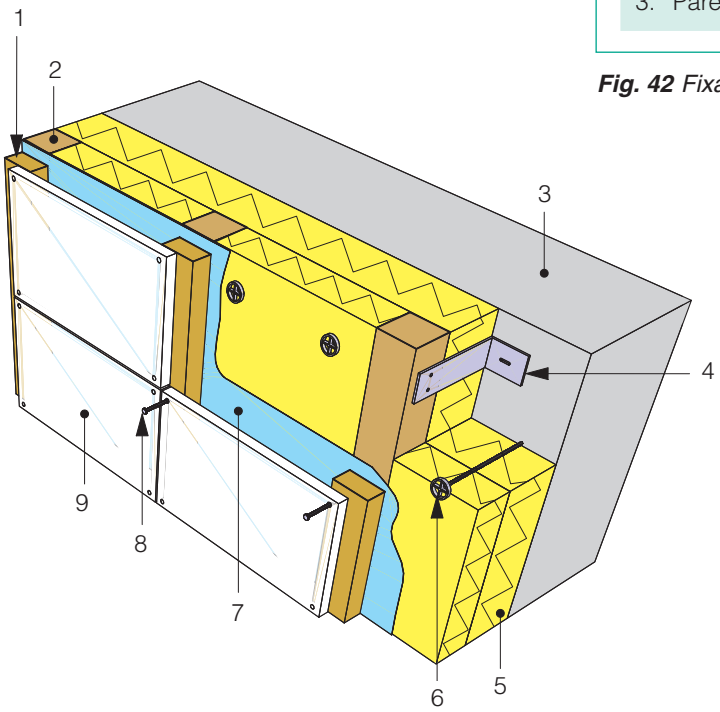
B. Fixation des panneaux

Des intervalles maximum entre points de fixation doivent être respectés en fonction du type de panneau, de son épaisseur et de son exposition. Il convient dès lors de se conformer aux instructions du fabricant.

La fixation des panneaux peut être apparente ou non.

❑ Fixation apparente

La fixation s'opère au travers du panneau au moyen de vis (sur un lattage en bois, par exemple, voir la figure 41) ou de clous à riveter (rivets) sur une sous-structure en aluminium.

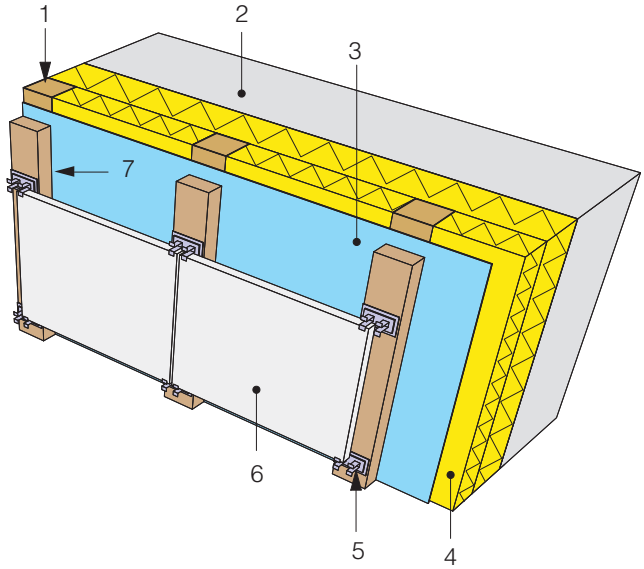


1. Latte
2. Chevron
3. Mur porteur
4. Patte de fixation
5. Isolant
6. Cheville étoilée
7. Pare-pluie
8. Fixation
9. Panneau

Fig. 41 *Fixation visible des panneaux au moyen de vis.*

La distance des fixations par rapport aux chants des panneaux s'élève au minimum à 20 mm, pour éviter un éclatement local de l'élément, et au maximum à dix fois l'épaisseur du panneau (en mm). L'orifice préforé sera légèrement plus large que le diamètre de la vis, de manière à permettre la libre dilatation des panneaux.

Dans le cas de panneaux de faibles dimensions, la pose à l'aide d'attaches métalliques peut être envisagée pour obtenir un certain effet esthétique (figure 42).



1. Chevron
2. Mur porteur en béton ou maçonnerie
3. Pare-pluie
4. Isolant
5. Attache métallique
6. Panneau
7. Latte

Fig. 42 *Fixation des panneaux au moyen d'attaches métalliques.*

En présence de panneaux contreplaqués, les moyens de fixation tels que les clous et les vis doivent être introduits dans la structure portante sur au moins 1,5 fois l'épaisseur du panneau, avec un minimum de 25 mm. Pour les bardages en HPL ou en bois composite, il est conseillé de se référer aux consignes du fabricant.

❑ Fixation invisible

La fixation non apparente des panneaux s'opère :

- sur une sous-structure en aluminium, au moyen de crampons ou d'anneaux de suspension spécialement conçus pour cet usage (figure 43)
- au moyen de colle élastique (voir § 7.5.2.2, p. 58)
- pour les panneaux rainurés, au moyen de cornières métalliques ou en matière synthétique (figure 44); celles-ci devront être adaptées à cet usage en termes de résistance au vent, de poids propre des panneaux, de corrosion, etc. Lorsque la forme de la cornière peut donner lieu à une stagnation d'eau, des dispositions devront être prises pour permettre l'écoulement de l'eau (perçage de trous d'au moins 8 mm de diamètre, par exemple).

En matière de raccords, il y a lieu de prévoir un espace d'au moins 8 mm entre les panneaux afin de permettre leur mouvement tant en sens horizontal que vertical. Cet espace peut rester ouvert ou être pourvu d'un profilé d'étanchéité en aluminium, en PVC ou en EPDM.

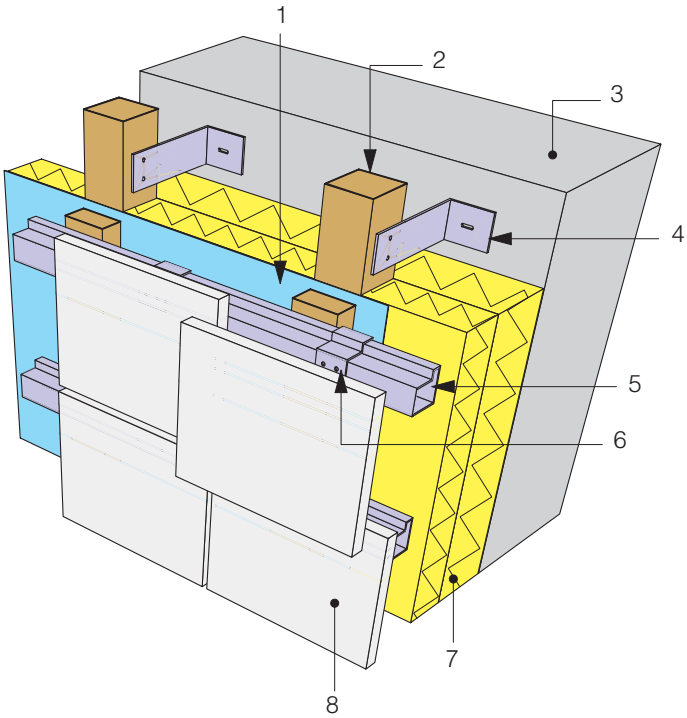
C. Fixation des bardeaux

Les bardeaux sont posés de préférence sur un lattis horizontal. Compte tenu de leur taille, ils permettent de réaliser des bardages sur des supports de formes très variées.

En ce qui concerne la mise en œuvre en façade, il est recommandé d'appliquer les prescriptions suivantes (figure 45, p. 58) :

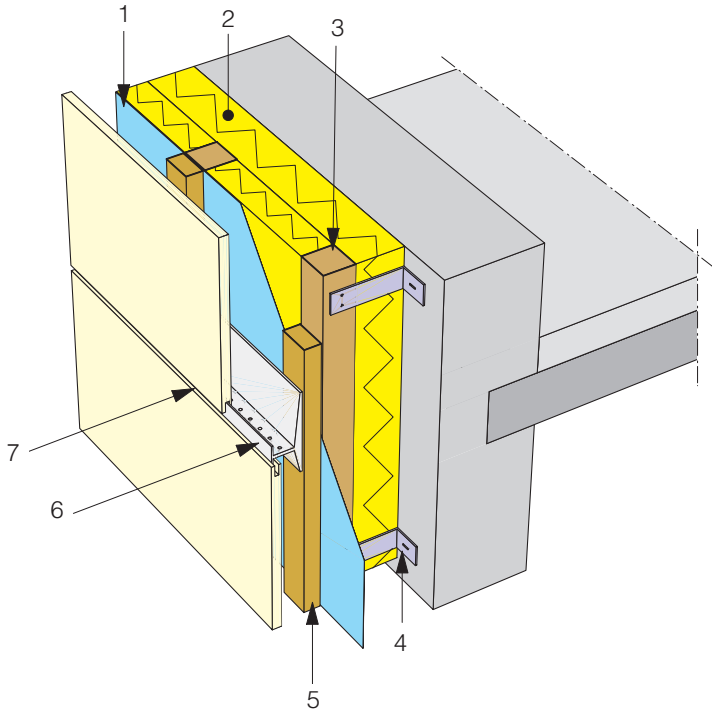
- poser les bardeaux de sorte que le fil du bois soit disposé verticalement ou parallèlement au sens de la pente
- décaler les joints verticaux d'au moins 40 mm sur trois rangs successifs
- ménager un jeu d'environ 5 mm entre les bardeaux de façon à laisser le bois travailler légèrement en largeur.

La fixation s'effectue généralement au moyen de deux clous placés à 40 mm au-dessus de la ligne du pureau et à 20 mm de chaque bord. Si la largeur du bardeau est supérieure à 200 mm, une troisième fixation est prévue entre les deux premières.



1. Pare-pluie
2. Chevron en bois
3. Mur porteur
4. Patte de fixation
5. Rail de fixation
6. Crampon
7. Isolant
8. Panneau

Fig. 43 *Fixation des panneaux au moyen de crampons.*



1. Pare-pluie
2. Isolant
3. Chevron
4. Attache
5. Latte
6. Lisse
7. Panneau rainuré

Fig. 44 *Fixation de panneaux rainurés au moyen de cornières.*

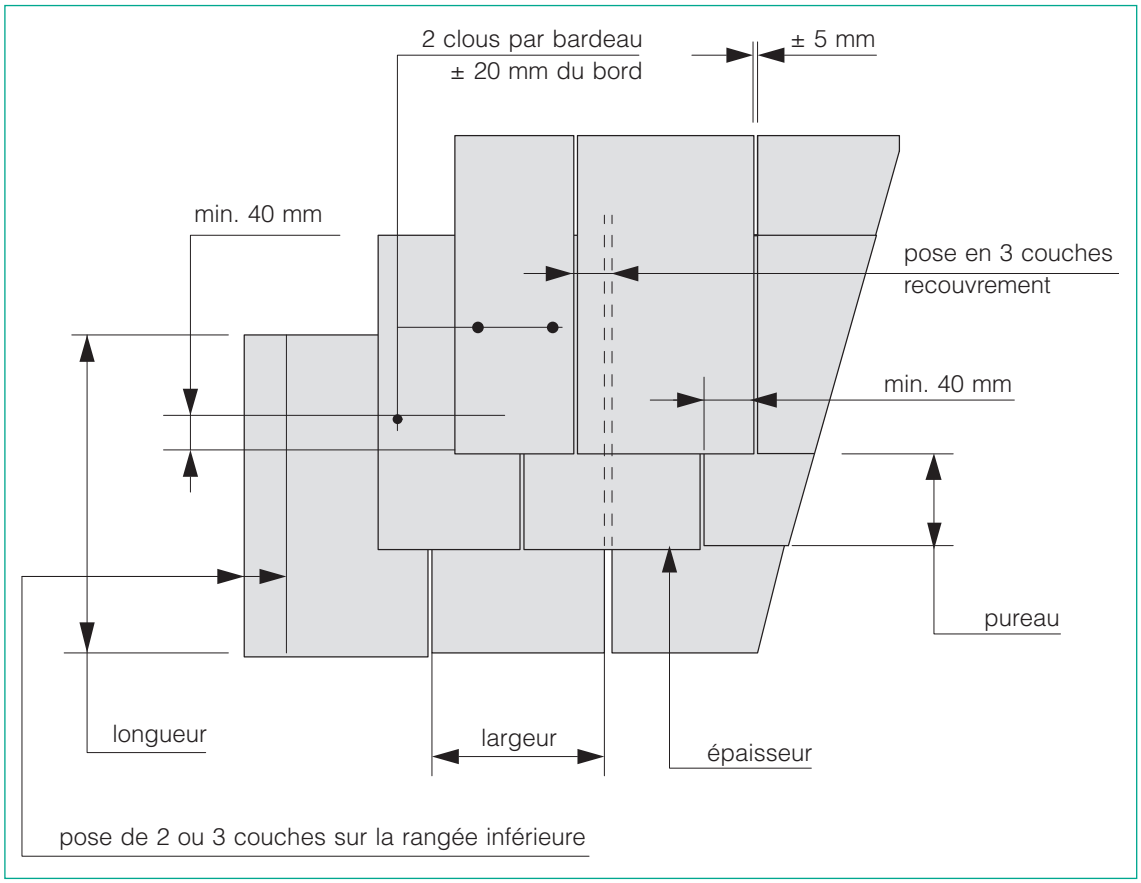


Fig. 45 *Pose des bardeaux.*

7.5.2.2 FIXATION AU MOYEN DE COLLE

Le collage s'applique uniquement aux revêtements en panneaux.

Le collage en usine (sur des profilés métalliques, par exemple) est recommandé dans tous les cas, essentiellement pour des raisons d'efficacité et de durabilité. Ce collage pourra être renforcé au moyen de fixations mécaniques complémentaires.

Le collage *in situ* ne peut être réalisé qu'après une étude spécifique.

8 DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE ET DE FINITION

Les raccords aux angles, la finition des bords et les jonctions avec d'autres matériaux de construction revêtent une grande importance si l'on veut garantir les performances, la pérennité et l'esthétique d'un bardage.

Les recommandations formulées ci-après, loin d'être exhaustives, sont applicables à l'ensemble des bardages en bois (panneaux, lames, bardeaux), sauf s'il est stipulé le contraire.

8.1 PROTECTION DU BOIS DE BOUT

Il convient de protéger le bois de bout d'une exposition directe aux intempéries, tout en assurant sa ventilation. Lorsqu'il existe un risque d'absorption d'eau, il y a lieu de prévoir un espace d'au moins 1 cm pour que le bois puisse sécher. L'humidité stagnante (> 20 %) peut en effet entraîner le pourrissement du bois et l'apparition de taches inesthétiques.

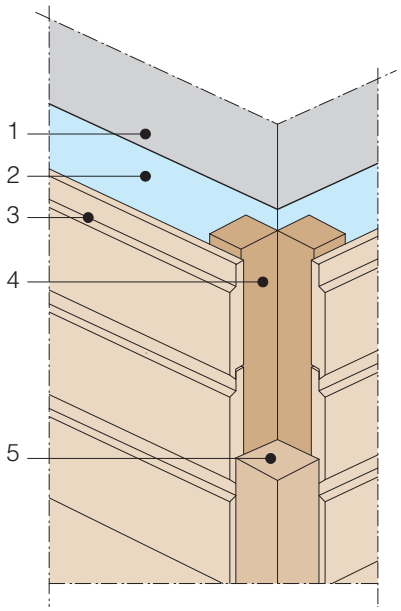
8.2 FINITION DES ANGLES

Pour garantir les performances et l'esthétique du bardage, quelques principes de base sont à respecter en ce qui concerne la finition des angles :

- protection du bois de bout (voir ci-dessus)
- ventilation du bardage
- pose de pièces de recouvrement
- éléments de finition adaptés aux éventuelles variations dimensionnelles des lames
- continuité de la barrière d'étanchéité à l'eau (tant au niveau de la toiture que du pare-pluie).

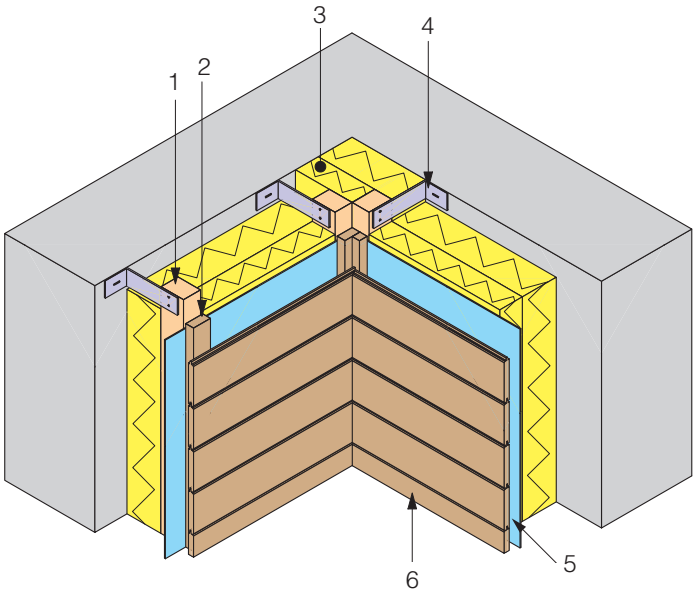
La finition des angles peut être réalisée selon deux principes :

- en butée sur une pièce d'angle (figures 46 et 47), généralement en bois d'une durabilité – naturelle ou conférée – équivalente, voire supérieure à celle des éléments constitutifs du bardage. Le même principe s'applique également dans le cas d'un arrêt latéral du bardage (figure 48, p. 60)



1. Gros œuvre/ Isolation
2. Pare-pluie
3. Bardage
4. Chevrons
5. Profilé en bois

Fig. 46 *Exemple de finition d'un angle saillant en butée sur un profilé en bois.*



1. Chevron
2. Latte
3. Isolant
4. Patte de fixation
5. Pare-pluie
6. Bardage

Fig. 47 *Exemple de finition d'un angle rentrant en butée sur un profilé en bois.*

Fig. 48 *Finition latérale du bardage.*

- en maintenant un joint (ouvert ou fermé) entre les éléments de bardage; on prévoit un système de maintien complémentaire du pare-pluie dans l'angle pour éviter toute dégradation prématurée de ce dispositif (figure 49).

En raison du travail du bois, il est déconseillé de parachever un angle en découpant les éléments en onglet et en les posant sans joints ouverts, sauf s'il s'agit d'un bardage ajouré, auquel cas un espace de 10 mm sera prévu.

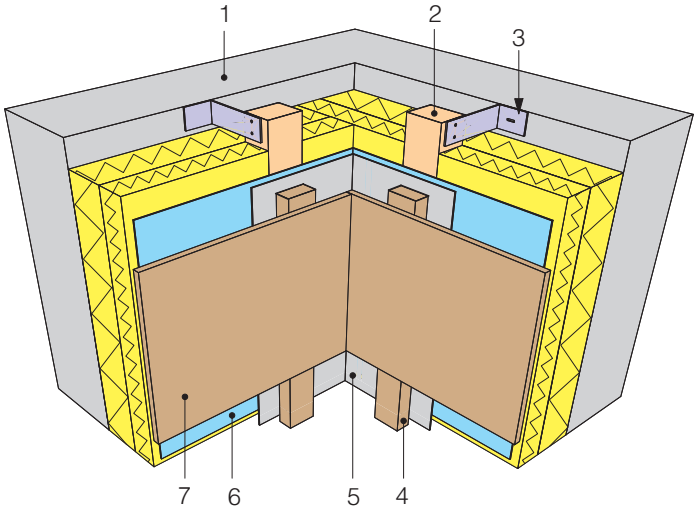
8.3 RACCORDS HORIZONTAUX

En cas de pose verticale des lames, on prévoit souvent un joint horizontal, par exemple à la hauteur des planchers. Cette solution offre l'avantage de pouvoir utiliser des éléments de plus petite longueur et de fractionner la lame d'air, de façon à interrompre la propagation d'un incendie éventuel.

Ce type de mise en œuvre s'effectuera conformément aux recommandations en vigueur (voir notamment le § 4.4.4, p. 33).

8.4 RACCORD AVEC D'AUTRES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

Il convient de réaliser les raccords avec les autres éléments de construction en ménageant un espace



1. Mur porteur
2. Chevron
3. Patte de fixation
4. Latte
5. Maintien complémentaire du pare-pluie
6. Pare-pluie
7. Elément de bardage

Fig. 49 *Exemple de raccord d'angle via un joint entre les éléments de bardage.*

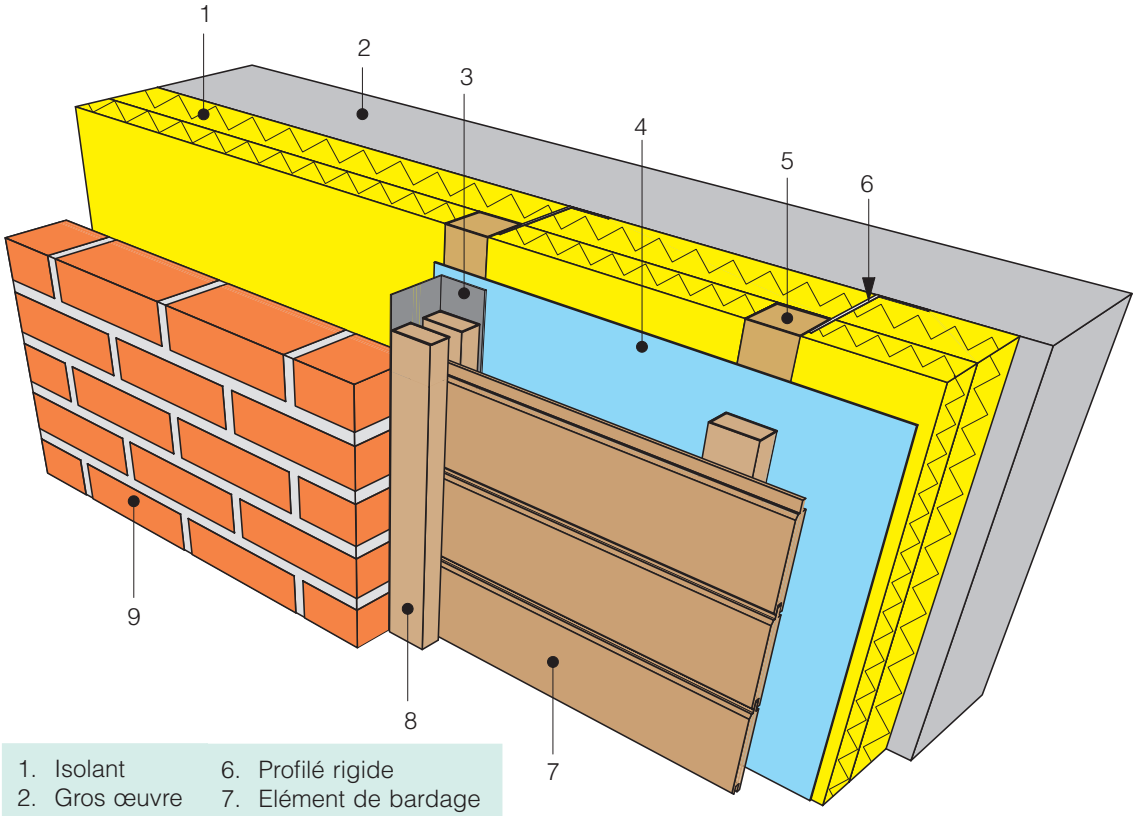
d'au moins 10 mm entre le revêtement de façade et la structure adjacente, de manière à assurer la ventilation et le séchage du bois de bout.

Dans ces zones de raccord, il importe d'être attentif à la pose du pare-pluie afin de garantir l'étanchéité à l'eau.

8.4.1 RACCORD À LA MAÇONNERIE DE PAREMENT

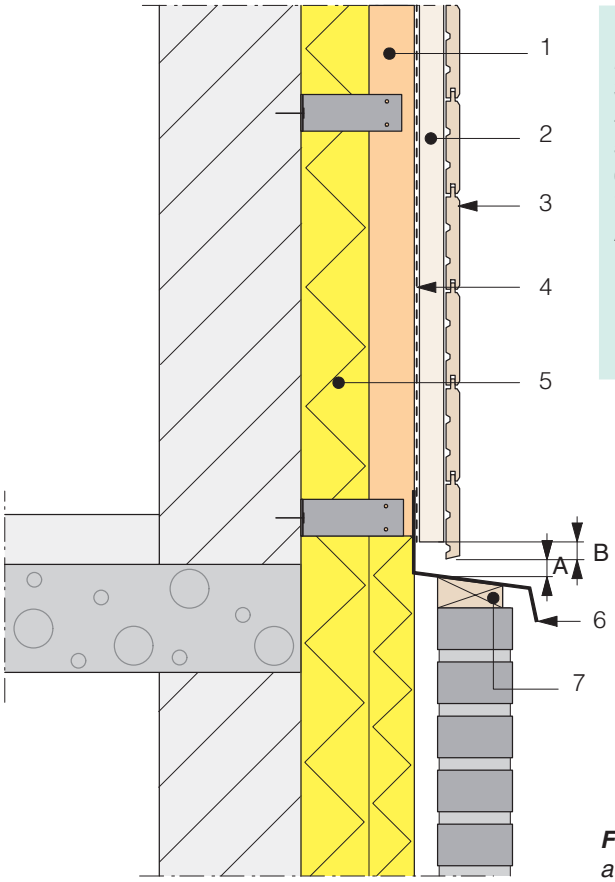
Le raccord entre un bardage et un mur de parement en maçonnerie s'effectue au moyen d'un profilé rigide (matière synthétique rigide ou métal résistant à la corrosion) de sorte à maintenir le pare-pluie en place (figure 50). Il convient de ménager un espace de 10 mm entre le bois de bout et la maçonnerie pour permettre au bois de sécher.

Afin d'assurer une évacuation rapide de l'eau et éviter tout risque de corrosion, on dispose, au droit du raccord horizontal avec la maçonnerie, un déflecteur en matériau résistant à la corrosion (matière synthétique rigide, aluminium laqué ou anodisé ou acier inoxydable) avec une pente minimum de 5 %. La distance entre l'extrémité de la latte et le bord de la lame inférieure (B à la figure 51) sera au moins égale à la distance entre cette dernière lame et le déflecteur (A à la figure 51) de manière à garantir une bonne ventilation. De plus, la distance A sera supérieure ou égale à 10 mm.



1. Isolant
2. Gros œuvre
3. Déflecteur
4. Pare-pluie
5. Chevron
6. Profilé rigide
7. Elément de bardage
8. Latte de finition
9. Maçonnerie de parement

Fig. 50 *Raccord vertical avec une maçonnerie de parement.*



1. Structure portante (chevrons)
2. Lame d'air
3. Elément de bardage
4. Pare-pluie
5. Isolant
6. Déflecteur (pente min. 5 %)
7. Blochet de maintien

A : distance entre le bord de la lame inférieure et le déflecteur

B : distance entre l'extrémité de la latte et le bord de la lame inférieure

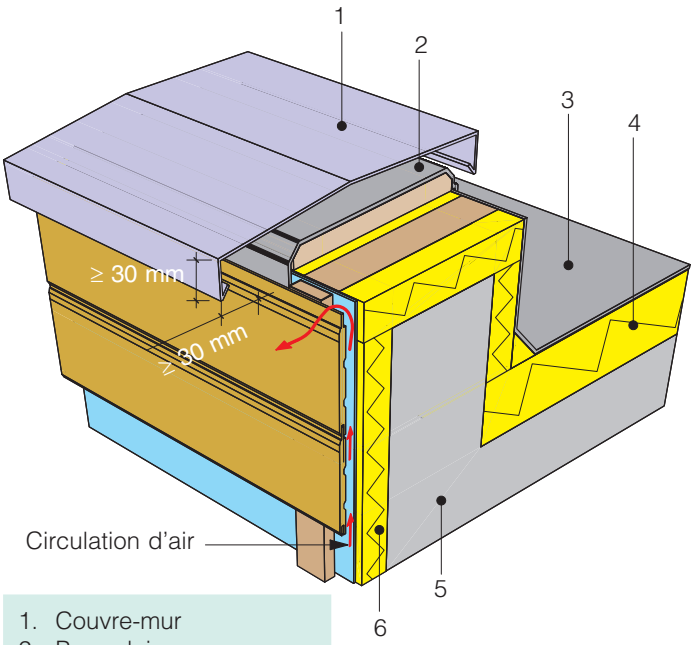
B ≥ A

Fig. 51 *Déflecteur au droit du raccord horizontal avec la maçonnerie.*

8.4.2 RACCORD AVEC LA TOITURE

En partie haute, il y a lieu de préserver le bardage contre les infiltrations d'eau en réalisant un débordement de la toiture ou en posant une protection en zinc ou en autre matériau d'une durabilité suffisante (figure 52).

Sur le côté, les planches de rive seront mises en œuvre de façon à ne pas entraver la ventilation du bardage et seront munies d'un larmier pour éviter l'apparition de taches inesthétiques. Leur fixation s'effectuera de la même manière qu'en partie courante, en ménageant un intervalle maximum de 40 à 60 cm entre les fixations.



1. Couvre-mur
2. Pare-pluie ou membrane d'étanchéité
3. Etanchéité de toiture
4. Isolation de la toiture
5. Gros œuvre
6. Isolation de la facade

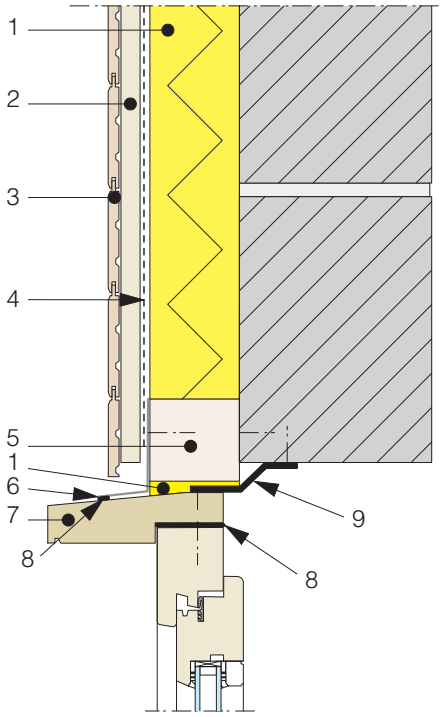
Les cotes spécifiées constituent un minimum à respecter en vue d'une bonne ventilation.

Fig. 52 *Raccord entre un couvre-mur et un bardage.*

8.4.3 RACCORD AVEC UNE MENUISERIE ENCASTRÉE DANS LA FAÇADE

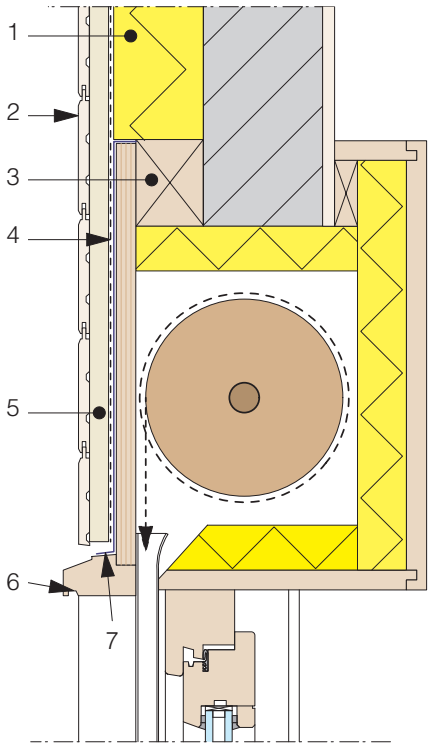
Le raccord du bardage avec une menuiserie encastrée dans la façade exige d'apporter un soin tout particulier à l'étanchéité à l'eau (pare-pluie) et à la réalisation du drainage. La pose d'une membrane ou d'un profilé hydrofuge (déflecteur) permettra d'assurer la continuité de l'étanchéité au-dessus des baies. De plus, pour favoriser le rejet des eaux de ruissellement au-devant de la façade, il est recommandé d'utiliser en partie haute :

- soit un profilé en bois muni d'un larmier



1. Isolant
2. Lattage
3. Bardage
4. Pare-pluie
5. Chevron
6. Déflecteur
7. Profilé en bois
8. Joint d'étanchéité
9. Patte de fixation

Fig. 53 *Exemple de drainage de la lame d'air au droit du raccord avec une menuiserie.*

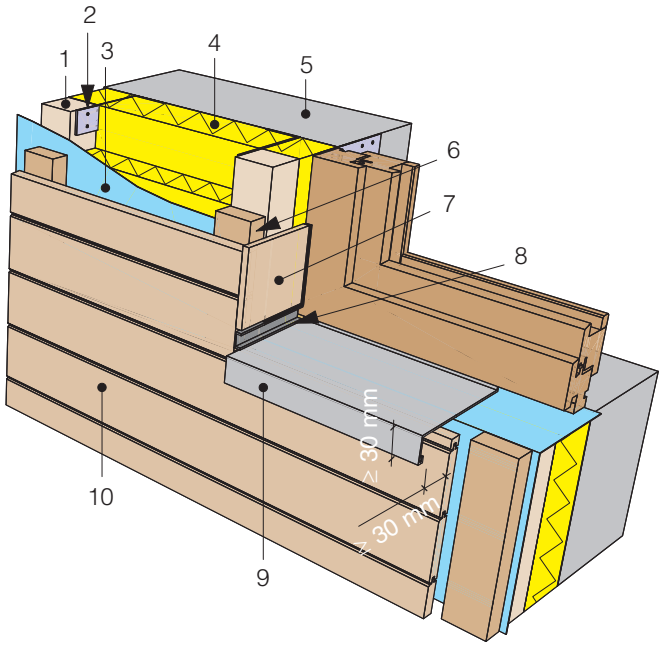


1. Isolant
2. Bardage
3. Chevrons
4. Pare-pluie
5. Lattage
6. Casse-gouttes
7. Déflecteur

Fig. 54 *Exemple de drainage de la lame d'air au droit du raccord avec une menuiserie équipée d'un caisson à volet.*

- soit une bavette métallique; on choisira un métal résistant à la corrosion due à l'action des composants du bois.

Ces éléments doivent dépasser les bords latéraux des fenêtres et des portes d'au moins 10 cm.



1. Chevron
2. Patte de fixation
3. Pare-pluie
4. Isolant
5. Mur porteur
6. Latte
7. Planche de finition latérale
8. Profilé métallique et joint d'étanchéité
9. Seuil de fenêtre (profilé) muni d'un casse-gouttes
10. Elément de bardage

Fig. 55 *Raccord du bardage avec une menuiserie encastrée dans la façade.*

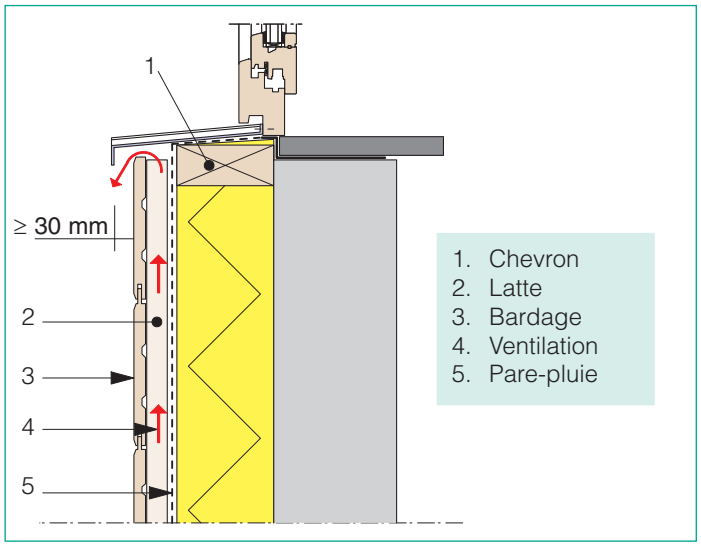


Fig. 56 *Raccord du bardage avec une menuiserie encastrée dans la façade (coupe verticale).*

Les châssis et les seuils seront mis en œuvre selon les recommandations de la NIT 188 [C4], sachant que le poids du seuil ne pourra pas être repris par le bardage.

Les seuils sont en béton, en pierre naturelle peu poreuse, en métal ou en matériau synthétique. Ils auront une pente de 5 % minimum pour assurer l'évacuation de l'eau, et dépasseront idéalement le plan du revêtement de façade d'au moins 30 mm. Toutes les saillies seront munies, au droit de leur bord inférieur, d'un larmier efficace, lui-même situé à 30 mm au moins du plan de la façade.

Afin d'assurer la continuité de l'étanchéité, le raccord latéral du bardage à la menuiserie sera réalisé de préférence à l'aide d'un profilé et d'un joint de mastic élastique, la pose de ce dernier devant précéder celle du profilé de manière à comprimer le joint.

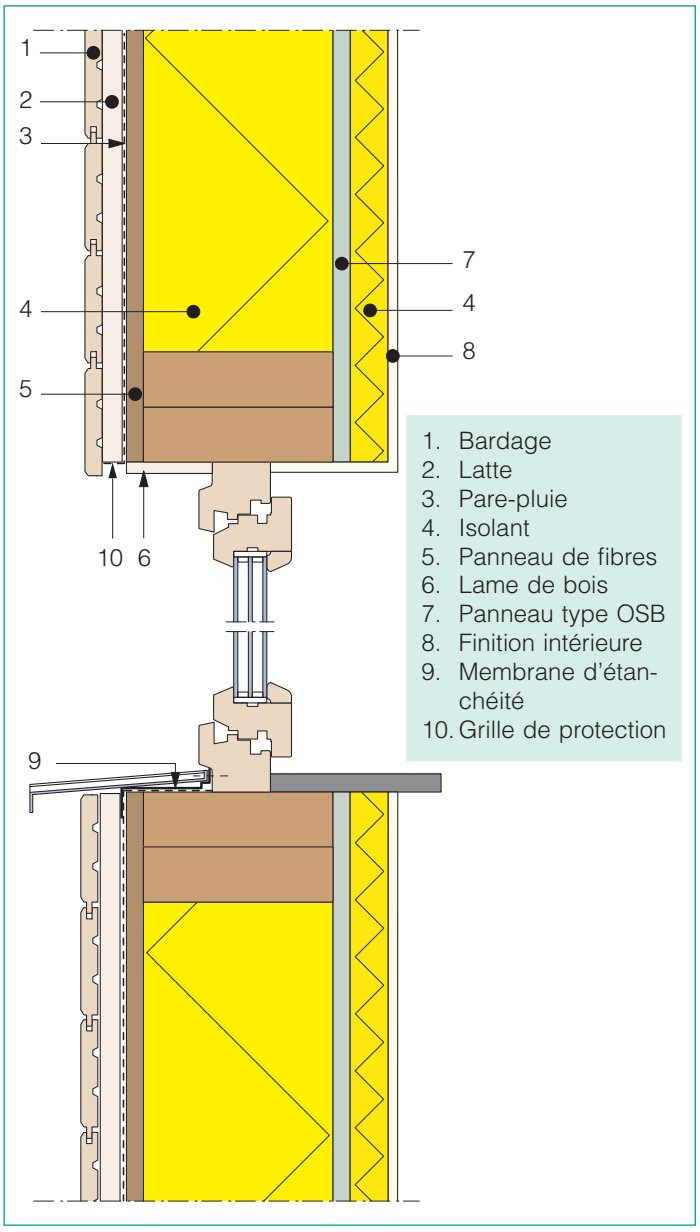
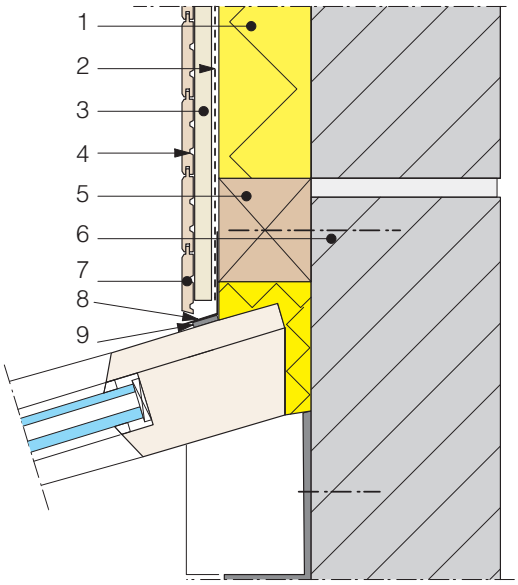


Fig. 57 *Raccord du bardage avec une menuiserie encastrée dans une façade à ossature en bois.*



1. Isolant
2. Pare-pluie
3. Latte
4. Elément de bardage
5. Chevron
6. Gros œuvre
7. Lame inférieure complète
8. Bavette métallique ou en matière synthétique
9. Joint

Fig. 58 *Raccord d'une menuiserie en saillie avec la lame inférieure du bardage.*

8.4.4 RACCORD AVEC UNE MENUISERIE EN ENCORBELLEMENT

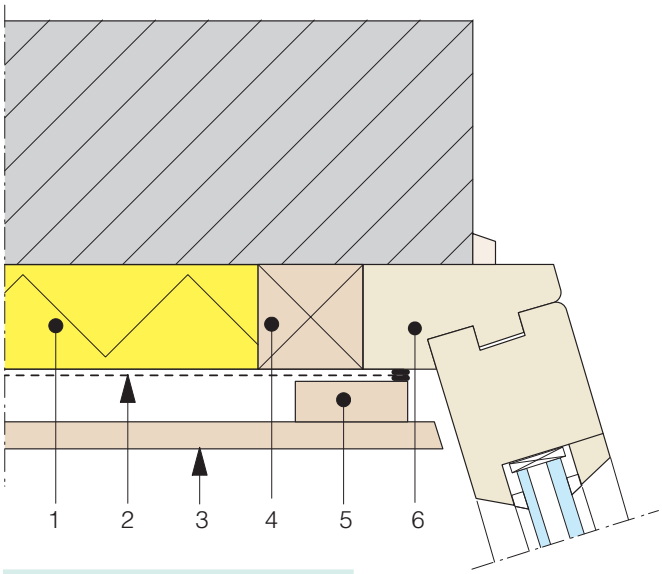
Lorsque des menuiseries se situent en saillie par rapport au plan de la façade (oriels, loggias, vérandas, etc.), la jonction supérieure avec le bardage s'effectue comme suit (figure 58) :

- la bavette d'étanchéité remonte d'au moins 10 cm à l'arrière du bardage; un joint assure la continuité de l'étanchéité entre la bavette et la menuiserie
- la continuité de l'isolation entre la menuiserie et le gros œuvre est réalisée au moyen d'un joint en mousse ou de mousse injectée.

La figure 59 représente la coupe horizontale de cette jonction.

8.4.5 RACCORD AVEC DES ÉLÉMENTS RAPPORTÉS

Les équipements insérés dans un bardage, tels que boîtes aux lettres, luminaires, grilles de ventilation, etc., ne nécessitent pas simplement des percements dans le revêtement. Leur intégration doit être mûrement réfléchie afin d'évaluer leur impact éventuel sur les performances et la pérennité de l'ouvrage. On veillera notamment aux points suivants :



1. Isolant
2. Pare-pluie
3. Elément de bardage
4. Chevron
5. Latte
6. Profilé en bois

Fig. 59 *Raccord d'une menuiserie en saillie avec le bardage (coupe horizontale).*

- en règle générale, le poids des éléments rapportés ou susceptibles de donner prise au vent ne peut pas être supporté par le bardage. Des fixations spécifiques sont dès lors à prévoir; toutefois, si les éléments concernés n'engendrent pas de surcharges importantes pour les éléments constitutifs du bardage (petits luminaires, sonnettes, etc.), ils pourront y être fixés directement
- un soin particulier sera apporté à l'étanchéité à l'eau entre le bardage et l'élément à insérer. Outre la mise en œuvre d'un joint de mastic, on prendra les précautions nécessaires (larmier, forme de l'élément, etc.) afin d'éviter la pénétration et la stagnation de l'eau au dos du bardage ainsi que les coulées sur le parement
- le bois devra être protégé à la périphérie des grilles de ventilation et autres dispositifs de conditionnement d'air (éléments saillants, profilés, etc.). L'air évacué ne pourra pas entrer en contact avec les éléments constitutifs du bardage.

8.5 FINITION AU PIED DU BARDAGE

La distance entre le bas du bardage et toute surface horizontale (niveau du sol fini ou toiture plate) s'élève au minimum à 200 mm, de sorte à éviter

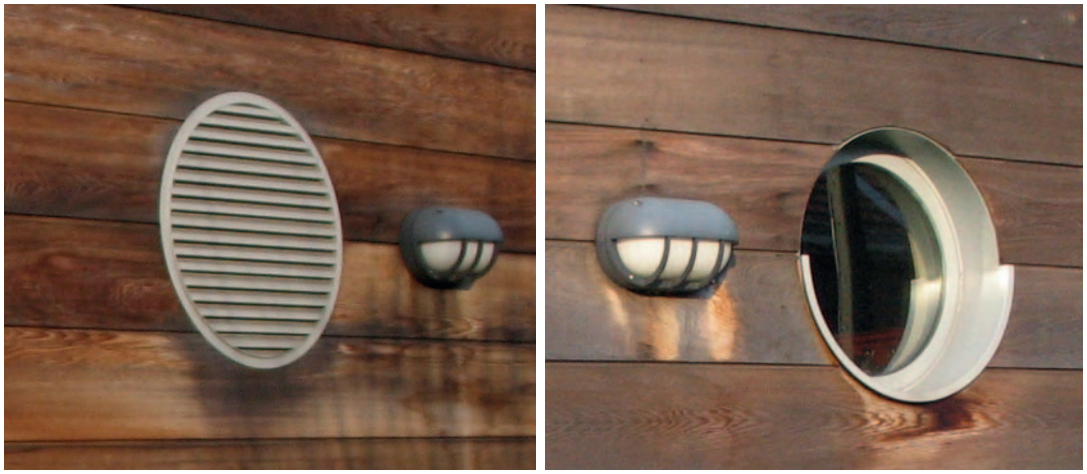


Fig. 60 *Exemples d'éléments rapportés à proscrire.*

une humidification et une souillure fréquentes des parties basses du revêtement par les rejaillissements d'eau et de terre. Dans les cas où la conception le permet, il est conseillé de répandre du gravier au pied de la façade, de manière à favoriser l'évacuation de l'eau et à disperser les eaux de ruissellement. En présence d'une toiture inclinée adjacente, une distance minimale de 50 mm est recommandée.

Il y a lieu également de biseauter le chant inférieur des éléments en pied de bardage ou de prévoir un casse-gouttes (larmier).

Afin d'éviter un pont thermique, il convient d'assurer la continuité de l'isolation dans le soubassement de la façade et de munir ce dernier d'un habillage en pierre naturelle ou tout autre matériau imperméable.

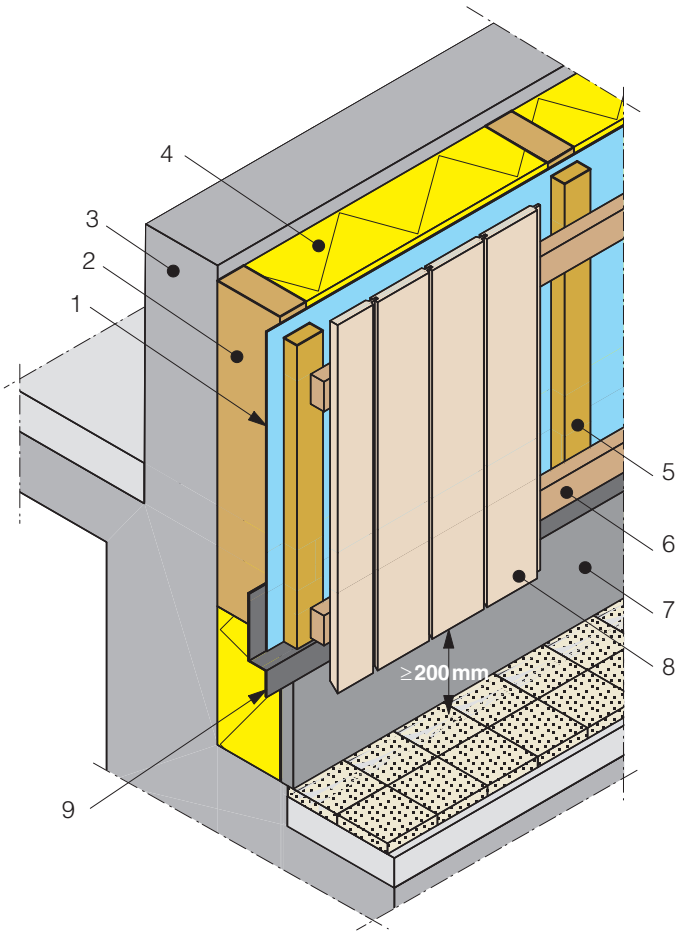


Fig. 61 *Exemple de finition au pied d'un bardage.*

1. Pare-pluie
2. Chevron
3. Gros œuvre
4. Isolant
5. Latte
6. Contre-latte
7. Habillage en pierre naturelle ou tout autre matériau imperméable
8. Bardage
9. Déflecteur

9 STOCKAGE DES ÉLÉMENTS

Les éléments nécessaires à la mise en œuvre du bardage devront être stockés dans un endroit couvert et ventilé, isolé du sol et protégé de l'humidité et de la chaleur.

En cas de stockage prolongé, des cales seront prévues de manière à permettre la ventilation des éléments de bardage. Pour réduire le risque d'apparition de taches sur les éléments par contact avec l'humidité et les tanins du bois, il est conseillé d'utiliser des cales en bois blanc, en bois résineux ou en matière synthétique (cf. figure 62). Avant la pose, il est recommandé de vérifier le taux d'humidité du bois.

Si les lames du bardage sont stockées horizontalement sur des palettes, il y a lieu de disposer des appuis réguliers, alignés verticalement, afin d'assurer une ventilation suffisante et d'éviter la déformation des éléments.

Les panneaux de revêtement doivent être soutenus sur toute leur surface; il convient de placer une bâche ou un panneau de protection entre la palette et le panneau inférieur ainsi que sur le panneau supérieur de chaque pile.

Stockés verticalement, les panneaux seront disposés de biais, de sorte que les conditions climatiques soient identiques de part et d'autre.

Les éléments de bardage ne peuvent être en contact permanent ou temporaire avec de l'eau, afin d'éviter l'apparition de microfissures et de moisissures.

Fig. 62 *Exemple d'empilage correct.*

10 RÉCEPTION DE L'OUVRAGE

10.1 TOLÉRANCES D'EXÉCUTION

Les tolérances d'exécution portent sur les caractéristiques géométriques du bardage : planéité, angularité, verticalité et horizontalité. Elles sont vérifiées à l'aide du matériel adéquat et selon une procédure spécifique (voir § 10.2, p. 70). La méthodologie de contrôle s'applique aussi bien au bardage qu'à son support (structure portante).

Les défauts de planéité sur de longues distances (5 m ou plus) portent généralement moins à conséquence que des défauts de planéité locaux et/ou brusques. La rectitude des raccords visibles, la finition des angles et les écarts angulaires éventuels sont des aspects importants dont il faut tenir compte.

Les écarts admissibles sont précisés au tableau 17 pour la structure portante du bardage et au tableau 18 pour les éléments d'un bardage plan.

Tableau 17 *Tolérances applicables au support.*

Type de défaut	Ecart admissible
Aplomb et verticalité	± 8 mm / 2,6 m ± 2 mm par m supplémentaire ± 20 mm maximum
Différence de niveau entre chevrons	± 7 mm / 2 m
Hors-équerre (raccord de fenêtre, etc.)	3 mm / 0,25 m de profondeur
Horizontalité : d < 3 m 3 m < d < 6 m 6 m < d < 15 m d étant la distance entre deux points d'une ligne	 10 mm 14 mm 18 mm
Entraxe des lattes	± 5 mm (*)
(*) A majorer de la tolérance sur la latte ou le panneau.	

Tableau 18 *Tolérances applicables aux bardages plans.*

Type de défaut	Ecart admissible
Planéité - d'ensemble (sous une règle de 2 m) - locale sur la largeur b d'une lame mise en place - locale d'un panneau mis en place (sous une règle de 0,2 m)	 ± 7 mm / 2 m 0,8 % x b ± 3 mm
Aplomb et verticalité	± 8 mm / 2,5 m
Rectitude des joints longitudinaux et des joints de raccord	± 4 mm / 3 m
Hors équerre (raccord de fenêtre, etc.)	± 3 mm / 0,25 m de profondeur
Désaffleurement des lames ou des panneaux	2 mm (*)
Horizontalité (**) : d < 3 m 3 m < d < 6 m 6 m < d < 15 m d étant la distance entre deux points d'une ligne	 4 mm 6 mm 8 mm
(*) A majorer de la tolérance sur la latte ou le panneau. (**) Toutes les tolérances doivent être respectées.	

10.2 CONTRÔLE DES TOLÉRANCES

10.2.1 PLANÉITÉ

Le contrôle de la planéité s'effectue au moyen de règles droites et rigides, de 0,2 mètre ou 2 mètres de longueur, munies aux extrémités de taquets résistant à l'usure (carrés ou cylindriques, de 20 à 40 mm de côté ou de diamètre) et d'une épaisseur égale à la tolérance admise (figure 63). La règle est en outre pourvue d'un troisième taquet, mobile, de même dimension et d'une épaisseur égale au double de la tolérance.

On pose la règle munie de ses deux taquets sur la surface à contrôler :

- *cas 1* : un taquet et un point de la règle touchent la surface, alors que le deuxième taquet ne la touche pas. La planéité ne se situe pas dans les tolérances
- *cas 2* : les deux taquets touchent la surface, tandis que la règle ne la touche pas; le taquet mobile ne passe pas sous la règle. La planéité est dans les tolérances
- *cas 3* : les deux taquets touchent la surface, alors que la règle ne la touche pas; le taquet mobile passe sous la règle. La planéité n'est pas dans les tolérances.

La planéité du lattage sera vérifiée au moyen d'une règle métallique de 2 mètres que l'on déplace en tous sens en maintenant le contact avec les deux lattes situées de part et d'autre de l'élément à contrôler (figure 64).

10.2.2 APLOMB OU VERTICALITÉ

Les mesures de la verticalité du bardage sont effectuées à l'aide du clinomètre (figure 65) ou du fil à plomb (selon la norme NBN ISO 7976-1) [B52]. Le clinomètre représenté ici est une latte droite d'une longueur ≤ 2 m, munie d'un niveau à bulle d'air réglable et pourvue de deux taquets. La mesure peut se faire directement par lecture sur la bulle ou indirectement en posant la latte verticalement et en utilisant notamment des jauges d'épaisseur sous un des taquets.

10.2.3 RECTITUDE DES JOINTS

La rectitude des joints peut être un facteur déterminant dans le choix du mode de pose et l'aspect du bardage en bois. Elle se mesure de la même

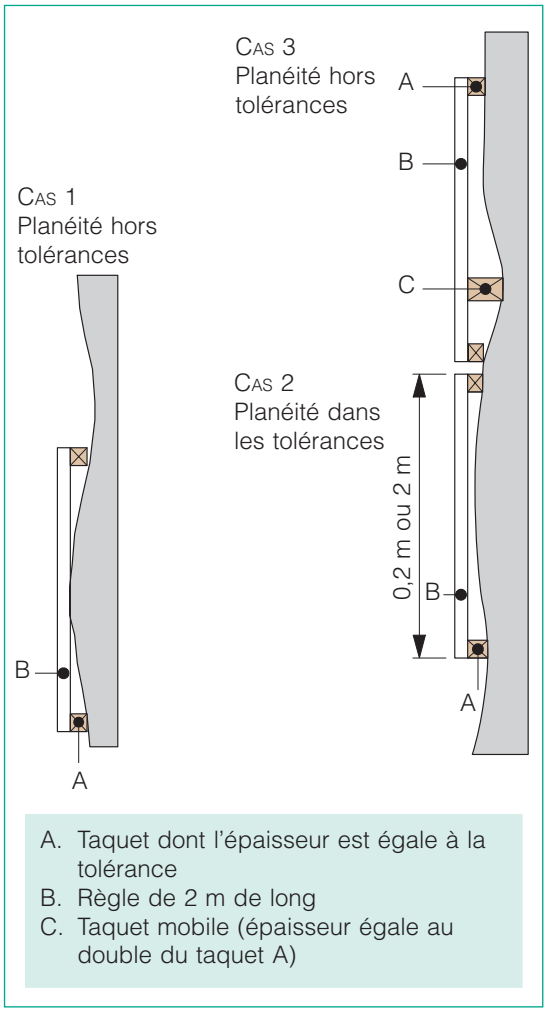


Fig. 63 *Principe du contrôle de la planéité.*

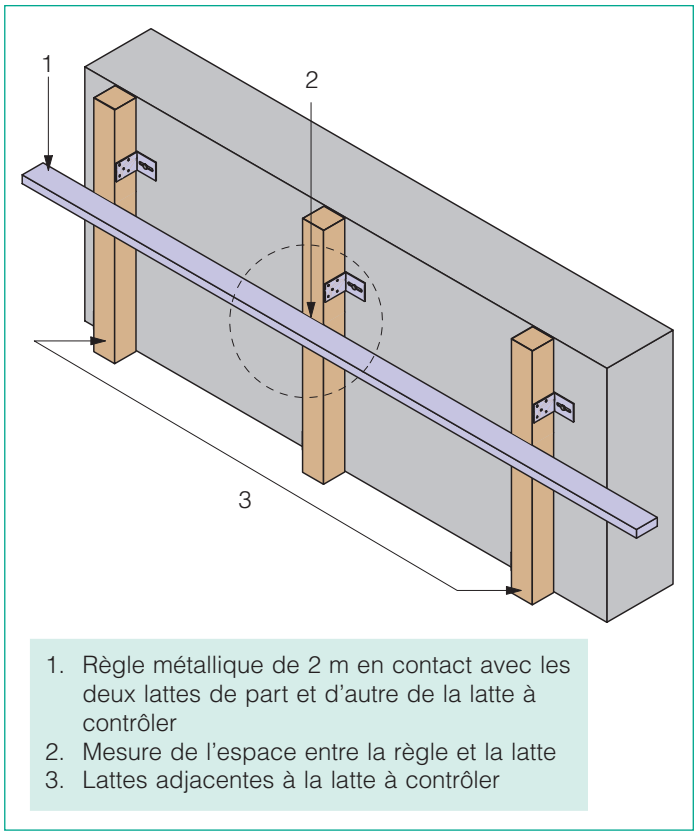


Fig. 64 *Contrôle de la planéité du lattage.*

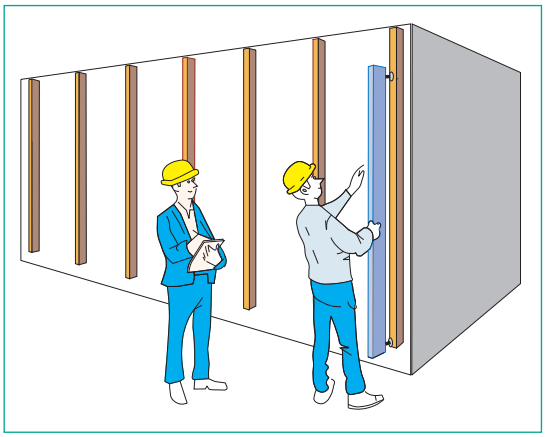


Fig. 65 *Contrôle de l'aplomb à l'aide du clinomètre.*

façon que la planéité, en plaçant la règle équipée de taquets sur l'arête à contrôler.

10.2.4 HORS-ÉQUERRE

Un hors-équerre est une anomalie par rapport à un angle prescrit, tel qu'un retour de baie. L'écart angulaire est mesuré au moyen d'une équerre dont les côtés ont une longueur de 300 mm maximum. On vérifie la précision de l'équerre en la tournant de 180°.

L'écart angulaire se définit comme la différence entre un angle réel et l'angle de référence correspondant.

10.2.5 HORIZONTALITÉ

Les lignes d'assise (baies de portes et de fenêtres, etc.) situées dans le bardage doivent respecter les tolérances admises pour le bardage. Une ligne est considérée comme horizontale ou verticale si les tolérances en chacun de ses points correspondent aux valeurs spécifiées dans le tableau 18 (p. 69) en

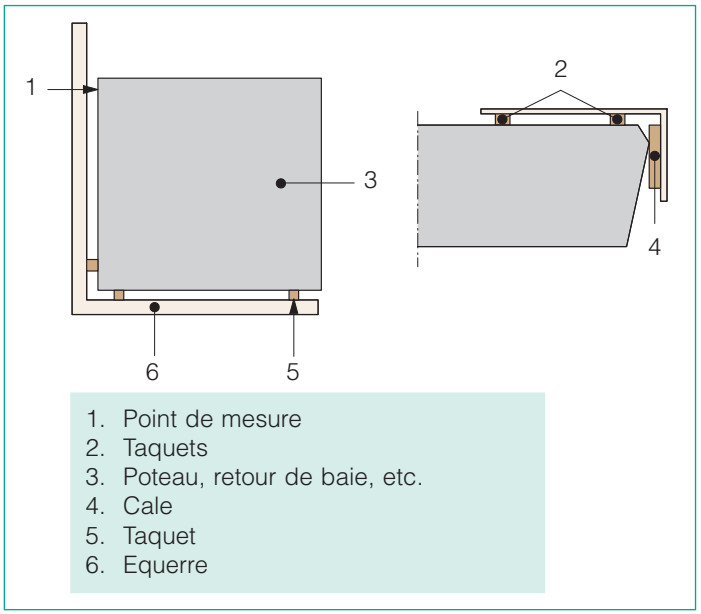


Fig. 66 *Contrôle d'un angle (à gauche) et d'un élément en biseau (à droite).*

ce qui concerne l'horizontalité (toutes les conditions doivent être respectées).

10.2.6 NUANCES DE TEINTE

Le bois est un matériau naturel qui, en fonction de son espèce et de sa provenance, est caractérisé par des variations plus ou moins importantes de couleur et de structure. Cette variabilité naturelle détermine la différence d'aspect tant entre les éléments du bardage qu'au sein même d'un élément. Pour plus d'informations à ce sujet, le lecteur consultera l'article paru en 2010 dans Les Dossiers du CSTC [D3].

Les panneaux à base de bois sont, eux aussi, sujets à des variations de teinte. En raison de la multitude de produits disponibles sur le marché, il est recommandé de vérifier sur la fiche technique les tolérances de teinte définies par le fabricant.

11 PATHOLOGIE DES BARDAGES EN BOIS

Le tableau 19 présente quelques exemples d'anomalies qui peuvent survenir dans un bardage extérieur en bois ainsi que les moyens de les prévenir (les références entre parenthèses renvoient au paragraphe traitant du sujet dans la présente NIT).

Tableau 19 *Anomalies susceptibles d'affecter un bardage en bois.*

Symptômes	Causes	Mesures de prévention	Photo indicative
Détachement des éléments de bardage	– Sollicitations extérieures (vent) – Déformation des éléments de bardage – Fixation insuffisante et/ou inadaptée	– Taux d'humidité du bois de 17 ± 2 % (§ 3.1.3, p. 18) – Fixation des éléments (§ 7.5.2, p. 54) – Joint de dilatation entre éléments – Ventilation à l'arrière du bardage (chapitre 5, p. 35)	
Corrosion des moyens de fixation	Composés du bois (tanins, acides, etc.)	Utilisation de fixations en acier inoxydable ou en métal non ferreux pour le bois à riche contenu cellulaire (§ 3.3.1, p. 22)	
Déformation des éléments de bardage	– Ventilation insuffisante – Déséquilibre des ambiances de part et d'autre du bardage	Mise en œuvre d'une lame d'air correctement ventilée (chapitre 5, p. 35)	
Tachages et décolorations	– Gradient d'humidité – Migration des composés du bois	– Conception des détails d'exécution : larmier, ventilation (chapitre 8, p. 59) – Éviter les zones soumises à des différences d'humidité – Finition du bois (§ 6.3, p. 43)	

(suite du tableau à la page suivante)

Tableau 19 Anomalies susceptibles d'affecter un bardage en bois (suite).

Symptômes	Causes	Mesures de prévention	Photo indicative
Infiltrations d'eau au niveau de la façade	Raccord inadéquat du pare-pluie	– Veiller à l'étanchéité à l'air et à l'eau (chapitre 5, p. 35) – Veiller aux détails d'exécution : rejet d'eau, etc. (chapitre 8, p. 59)	
Déformation excessive des éléments en bois	– Humidité initiale du bois inadaptée – Dimensions inadéquates des profilés (rapport largeur/épaisseur) – Jeu insuffisant – Mauvaise mise en œuvre	– Taux d'humidité du bois de 17 % (§ 3.1.3, p. 18) – Finition du bois (§ 6.3, p. 43) – Ventilation à l'arrière du bardage (chapitre 5, p. 35) – Dimensions des profilés adaptées à l'espèce : bois stable, peu stable, très stable (chapitre 2, p. 7) – Fixations efficaces (§ 7.5.2, p. 54)	
Arrachement des fixations – Déchaussement des éléments	– Fixation inadaptée des éléments de bardage (type et nombre de fixations) – Jeu insuffisant	– Utiliser un système de fixation adapté (§ 3.3, p. 22) – Choisir un mode de fixation adapté aux dimensions des éléments (§ 7.5.2, p. 54)	
Fissuration des éléments de bardage	– Fixation inadaptée des éléments de bardage – Humidité initiale du bois inadaptée – Qualité du bois inappropriée	– Suivre les recommandations en matière de fixation (§ 7.5.2, p. 54) – Taux d'humidité initial des éléments (§ 3.1.3, p. 18) – Choisir une qualité de bois appropriée (§ 3.1.2, p. 13)	

Ecaillage de la finition sur une menuiserie restée sans protection	Cohésion superficielle du bois déficiente : – photodégradation de la surface – mauvaise préparation du support – choix inadapté de la finition – taux d'humidité du bois inapproprié	Si une finition est prévue, il convient de l'appliquer rapidement après la mise en œuvre du bardage et de veiller à son entretien (§ 6.3, p. 43)	
Soulèvement des fibres du bois	– Fil irrégulier – Rabotage peu soigné	– Qualité du bois : choix d'éléments au fil régulier (§ 3.1.2, p. 13) – Rabotage soigné	
Dislocation des angles	Mauvaise protection du bois de bout au niveau du raccord entre deux façades	Mise en œuvre de profilés d'angle pour protéger le bois de bout (chapitre 8, p. 59)	
Cloquage du système de finition	Liquéfaction de la résine sous l'action de la chaleur	– Dégraisser les surfaces avant finition (§ 6.3.2, p. 45) – Opter pour une finition de teinte claire	

(suite du tableau à la page suivante)

Tableau 19 *Anomalies susceptibles d'affecter un bardage en bois (suite).*

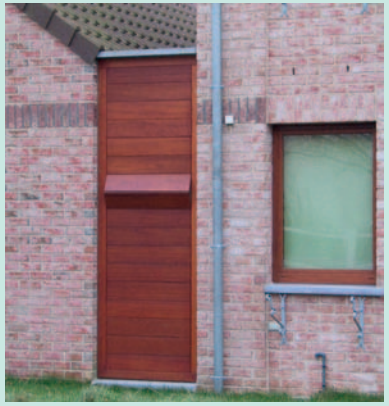
Symptômes	Causes	Mesures de prévention	Photo indicative
Apparition de taches noirâtres	Bleuissement du bois	– Application d'un traitement antibleuissement (§ 6.2, p. 39) – Entretien du système de finition (§ 6.3.3, p. 45)	
	Développement de moisissures sur les façades exposées aux intempéries	Choisir un système de finition contenant un agent antifongique (§ 6.3, p. 43)	
	Oxydation de particules métalliques	Utilisation de fixations en acier inoxydable ou en métal non ferreux pour le bois à riche contenu cellulaire (§ 3.3.1, p. 22)	

Dégradation prématurée du bardage	Choix inadapté de l'espèce de bois	Utilisation d'une espèce de bois dont les caractéristiques se prêtent à l'usage en bardage : durabilité, etc. (§ 3.1.1, p. 13)	
Dégradation du bardage en partie inférieure	Mauvaise mise en œuvre du bardage	Maintenir une distance minimale de 20 cm entre le bardage et le niveau du sol (§ 8.5, p. 64)	
Décoloration irrégulière du bardage	Exposition différenciée du bardage aux rayons UV	Conception du bardage (§ 6.3, p. 43)	

(suite du tableau à la page suivante)

Tableau 19 *Anomalies susceptibles d'affecter un bardage en bois (suite).*

Symptômes	Causes	Mesures de prévention	Photo indicative
Dégradation prématurée des panneaux	– Absence d'entretien de la finition – Exposition sévère aux intempéries	– Entretien régulier de la finition (§ 6.3.3, p. 45) – Choix d'un matériau adapté à la sévérité de l'environnement (§ 3.2, p. 18)	
	– Absence de finition – Panneaux multiplis non adaptés à un usage extérieur	– Application d'une finition (§ 6.3, p. 43) – Entretien régulier de la finition (§ 6.3.3, p. 45) – Panneaux adaptés à un usage extérieur (§ 3.2, p. 18)	
Déboîtement des éléments de bardage	– Taux d'humidité du bois trop élevé au moment de la pose – Profil des lames non adapté	– Taux d'humidité de 17 ± 2 % au moment de la pose (§ 3.1.3, p. 18) – Largeur de la languette = 10 % de la largeur de la lame (§ 2.1.1, p. 7)	

Déformation des éléments de bardage	– Taux d'humidité du bois trop bas au moment de la pose – Profil des lames non adapté	– Taux d'humidité de 17 ± 2 % au moment de la pose (§ 3.1.3, p. 18) – Jeu suffisant entre la rainure et la languette (§ 2.1.1, p. 7)	

ANNEXE

IMPERFECTIONS NATURELLES DU BOIS

Les définitions présentées ci-après sont essentiellement basées sur les normes de la série NBN EN 844 [B21 à B32].

	Terme français	Définition	Terme néerlandais
Nœuds	Picot Tête d'épingle	Nœud rond ou ovale (partiellement) adhérent, d'un diamètre de 5 mm maximum. Petit nœud.	Speldenkop
Nœuds	Patte de chat	Groupe de picots (ou de têtes d'épingle), principalement dans le bois de chêne.	Kattenpoot
Nœuds	Nœud adhérent, nœud vif ou nœud sain	Nœud dont la couche extérieure adhère au tissu du bois environnant sur au moins 3/4 de sa circonférence.	Vaste kwast
Nœuds	Nœud partiellement adhérent	Nœud dont la couche extérieure adhère au tissu du bois environnant sur plus de 1/4, mais moins de 3/4 de sa circonférence.	Gedeeltelijk vaste kwast
Nœuds	Nœud mort, nœud non adhérent Nœud bouchon Nœud noir	Nœud dont la couche extérieure sur la surface considérée adhère au tissu du bois environnant sur moins de 1/4 de la circonférence du nœud. Nœud entouré d'écorce ou de bois altéré qui se détache facilement. Nœud caractérisé par sa couleur sombre due à la présence de pourriture au niveau de la branche.	Dode kwast
Nœuds	Nœud sautant	Nœud mort non adhérent dans le tissu environnant.	Losse kwast
Nœuds	Nœud sain	Nœud sans aucune trace de pourriture.	Gezonde kwast
Nœuds	Nœud pourri	Nœud détérioré par la pourriture.	Rotte kwast
Nœuds	Nœud recouvert	Nœud qui n'est pas visible sur le côté du bois rond.	Bedekte kwast
Nœuds	Nœud à liseré noir	Nœud partiellement ou complètement recouvert par de l'écorce. Si moins d'un quart de la circonférence est entouré par l'écorce, on parle d'un nœud mort.	Zwartomrande kwast
Nœuds	Nœud tranchant	Nœud sur le chant d'une planche débitée de telle manière que le rapport entre le plus grand et le plus petit diamètre sur le parement soit supérieur à 4. Long nœud dans la face latérale, plus ou moins perpendiculaire à celle-ci. Un nœud tranchant flottant est appelé nœud plat.	Schietkwast
Fentes	Fente	Séparation des fibres de bois dans le sens longitudinal.	Scheur (barst)
Fentes	Gerçure (gerce)	Fente superficielle selon un plan radial, causée par le séchage du bois.	Windbarst(je)
Fentes	Fente de bout	Fente visible dans la surface d'about. Dans le bois débité, elle peut se prolonger sur toute la surface ou sur une face latérale.	Kopse scheur
Fentes	Fente traversante	Dans le bois scié, fente s'étendant d'une face (latérale) à une autre.	Doorgaande scheur
Fentes	Fente de face	Fente visible sur la surface et pouvant se prolonger vers les chants.	Scheur in het vlak
Fentes	Roulure	Fente dans le sens des cernes d'accroissement. Rupture dans la structure interne des cernes d'un arbre sur tronc. Elle peut être complète (circulaire) ou partielle (arc de cercle).	Ringscheur
Fentes	Coup de foudre	Fente transversale produite par la foudre.	Valbreuk

Terme français		Définition	Terme néerlandais
Autres caractéristiques	Flache	Partie de la surface du tronc qui reste visible sur le bois débité, avec ou sans écorce.	Wan
	Moelle	Zone à l'intérieur du premier cerne de l'arbre, se composant principalement de tissu souple.	Hart (merg)
	Entre-écorce	Ecorce complètement ou partiellement ancrée dans le tissu du bois.	Tussenschors, ingegroeide schors
	Poche de résine	Cavité lenticulaire du bois qui est (ou était) remplie de résine.	Harszak
	Bois de compression	Bois résineux de réaction formé sous les branches et les troncs obliques ou courbés.	Drukhout
	Bois de réaction	Bois qui présente des caractères anatomiques distinctifs. Il se forme typiquement sur les parties courbées des troncs et des branches.	Reactiehout
Décolorations	Décoloration	Changement de la couleur naturelle du bois sans perte de solidité. La décoloration peut être causée par une moisissure, par les conditions atmosphériques, par un contact avec des métaux, … Exemples : queue-de-vache dans le chêne, cœur rouge dans le hêtre.	Verkleuring
	Bleuissement	Décoloration provoquée par des moisissures, d'une teinte variant du bleu pâle au noir. Affecte généralement l'aubier de certaines espèces.	Verblauwing (blauw)
Autres termes	Collapse	Fente dans les parties ligneuses, causées par un séchage trop rapide du bois au-delà du point de saturation des fibres.	Collaps
	Trace de baguette	Décoloration de la surface du bois scié, causée par les baguettes insérées entre les lits de bois pendant leur stockage ou leur séchage.	Droogstreep
	Eclat	Arrachement de particules de fibre de bois par l'action d'un outil. Se produit souvent par la cassure des nœuds secs sur un chant latéral.	Inspringsel

BIBLIOGRAPHIE

A

Association belge pour la protection du bois (ABPB, Bruxelles)

A1 Homologation des produits de protection du bois. Règles d'application nationales (1999).

Association française des constructeurs bois (www.afcobois.fr)

A2 Guide des revêtements extérieurs 2007/2008. Paris, AFCOBOIS, 2008.

B

Belgian Wood Forum (www.woodforum.be)

B1 Bardages en bois : espèces et pose. Fiche technique, n° 2, décembre 2004.

B2 Espèces de bois pour usages extérieurs (décembre 2008).

B3 Prétraitement du bois. Fiche technique, n° 14, décembre 2004.

Bureau de normalisation (www.nbn.be)

B4 NBN B 62-002:2008 Performances thermiques de bâtiments. Calcul des coefficients de transmission thermique (valeurs U) des composants et éléments de bâtiments. Calcul des coefficients de transfert de chaleur par transmission (valeur H_T) et par ventilation (valeur H_v).

B5 NBN EN 314-1:2005 Contreplaqué. Qualité du collage. Partie 1: méthodes d'essai.

B6 NBN EN 314-2:1994 Contreplaqué. Qualité du collage. Partie 2 : exigences.

B7 NBN EN 335-1:2006 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Définition des classes d'emploi. Partie 1 : généralités.

B8 NBN EN 335-3:1996 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 3 : application aux panneaux à base de bois.

B9 NBN EN 350-1:1994 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois.

B10 NBN EN 350-2:1994 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Durabilité naturelle du bois massif. Partie 2 : guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe.

B11 NBN EN 438-1:2005 Stratifiés décoratifs haute pression (HPL). Plaques à base de résines thermodurcissables (communément appelées stratifiés). Partie 1 : introduction et informations générales.

B12 NBN EN 438-2:2005 Stratifiés décoratifs haute pression (HPL). Plaques à base de résines thermodurcissables (communément appelées stratifiés). Partie 2 : détermination des caractéristiques.

B13 NBN EN 438-7:2005 Stratifiés décoratifs haute pression (HPL). Plaques à base de résines thermodurcissables (communément appelées stratifiés). Partie 7 : panneaux stratifiés compacts et composites HPL pour finitions des murs et plafonds intérieurs et extérieurs.

B14 NBN EN 460:1994 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Durabilité naturelle du bois massif. Guide d'exigences de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque.

B15 NBN EN 599-1:2009 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Efficacité des produits préventifs de préservation du bois établie par des essais biologiques. Partie 1 : spécification par classe d'emploi.

B16 NBN EN 635-1:1995 Contreplaqué. Classification selon l'aspect des faces. Partie 1 : généralités.

B17 NBN EN 635-2:1995 Contreplaqué. Classification selon l'aspect des faces. Partie 2 : bois feuillus.

B18 NBN EN 635-3:1995 Contreplaqué. Classification selon l'aspect des faces. Partie 3 : bois résineux.

B19 NBN EN 635-5:1999 Contreplaqué. Classification selon l'aspect des faces. Partie 5 : méthodes de mesure et d'expression des caractéristiques et des défauts.

B20 NBN EN 636:2003 Contreplaqué. Exigences.
B21 NBN EN 844-1:1995 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 1 : termes généraux communs aux bois ronds et aux bois sciés.
B22 NBN EN 844-2:1997 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 2 : termes généraux relatifs aux bois ronds.
B23 NBN EN 844-3:1995 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 3 : termes généraux relatifs aux bois sciés.
B24 NBN EN 844-4:1997 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 4 : termes relatifs à la teneur en humidité.
B25 NBN EN 844-5:1997 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 5 : termes relatifs aux dimensions des bois ronds.
B26 NBN EN 844-6:1997 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 6 : termes relatifs aux dimensions des bois sciés.
B27 NBN EN 844-7:1997 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 7 : termes relatifs à la structure anatomique du bois.
B28 NBN EN 844-8:1997 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 8 : termes relatifs aux singularités des bois ronds.
B29 NBN EN 844-9:1997 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 9 : termes relatifs aux singularités des bois sciés.
B30 NBN EN 844-10:1998 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 10 : termes relatifs à la discoloration et aux attaques des champignons.
B31 NBN EN 844-11:1998 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 11 : termes relatifs aux dégradations dues aux insectes.
B32 NBN EN 844-12:2001 Bois ronds et bois sciés. Terminologie. Partie 12 : termes supplémentaires et index général.
B33 NBN EN 1931:2000 Feuilles souples d'étanchéité. Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses, plastiques et élastomères. Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau (+AC:2001).
B34 NBN EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1. Actions sur les structures. Partie 1-4 Actions générales. Actions du vent (+ AC:2010).
B35 NBN EN 1991-1-4 ANB:2010 Eurocode 1. Actions sur les structures. Partie 1-4 Actions générales. Actions du vent. Annexe nationale.
B36 NBN EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3. Calcul des structures en acier. Partie 1-1 Règles générales et règles pour les bâtiments (+ AC:2006, + AC:2009).
B37 NBN EN 1995-1-1:2005 Eurocode 5. Conception et calcul des structures en bois. Partie 1-1 Généralités. Règles communes et règles pour les bâtiments (+ AC:2006).
B38 NBN EN 1999-1-1:2007 Eurocode 9. Calcul des structures en aluminium. Partie 1-1 Règles générales.
B39 NBN EN 13183-1:2002 Teneur en humidité d'une pièce de bois scié. Partie 1 : détermination par la méthode par dessiccation (+AC:2003).
B40 NBN EN 13183-2:2002 Teneur en humidité d'une pièce de bois scié. Partie 2 : estimation par méthode électrique par résistance (+AC:2003).
B41 NBN EN 13183-3:2005 Teneur en humidité d'une pièce de bois scié. Partie 3 : estimation par méthode capacitive.
B42 NBN EN 13501-1+A1:2010 Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu.
B43 NBN EN 13501-2+A1:2010 Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 2 : classement à partir des données d'essais de résistance au feu à l'exclusion des produits utilisés dans les systèmes de ventilation.
B44 NBN EN 13556:2003 Bois ronds et bois sciés. Nomenclature des bois utilisés en Europe.
B45 NBN EN 13986:2004 Panneaux à base de bois destinés à la construction. Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage.
B46 NBN EN 14519:2006 Lambris et bardages en bois massif résineux. Profilés usinés avec rainure et languette.
B47 NBN EN 14915:2006 Lambris et bardages en bois. Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage (+ AC:2007).
B48 NBN EN 14951:2006 Lambris et bardages en bois massif feuillu. Lames profilées usinées.
B49 NBN EN 15146:2007 Lambris et bardages en bois massif résineux. Profilés usinés sans rainure et languette.

B50 NBN EN ISO 12572:2001 Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment. Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau (ISO 12572:2001).
B51 NBN EN ISO 13788:2001 Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments. Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse. Méthodes de calcul (ISO 13788/2001).
B52 NBN ISO 7976-1:1992 Tolérances pour le bâtiment. Méthodes de mesure des bâtiments et des produits pour le bâtiment. Partie 1 : méthodes et instruments.
B53 NBN S 01-400-1:2008 Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation.
B54 NBN S 21-203:1980 Protection contre l'incendie dans les bâtiments. Réaction au feu des matériaux. Bâtiments élevés et bâtiments moyens.

C

Caluwaerts F. et Charron S.
C1 Exsudations des bardages en cèdre. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC, Cahier 8, n° 3, 2010.
C2 Exsudations des bardages en cèdre. Bruxelles, CSTC, Infofiche, N° 44, septembre 2010.

Centre scientifique et technique de la construction (www.cstc.be)
C3 NIT 159 Code de bonne pratique des travaux de peinturage (bâtiment et génie civil). Subjectiles, systèmes et travaux de peinture (juin 1985, en révision).
C4 NIT 188 La pose des menuiseries extérieures (juin 1993).
C5 NIT 218 Revêtements de sol en bois : planchers, parquets et revêtements de sol à placage (décembre 2000).

Centre technique du bois et de l'ameublement (www.fcba.fr)
C6 Les panneaux à base de bois. Guide des applications dans le bâtiment (CTBA, 2003).

Charron S.
C7 Singularités du bois et répercussions sur les systèmes de finition. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC, Cahier 11, décembre 2006.

Charron S., Dekens G. et Martin Y.
C8 Les panneaux de bois et leurs applications. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC, Cahier 8, septembre 2009.

Comité européen de normalisation (www.cenorm.be)
C9 CEN/TS 1099:2007 Contreplaqué. Durabilité biologique. Guide d'utilisation dans les différentes classes d'emploi.
C10 CEN/TS 15534-1:2007 Composites bois-plastiques (WPC). Partie 1 : méthodes d'essai pour la caractérisation des matériaux WPC et des produits en WPC.
C11 CEN/TS 15534-2:2007 Composites bois-plastiques (WPC). Partie 2 : caractérisation des matériaux WPC.
C12 CEN/TS 15534-3:2007 Composites bois-plastiques (WPC). Partie 3 : caractérisation des produits en WPC.
C13 prEN 15912 Durability of reaction to fire performances. Classes of fire retardant treated wood-based product in interior and exterior end use applications (draft, 2009).

Commission européenne (www.ec.europa.eu)
C14 Décision 2006/213/CE du 6 mars 2006 établissant la classification des caractéristiques de réaction au feu de certains produits de construction pour ce qui concerne les sols en bois et les lambris et revêtements muraux extérieurs en bois massif (Journal officiel de l'Union européenne, L 79/27, 16 mars 2006; texte disponible sur le site Internet de l'Antenne Normes 'Prévention du feu' du CSTC : www.normes.be/feu).

Conseil de l'Union européenne (www.consilium.europa.eu)
C15 Directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides (Journal officiel des Communautés européennes du 24 avril 1998).

D

Danish Institute of Fire and Security Technology (www.dbi-net.dk)

D1 Rapport d'essai 'Provningsrapport 2002-11-13 nr. PF 11326' et rapport de classification 'Klassifikationsrapport nr. PC 10005 Reaktion pa brand Staerk Ceder Prima (15-11-2002)'. Hvidovre (Danemark), DBI, Laboratoire DANAK.

Decaesstecker C.

D2 La corrosion des métaux par le bois. Bruxelles, Le Courrier du Bois, n° 133, juin 2001.

Dekens G. et Charron S.

D3 Réception des menuiseries en bois : variations de teinte et décoloration. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC, Cahier 9, n° 3, 2010.

Dupont E.

D4 Application des Eurocodes à la conception des menuiseries extérieures. Bruxelles, CSTC-Rapport, n° 11, 2009.

G

Gouvernement wallon (www.gouvernement.wallonie.be)

G1 Document de référence pour les pertes par transmission. Annexe VII de l'arrêté du Gouvernement wallon du 17 avril 2008 déterminant la méthode de calcul et les exigences, les agréments et les sanctions applicables en matière de performance. Bruxelles, Moniteur belge du 30 juillet 2008.

H

Hognon B.

H1 Traitements ignifuges pour revêtements en bois massifs employés à l'extérieur et durabilité : analyse détaillée de quelques exemples. Paris, Cahiers du CSTB, n° 441, Cahier 3468, août 2003.

I

Ingelaere B. et Van Damme M.

I1 La nouvelle norme NBN S 01-400-1. Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation. Bruxelles, CSTC, hors série, 2007.

M

Martin Y.

M1 Comportement au feu des bardages en bois. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC, Cahier 8, n° 4, 2010.

N

Nordisk Innovations Centre (www.nordicinnovation.org)

N1 Durability of reaction to fire. Classes of fire-retardant treated wood-based products in interior and exterior end use applications. Nordtest Fire 054, juin 2006.

O

Östman B. et Tsantaridis L.

O1 Innovative eco-efficient high fire performance wood products for demanding applications. Borås (Suède), Swedish National Testing and Research Institute (www.sp.se), SP Wood Technology, 2006.

Östman B., Voss A., Hughes A., Hovde P.J. et Grexa O.

O2 Durability of fire retardant treated wood products at humid and exterior conditions. Review of literature, Fire and Materials, vol. 25, n° 3, 2001.

P

Paradis T.

P1 Pose du bardage bois, mode d'emploi. Groupe Bois News Media, Bois mag, n° 37, avril 2004.

S

Service public fédéral Economie (www.economie.fgov.be)

S1 STS 04 Bois et panneaux à base de bois (Spécifications techniques unifiées, 1990).

Service public fédéral Intérieur (www.ibz.be)

S2 Arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 26 avril 1995), modifié par les arrêtés royaux du 19 décembre 1997, du 4 avril 2003, du 13 juin 2007 et du 1er mars 2009.

S3 Arrêté royal du 19 décembre 1997 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 30 décembre 1997).

S4 Arrêté royal du 4 avril 2003 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 5 mai 2003).

S5 Arrêté royal du 13 juin 2007 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 18 juillet 1997).

S6 Arrêté royal du 18 septembre 2008 déterminant la procédure et les conditions suivant lesquelles les dérogations aux normes de prévention de base sont accordées (Moniteur belge du 16 octobre 2008).

S7 Arrêté royal du 1er mars 2009 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 15 juillet 2009).

S8 Projet d'arrêté royal modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994. Approuvé par le Conseil supérieur de la prévention contre l'incendie et l'explosion, et notifié à la Commission européenne de juin à septembre 2008 (disponible sur le site Internet de l'Antenne Normes 'Prévention du feu' du CSTC : www.normes.be/feu).

SP Technical Research Institute of Sweden (www.sp.se)

S9 Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe. Borås (Suède), SP-Info 68, 2010.

V

Vitse P., Vandevelde P. et Jacquemyn T.

V1 Méthodes d'essai et classification européennes de la réaction au feu des produits de construction. 1ère partie : le point de la situation. Bruxelles, CSTC-Magazine, n° 2, 2003.

Vlaamse overheid (www.vlaanderen.be)

V2 Transmissiereferentiedocument. Bijlage 3 bij het ministerieel besluit van 1 december 2010 houdende aanpassing van de regelgeving inzake het energiebeleid. Bruxelles, Moniteur belge du 8 décembre 2010.

Editeur responsable : Jan Venstermans
CSTC, rue du Lombard 42
1000 BRUXELLES

Imprimerie : Claes Printing SA

B R U X E L L E S

Siège social
Rue du Lombard 42
B-1000 Bruxelles

e-mail : info@bbri.be

Direction générale
☎ 02/502 66 90
🗀 02/502 81 80

Z A V E N T E M

Bureaux
Lozenberg n° 7
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
(Zaventem)
☎ 02/716 42 11
🗀 02/725 32 12

Avis techniques - Interface et Consultance
Communication
Gestion - Qualité - Techniques de l'information
Développement & Valorisation
Agréments techniques - Normalisation

Publications
☎ 02/529 81 00
🗀 02/529 81 10

L I M E L E T T E

Station expérimentale
Avenue Pierre Holoffe 21
B-1342 Limelette
☎ 02/655 77 11
🗀 02/653 07 29

Recherche & Innovation
Laboratoires
Formation
Documentation
Bibliothèque

HEUSDEN-ZOLDER

Centre de démonstration et d'information
Marktplein 7 bus 1
B-3550 Heusden-Zolder
☎ 011/22 50 65
🗀 02/725 32 12

Centre de compétence TIC pour les professionnels de la construction (ViBo)