



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**BARDAGES EN PANNEAUX
SANDWICH À DEUX
PAREMENTS EN ACIER
ET À ÂME POLYURÉTHANE**

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE

DÉCEMBRE 2014

NEUF-RENOVATION

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

Sommaire

1 - Objet des Recommandations Professionnelles ... 7

- 1.1. • Contenu 7
- 1.2. • Domaine d'application 8

2 - Références normatives et réglementaires 12

- 2.1. • Références normatives 12
- 2.2. • Textes réglementaires 16
- 2.3. • Autres ouvrages de références 17

3 - Terminologie, définitions 18

- 3.1. • Ossature porteuse 18
- 3.2. • Panneau sandwich à deux parements acier 18
- 3.3. • Joint intégré dans les panneaux sandwich 19
- 3.4. • Plaquette de répartition pour les panneaux à fixations cachées 20
- 3.5. • Garniture d'étanchéité 20
- 3.6. • Complément d'isolation 20
- 3.7. • Assemblage 21
- 3.8. • Fixation 21
- 3.9. • Façonnés de finition 21

4 - Conception de l'ouvrage 23

- 4.1. • Dispositions générales 23
- 4.2. • Performances requises pour l'ouvrage 24
- 4.3. • Actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage de bardage 26
- 4.4. • Dimensionnement des ouvrages en panneaux sandwich de bardage 30
- 4.5. • Portées limites utiles en fonction des actions 33
- 4.6. • Dispositions particulières 33
- 4.7. • Sécurité incendie 35
- 4.8. • Sécurité en cas de séisme 36
- 4.9. • Isolation thermique 37
- 4.10. • Performances environnementales 38
- 4.11. • Performances acoustiques 39
- 4.12. • Étanchéité à l'air 39
- 4.13. • Étanchéité à l'eau 39
- 4.14. • Durabilité 39
- 4.15. • Protection du bas de bardage 40

5 - Matériaux – Panneaux sandwich 41

- 5.1. • Identification 41
- 5.2. • Matériaux du panneau sandwich 43
- 5.3. • Épaisseur et géométrie des panneaux 47
- 5.4. • Choix des revêtements 48
- 5.5. • Fabrication, contrôles des panneaux 50
- 5.6. • Matériaux pour l'étanchéité à l'air, à l'eau et compléments d'isolation thermique 51

5.7. • Fixations et leurs accessoires.....	51
5.8. • Matériaux pour ouvrages annexes – Façonnés de finition.....	55
5.9. • Plaques translucides en matériaux thermoplastiques.....	56
6 - Mise en œuvre	57
6.1. • Consistance des travaux – Limites des prestations.....	57
6.2. • Préparation – Mise à exécution des travaux et coordination avec les autres entreprises.....	58
6.3. • Préparation – Organisation du chantier	59
6.4. • Épreuves d'étanchéité à l'air	60
6.5. • Conditions nécessaires à la préparation et à l'exécution des travaux	60
6.6. • Approvisionnement et stockage	69
6.7. • Mise en œuvre des panneaux sandwich	72
6.8. • Points singuliers.....	81
6.9. • Réception des travaux	82
6.10. • Bonnes pratiques environnementales.....	83
6.11. • Prescriptions dans le cas de réalisation de bardage en panneaux sandwich sur existant.....	83
7 - Entretien – maintenance – exploitation	85
7.1. • Entretien extérieur	85
7.2. • Entretien intérieur.....	86
7.3. • Retouches de peinture.....	87
8 - Autocontrôles	88
9 - Annexes.....	89
Annexe A – Conditions d'usage et d'entretien.....	90
Annexe B – Définition des ambiances intérieures et atmosphères extérieures	91
Annexe C – Justification sismique des panneaux de bardages	95
Annexe D – Détermination forfaitaire des actions du vent sur les bardages en panneaux sandwich selon la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale et corrigendum.....	112
Annexe E – Détermination forfaitaire des actions thermiques dans le cadre d'un dimensionnement par calcul selon l'annexe E de la norme NF EN 14509	117
Annexe F – Réglementation thermique – performances thermiques de solutions techniques traditionnelles.....	128
Annexe G – Traitement des points singuliers – ponts thermiques de liaison et étanchéité à l'air.....	133
Annexe H – Détails d'exécution des points singuliers	152
Annexe I – Capacité résistante des assemblages	166
Annexe J – Exemples de fiches techniques / tableaux de charges de panneaux sandwich de bardage	174
Annexe K – Accessoires de fixation	183
Annexe L – Mémento pour la rédaction du dossier de consultation et l'établissement du marché	188
Annexe M – Essai de fatigue sur panneaux sandwich à fixations cachées (voir cahier 3731 du CSTB).....	190
Annexe N – Hauteurs limites de bâtiment en fonction de l'étanchéité à l'eau	194
Annexe O – Conditions de réception applicables aux fournitures de panneaux sandwich de BARDAGE à âme polyuréthane (PUR/PIR), à 2 parements en acier et à fixations traversantes	195

Objet des Recommandations Professionnelles

1



1.1. • Contenu

Le présent document a pour objet de définir les prescriptions minimales de conception et de mise en œuvre des parois de bardage en panneaux sandwich, traditionnels, à deux parements en acier et à âme polyuréthane (PUR/PIR) assemblées aux parements en acier par collage auto-adhésif au sens du tableau 3 de la NF EN 14509.

Les présentes Recommandations Professionnelles visent les panneaux sandwich à fixations traversantes et à fixations cachées. Dans ce dernier cas, les fixations sont placées dans l'emboîtement et la tête de ces fixations maintient le parement extérieur avec une plaquette rectangulaire spécifique.

Les justifications mécaniques des panneaux et leurs assemblages sont aux états limites en association avec le dimensionnement selon trois méthodes :

- la norme NF EN 14509 et complément national français ;
- le complément national français XP P34-900/CN à la NF EN 14509 ;
- une méthode alternative forfaitaire (cf. Cahiers 3731 et 3732 du CSTB).

Ces trois méthodes sont complétées par l'[Annexe I] du présent document pour le dimensionnement des assemblages.

Un dimensionnement selon les contraintes admissibles est permis dans le cadre d'un marché privé. Cette exigence doit être indiquée dans les pièces du marché.



1.2. • Domaine d'application

Les Recommandations Professionnelles s'appliquent aux ouvrages de bardage réalisés en France métropolitaine à base de panneaux sandwich, pour des locaux à température positive dont l'hygrométrie intérieure est faible à forte et/ou la pression de vapeur est comprise entre 5 et 15 mmHg.

La pose de panneaux sandwich neufs peut se faire sur une structure neuve ou existante.

Dans le cas de pose sur une structure existante, le diagnostic de cette structure permettant de vérifier la compatibilité de celle-ci avec la nouvelle enveloppe ne relève pas du présent document.

Les panneaux sandwich sont fixés sur une ossature située à l'intérieur des bâtiments uniquement.

Les bâtiments visés sont de types industriels, commerciaux, tertiaires, bureaux, ERP, sportifs, agricoles, entrepôts, de hauteur maximum 50 m. Dans le cas de la pose horizontale, afin d'assurer le drainage et l'évacuation corrects des eaux de pluie, la hauteur des bâtiments est limitée à 40 m.

Dans le cadre de ce document, seuls sont visés les panneaux sandwich de bardage non porteurs.

Dans certains types de bâtiments, l'emploi de panneaux sandwich à âme polyuréthane en bardage est sujet, soit à dérogation via des fiches d'emploi validées par la DGSCGC, soit à la mise en place de dispositions technologiques complémentaires (Ecran thermique conforme au guide des isolants – article AM 8).

Les types de bâtiments visés sont explicités dans les fiches de domaine d'emploi validée par le CECMI et la CCS jusqu'en décembre 2013. La mise à jour ou la création de fiche s'effectue depuis cette date via des rapports d'études établis par des laboratoires agréés en réaction et résistance au feu en respectant l'article AM 8 précité. A défaut de fiche, seuls les bâtiments relevant du Code du Travail dont le dernier plancher haut est à plus de 8 m du sol et les bâtiments relevant des installations classées sont visés.

Note 1

DGSCGC : Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises.

CCS : Commission Centrale de Sécurité.

CECMI : Comité d'Étude et de Classification des Matériaux et éléments par rapport au risque d'Incendie.

Note 2

A la date de publication du présent document, le CECMI et la CCS ont été supprimés.



Les présentes Recommandations Professionnelles visent les ouvrages de bardage réalisés à partir de panneaux sandwich :

- à 2 parements en acier S250 GD minimum d'épaisseur nominale minimale 0,5 mm en extérieur et 0,4 mm en intérieur ;
- avec une âme isolante en PUR ou PIR, dont les performances auront été établies conformément à la NF EN 14509 et dont le gaz d'expansion est le n-pentane, le HFC 245fa ou le HFC 365/245;
- avec obligatoirement un système d'étanchéité intégré (un ou plusieurs joints) dans l'emboîtement lors de sa fabrication.

Note 3

La mousse isolante rigide considérée dans ce document est en PUR ou PIR.

PUR : Polyuréthane

PIR : Polyisocyanurate

Les panneaux sandwich sont conformes à la norme NF EN 14509.

Le domaine d'emploi du revêtement zinc-aluminium-magnésium des parements de panneaux sandwich doit correspondre aux conditions d'atmosphère extérieure de l'ouvrage.

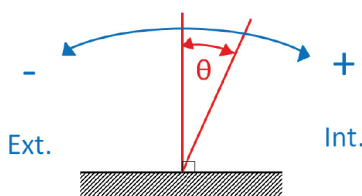
Note 4

En l'attente de normalisation, une Enquête Technique Préalable Matériaux (ETPM) permet de définir le domaine d'emploi de ce revêtement de zinc-aluminium-magnésium.

ETPM : Enquête Technique Préalable Matériaux validée par le groupe n°2 de la CCFAT.

Les dispositions géométriques concernant l'inclinaison des façades d'une part et leurs orientations dans le plan d'autre part sont données ci-après :

- les façades dont l'inclinaison θ vers l'extérieur du bâtiment par rapport à la verticale est entre 0° et -30° .



▲ Figure 1 : Convention d'angle pour les inclinaisons de façade

Note 5

Au-delà de $+30^\circ$ par rapport à la verticale, l'ouvrage est une couverture (cf. NFP 34-205-1 réf DTU 40.35)

- les différentes facettes des façades réalisées sans dispositions complémentaires à l'aide de panneaux plans posés à la verticale ne doivent pas avoir un angle de désalignement supérieur à 3°.



▲ Figure 2 : Désalignement maximal entre deux panneaux verticaux successifs

Le présent document vise la mise en œuvre des panneaux sandwich dont l'âme isolante présente les caractéristiques minimales définies dans le Tableau 1.

Caractéristiques	Valeurs minimales d'autocontrôles
Résistance en traction f_{ct}	$\geq 0,050$ MPa
Résistance au cisaillement f_{cv}	$\geq 0,040$ MPa
Module d'élasticité en cisaillement (âme) G_c	$\geq 2,000$ MPa
Résistance en compression (âme) f_{cc}	$\geq 0,070$ MPa
Valeur moyenne des Modules de compression et de traction de la mousse E_c	$\geq 1,5$ MPa
Module d'élasticité du parement E_f	210 000 MPa

▲ Tableau 1 : Caractéristiques minimales de l'isolant polyuréthane (PUR et PIR) et des parements acier

Les référentiels de vent et de gradient thermique le cas échéant, doivent être définis dans les Documents Particuliers du Marché (DPM). Il s'agira :

- soit des NV 65 modifiées 2009 corrigées par 1,20 aux ELU et par 1,00 aux ELS ;
- soit des Eurocodes (NF EN 1991-1-4 et annexe nationale et corrigendum).

Note 6

Le coefficient 1,2 ci-dessus est issu du coefficient de passage établi dans le BAEL 91 article D. 1.2.21 en phase transitoire durant la période de transition vent NV/vent Eurocode. Le coefficient vaut 1,00 aux ELS car la correction du vent caractéristique a été reportée sur le critère de flèche notamment.

En aucun cas les deux familles de référentiels ne doivent être mélangées.

Si aucune indication ne figure dans les DPM, les Eurocodes s'appliquent. Dans le cas contraire les NV 65 modifiées 2009 corrigées et les Neige 84 modifiées 2009 s'appliquent.

L'utilisation de panneaux sandwich de bardage en zones sismiques concernées par la Réglementation impose la réalisation d'essais préalables et leur interprétation par un organisme compétent en la matière (cf. 4.8).

Ne sont pas visés par les présentes Recommandations Professionnelles :

- La pose oblique des panneaux sandwich.
- Les dispositifs de sécurité individuels ou collectifs.
- La stabilisation générale d'un bâtiment par les panneaux sandwich (classe I).
- La stabilisation des ossatures secondaires par les panneaux sandwich (classe II).
- Les mousses expansées au CO₂.
- Les écrans apportant une protection thermique (cf. Réglementation incendie en vigueur).
- La suspension d'éléments aux parements des panneaux.
- Les sur-bardages et l'accrochage de peaux décoratives.
- Les locaux à très forte hygrométrie.

Références normatives et réglementaires

2



2.1. • Références normatives

Les références suivantes sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

- GA A36-335 : Guide d'application des normes P34-310 et NF EN 10346.
- GA A36-351 : Guide d'application des normes NF EN 10169-2 et XP P 34-301.
- GA A36-355 : Guide d'application des normes NF EN 10169-3 et XP P34-301.
- NF A50-411 : Aluminium et alliages d'aluminium – Produits filés et filés étirés d'usage général – Caractéristiques.
- NF DTU 43.3 P1-1 et P1-2 et P2 – indice de classement P84-206-1-1 : Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtements d'étanchéité.
- NF DTU 44.1 P1-1 et P1-2 et P2 – indice de classement P85-210 : Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics.
- E25-033 : Éléments de fixation – Nuances d'aciers inoxydables pour la fabrication des produits.
- NF EN 10084 – indice de classement A35-551 : Aciers pour cimentation – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10088-2 – indice de classement A35-572-2 : Aciers inoxydables – Partie 2 : conditions techniques de livraison des tôles et bandes pour usage général.

- NF EN 10142 : Bandes et tôles en acier doux galvanisées à chaud et en continu (remplace la norme NF A36-321).
- NF EN 10143 – indice de classement A46-323 : Tôles et bandes en acier revêtues d'un métal en continu par immersion à chaud – Tolérances sur les dimensions et la forme.
- NF EN 10169 – indice de classement A36-350 : Produits plats en acier revêtus en continu de matière organique prélaquée – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10263-3 Barres, fil machine et fils en acier pour transformation à froid et extrusion à froid – Partie 3 : conditions techniques de livraison des aciers de cémentation.
- NF EN 10263-5 – indice de classement A35-564-5 : Barres, fil machine et fils en acier pour transformation à froid et extrusion à froid – Partie 5 : conditions techniques de livraison des aciers inoxydables.
- NF EN 10346 – indice de classement A36-240 : Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 13162 – indice de classement P75-403 : Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécifications.
- NF EN 13165 – indice de classement P75-406 : Produits manufacturés en mousse de polyuréthane (PUR) – Spécifications.
- NF EN 1363-1 – indice de classement P92-101-1 : Essai de résistance au feu – Partie 1 : exigences générales.
- NF EN 1364-1 – indice de classement P92-110-1 : Essai de résistance au feu des éléments non porteurs – Partie 1 : mur.
- NF EN 13823 – indice de classement P92-527 : Essai de réaction au feu des produits de construction – Produits de construction à l'exclusion des revêtements de sol exposés à une sollicitation thermique provoquée par un objet isolé en feu.
- NF EN 14509 – indice de classement P 34 900 : Panneaux sandwich autoportants, isolants, double peau à parements métalliques – Produits manufacturés – Spécifications.
- NF EN 15804 – indice de classement P01-064 : Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Déclarations environnementales sur les produits – Règles régissant les catégories de produits de construction.
- DTU P06-002 Règles NV 65 : Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes.
- NF EN 1990 – indice de classement P06-100-1 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures.





- NF EN 1990/A1 – indice de classement P06-100-1/A1 : Eurocode – Bases de calcul des structures – Amendement A1.
- NF EN 1990/A1/NA – indice de classement P06-100-1/A1/NA : Eurocode – Bases de calcul des structures – Annexe nationale à la NF EN 1990/A1.
- NF EN 1990/NA – indice de classement P06-100-2 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures – Annexe nationale à la NF EN 1990.
- NF EN 1991-1-4 – indice de classement P06-114-1 : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent.
- NF EN 1991-1-4/A1 – indice de classement P06-114-1/A1 : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent.
- NF EN 1991-1-4/NA – indice de classement P06-114-1/NA : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4.
- NF EN 1991-1-4/NA/A1 – indice de classement P06-114-1/NA/A1 : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4.
- NF EN 1991-1-4/NA/A2 – indice de classement P06-114-1/NA/A2 : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4.
- NF EN 1991-1-5 – indice de classement P06-115-1 : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-5 : actions générales – Actions thermiques.
- NF EN 1998-1 – indice de classement P06-030 : Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : règles générales – Actions sismiques et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1998-1 /NA – indice de classement P06-030/NA : Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments – Annexe nationale à la NF EN 1998-1 – Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.
- NF EN ISO 1182 – indice de classement P92-520 : Essai de réaction au feu des produits de construction – Essai d'incombustibilité.
- NF EN ISO 11925-2 – indice de classement P92-522 : Essai de réaction au feu – Allumabilité des produits de bâtiment soumis à l'incidence directe de la flamme.
- NF EN ISO 13788 – indice de classement P50-766 : Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments – Température de surface permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse – Méthodes de calcul.

- NF EN ISO 1716 – indice de classement P92-521 : Essai de réaction au feu des produits de construction – Détermination de la chaleur de combustion.
- NF EN ISO 3231 – indice de classement T30-055 : Peintures et vernis – Détermination de la résistance aux atmosphères humides contenant du dioxyde de soufre.
- NF EN ISO 3506-1 – indice de classement E25-100-6 : Caractéristiques mécaniques des éléments de fixations inoxydables à la corrosion – Partie 1 : vis goujons.
- NF P01-010 : Qualité environnementale des produits de construction – Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction.
- NF P08-301 : – indice de classement P08-301 : Ouvrages verticaux des constructions – Essais de résistance aux chocs – Corps de chocs – Principe et modalités générales des essais de choc.
- P08-302 : indice de classement P08-302 Murs extérieurs des bâtiments Sécurité aux chocs – Méthode d'essai et critères.
- NF P30-310 : Travaux de couverture et de bardage – Détermination de la résistance caractéristique à l'assemblage – Méthode d'essai d'arrachement des fixations au sommet d'onde ou de nervures de leur support.
- NF P30-314 : Travaux de couverture et de bardage – Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage – Méthode d'essai d'arrachement de l'assemblage des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium au support.
- NF P34-205-1 : DTU 40.35 – Travaux de bâtiment couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues.
- NF P34-503 : Plaques profilées en tôles d'acier revêtues ou non et panneaux – Essais de flexion sous charges linéaires et/ou sous charges concentrées.
- P34-310 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées à chaud en continu destinées au bâtiment – Classification et essais.
- XP P34-301 : Tôles et bandes en aciers prélaquées ou revêtues d'un film organique contrecollé ou colaminé destinées au bâtiment – Conditions techniques de livraison.
- XP P34-900/CN : Complément national à la norme NF EN 14509.
- BAEL Règles BAEL 91 révisées 99 DTU P 18-702 Fascicule 62, titre 1^{er} du CCTG – Travaux section 1 : béton armé.
- NF P 30-305 Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture métallique – Spécifications – Essais.





- NF EN 10263-3 Indice de classement A35-564-3 Barres, fil machine et fil en acier pour transformation à froid et extrusion à froid. Partie 3 : Conditions techniques de livraison des aciers pour cémentation.
- NF EN 10263-5 Indice de classement A35-564-5 Barres, fil machine et fils en acier pour transformation à froid et extrusion à froid – Partie 5 : conditions techniques de livraison des aciers inoxydables.

2.2. • Textes réglementaires

Les textes ci-dessous sont ceux en vigueur au moment de la rédaction des présentes recommandations. Ils sont par nature évolutifs, et il convient évidemment de se reporter aux textes en vigueur pour chaque projet individuel.

- Arrêté du 21 Novembre 2002 publié au JORF du 31 décembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.
- Arrêté du 6 octobre 2004 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public.
- Arrêté du 24 septembre 2009 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public.
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par le décret du 26 octobre 2010.
- Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.

- Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.
- Décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Règlement (UE) N°305/2011 du parlement Européen et du conseil du 9 mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du Conseil.
- Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment » à risque normal », DGALN/DHUP, juillet 2013.
- Décret n°2013-1264 du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale de certains produits de construction destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment.
- Arrêté du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale des produits de construction et de décoration destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment.
- Règlement n° 2037/2000 du 29/06/00 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

2.3. • Autres ouvrages de références

- Cahier 3731 du CSTB, mars 2013 « Les méthodes de dimensionnement aux états limites des ouvrages de bardage et de couverture en panneaux sandwich faisant l'objet d'un Document Technique d'Application ».
- Cahier 3732 du CSTB, mars 2013 « Actions climatiques à prendre en compte pour le dimensionnement aux états limites des ouvrages de bardage et de couverture en panneaux sandwich faisant l'objet d'un Document Technique ».
- Cahier 3501 du CSTB, mars 2004 « Panneaux sandwich isolants à parements métalliques – conditions générales de conception et de fabrication ».

3

Terminologie, définitions



Par convention, le terme « bardeur » est utilisé pour définir l'entreprise de pose des bardages en panneaux sandwich.

3.1. • Ossature porteuse

Éléments structurels sur lesquels sont fixés les panneaux sandwich. Ces éléments peuvent être en acier, en béton avec inserts acier ou en bois et doivent être dimensionnés conformément aux Eurocodes et leurs annexes nationales et corrigendum.

L'ossature porteuse est constituée d'une structure principale (portiques, poteaux) et d'une éventuelle structure secondaire (lisses).

Pour les structures en bois, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne "Bâtiments courants" et de la ligne "Éléments structuraux" du tableau 7.2 de la clause 7.2(2) de la NF EN 1995-1-1/NA.

Le contreventement du gros œuvre doit être prévu sans la participation du bardage (Non prise en compte du maintien local des lisses par les panneaux sandwich ; pas d'effet diaphragme).

Par ailleurs, la flèche absolue des ossatures porteuses ne doit pas excéder 2 cm.

3.2. • Panneau sandwich à deux parements acier

Produit de construction destiné à réaliser une paroi (enveloppe non structurelle) comportant deux parements acier et une âme isolante en polyuréthane (PUR/PIR) conforme à la norme NF EN 14509.

Conformément au Règlement Produit de Construction en vigueur, les panneaux sandwich de bardage font l'objet d'un marquage CE et d'une déclaration de performance.

Le panneau sandwich est capable de supporter son poids propre en raison des matériaux qui le constituent et de sa forme, et de transmettre aux appuis toutes les charges appliquées, par exemple le poids propre, le vent, et le cas échéant le gradient thermique.

Note 1

Les panneaux sandwich à parements acier revêtus de zinc-aluminium-magnésium ne sont pas visés par la NF EN 14509. Il sont toutefois visés par ces recommandations sous réserve d'avoir réalisé sur le panneau sandwich les essais prévus à la NF EN 14509 et que le revêtement zinc-aluminium-magnésium fasse l'objet d'une ETPM en l'absence de normalisation sur ce type de revêtement.

Note 2

Enveloppe non structurale : le panneau sandwich et ses fixations ne contribuent pas au maintien local des lisses et/ou au contreventement du bâtiment.

3.3. • Joint intégré dans les panneaux sandwich

Dans le cadre du présent document, ne sont visés que les panneaux sandwich comportant au moins :

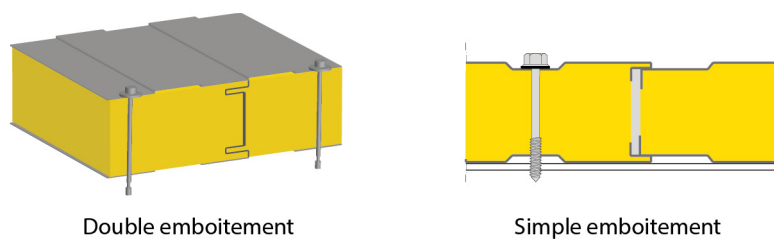
- un joint côté intérieur comprimé par les parements en pose horizontale ;
- un joint sur tout l'emboîtement ou un joint côté intérieur et un joint côté extérieur, comprimé par les parements en pose verticale.

Le principe d'assemblage des panneaux sandwich visés dans le présent document est le tenon mortaise comme indiqué aux Figure 3a et Figure 3b.

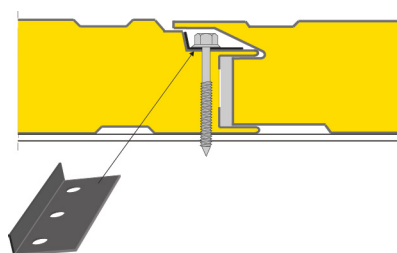
Un panneau sandwich sans joint intégré en usine dans l'emboîtement relève de la procédure de DTA.

On distingue deux familles de panneaux sandwich en fonction de leur mode d'assemblage :

- les panneaux sandwich à fixations traversantes apparentes (Figure 3a) ;
- les panneaux sandwich à fixations cachées (Figure 3b).



▲ Figure 3a : Exemple de panneaux sandwich à fixations traversantes apparentes à simple ou double emboîtement



▲ Figure 3b : Exemple de panneaux sandwich à fixations cachées

3.4. • Plaquette de répartition pour les panneaux à fixations cachées

Pièce métallique pré-percée positionnée sur la languette d'emboîtement d'un panneau sandwich à fixations cachées, servant à la répartition des charges (Figure 3b) et (Figure 7).

La plaquette doit présenter une limite d'élasticité minimum de S250 GD, posséder un revêtement métallique mini Z275 ou être en acier inoxydable A2 et être adaptée à l'atmosphère extérieure du site.

3.5. • Garniture d'étanchéité

Joint permettant d'assurer l'étanchéité.

3.6. • Complément d'isolation

Isolation rapportée sur chantier en vue d'assurer la continuité de l'isolation réalisée par les panneaux sandwich de bardage.

Ces compléments sont disposés dans les angles de façade, au droit des joints de dilatation, aux jonctions façade/couverture, etc.

3.7. • Assemblage

Dispositif permettant le maintien du panneau sandwich dans une direction donnée.

3.8. • Fixation

Élément d'un assemblage (vis auto-taraudeuse, vis auto-perceuse, tire-fond).

3.9. • Façonnés de finition

3.9.1. • Bavette ou larmier

Pièce métallique horizontale, interrompant le ruissellement des eaux de pluie, le long des façades et formant rejet d'eau.

3.9.2. • Façonné d'angle extérieur ou intérieur

Pièce métallique habillant l'angle extérieur ou intérieur d'une façade et assurant la continuité de la protection apportée par le parement du panneau sandwich.

3.9.3. • Appui de baie

Pièce métallique horizontale d'habillage assurant l'étanchéité et le raccordement entre la partie inférieure du châssis et le parement extérieur du panneau sandwich en allège.

3.9.4. • Costière

Pièce métallique formant l'habillage interne (côté couverture) et assurant l'étanchéité entre le couronnement d'acrotère ou un contre bardage et le dispositif d'étanchéité d'évacuation et de recueillement des eaux.

3.9.5. • Contre bardage

Bardage, côté extérieur, d'un acrotère de grande hauteur, assurant le raccord d'étanchéité entre le bandeau de couronnement et la costière.

3.9.6. • Jambage

Pièce métallique verticale assurant la continuité de l'habillage du panneau sandwich de bardage au droit d'un châssis d'une baie ou d'une porte.

3.9.7. • Linteau

Pièce métallique horizontale assurant l'étanchéité en partie supérieure d'ouverture.

3.9.8. • Rive de pignon

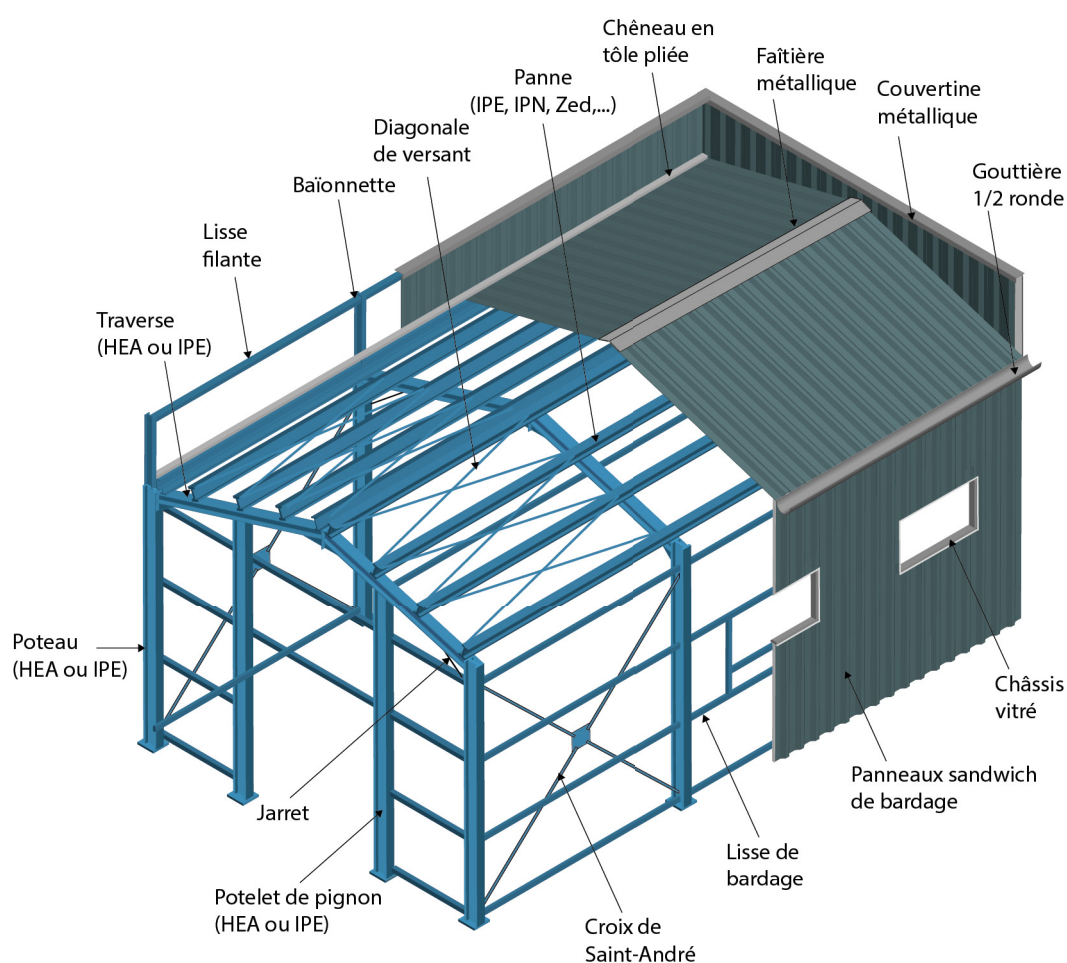
Pièce métallique assurant la continuité de la protection entre la rive d'une couverture et le panneau sandwich de bardage.

3.9.9. • Raccord d'about

Pièce métallique assurant la fermeture et l'étanchéité entre un mur et une façade métallique qui lui est perpendiculaire. Un complément d'étanchéité, mastic ou bande préformée est nécessaire pour compléter cette étanchéité (cf. NF DTU 44.1).

3.9.10. • Joint de dilatation

Dispositif permettant d'assurer les libres mouvements de la façade au droit d'un joint de dilatation d'une structure (Figure 5).



▲ Figure 4 : Terminologie de la structure et de l'enveloppe du bâtiment



4

Conception de l'ouvrage



4.1. • Dispositions générales

Sauf précisions spécifiques du marché, le « bardeur » détermine le type et l'épaisseur du panneau sandwich de bardage, les modes et densité de fixations, à partir des exigences thermiques liées à l'application de la réglementation thermique en vigueur, des actions définies au (4.3) et des tableaux de charges définis au (4.5) et [Annexe J] du présent document. Les modes et densité de fixations sont déterminés à partir des actions définies au (4.3) et des capacités résistantes définies aux [Annexe I] et [Annexe K]. En zone sismique, le bardeur s'assure que le bardage satisfait le critère de non chute (cf. Actions au (4.3) et capacités résistantes des systèmes en [Annexe C]).

Les documents particuliers du marché (DPM) fixent le référentiel pour les actions à utiliser pour l'ouvrage. Le référentiel est soit l'Eurocode NF EN 1991, ainsi que les annexes nationales des différentes parties associées, soit les NV 65 modifiées 2009 pour le vent.

Dans les zones sismiques, c'est l'ensemble du corpus Eurocodes qui doit être utilisé.

Le maître d'œuvre doit transmettre les plans architecturaux des bardages des ouvrages et doit préciser les charges de vent à prendre en compte et les gradients thermiques éventuels.

Les plans d'exécution côtés des ossatures secondaires (lisses) et/ou des ossatures principales (portiques) supportant les panneaux sandwich de bardage sont communiqués aux différents intervenants.



4.2. • Performances requises pour l'ouvrage

4.2.1. • Liste des performances requises

Les performances requises pour l'ouvrage de bardage réalisé en panneaux sandwich sont :

- la stabilité mécanique (cf. 4.4) en fonction des actions à considérer (cf. 4.3) ;
- une déformabilité limitée (cf. (4.4), NF EN 14509, son complément national et Cahier 3731 du CSTB) ;
- la sécurité en cas d'incendie (cf. 4.7) ;
- la sécurité en cas de séisme (cf. 4.8) ;
- l'isolation thermique (cf. (4.9), [Annexe F] et [Annexe G] du présent document) ;
- les performances environnementales (cf. 4.10) ;
- les performances acoustiques (cf. 4.11) ;
- l'étanchéité à l'air (cf. (4.12), [Annexe G] et [Annexe H] du présent document) ;
- l'étanchéité à l'eau (cf. (4.13), [Annexe G] et [Annexe H] du présent document) ;
- la durabilité suffisante (cf. (4.14), [Annexe A] et [Annexe B] du présent document) ;
- les règles de sécurité et de prévention liées à la mise en œuvre ou à l'entretien des bardages (cf. 6.3.2).

4.2.2. • Hypothèses minimales à préciser dans les DPM

Pour atteindre ces performances, les Documents Particuliers du Marché [Annexe L] précisent notamment les hypothèses suivantes :

- Le type, l'usage et l'exploitation du bâtiment :
 - la destination : notamment les bâtiments industriels, commerciaux, sportifs, bureaux, ERP et agricoles, avec leurs propres réglementations en vigueur telles que l'incendie ;
 - les plages de températures à l'intérieur des locaux (< ou > 12°C selon la réglementation thermique en vigueur) ;
 - les hygrométries intérieures (faible, moyenne, forte), (W/n) ;
 - les pressions de vapeurs à l'intérieur des locaux (entre 5 et 15 mmHg) ;
 - les conditions et procédés d'entretien et d'exploitation ;
 - l'ambiance intérieure (saine ou agressive).

- La localisation de la construction :
 - les conditions particulières liées à l'atmosphère extérieure (Exemple : voisinage d'une usine dégageant des vapeurs corrosives, front de mer,...) ;
 - les conditions particulières liées aux ambiances intérieures (Exemple : process dégageant des vapeurs agressives [Annexe B]) ;
 - l'orographie (dans le cas de l'utilisation de l'Eurocode vent) ;
 - le site (dans le cas de l'utilisation des NV 65 modifiées 2009) ;
 - la classe de sol sismique (Eurocode 8) ;
 - l'altitude du site (vent) ;
 - la période de retour (dans le cas de l'utilisation de l'Eurocode vent ; 50 ans au moins par défaut) ;
- La géométrie de l'ouvrage :
 - les dimensions (largeur, longueur, hauteur) ;
 - l'inclinaison de la façade ;
 - l'implantation et les dimensions des ouvertures ;
 - le nombre d'étages ;
- Les éléments permettant d'établir les actions :
 - les actions du vent en pression et dépression et le c_{pi} si les valeurs sont différentes de +0,2 et -0,3 pour les bâtiments fermés et $\pm 0,6$ pour les bâtiments ouverts par façade, ou l'ensemble des données permettant de les établir (la destination du bâtiment, l'altitude, la région, la catégorie de terrain, les coefficients d'orographie et de rugosité, le site d'implantation, et s'il y a lieu, les conditions d'aggravation ou de diminution des efforts de vent conformément à la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale et amendements et corrigendum) [Annexe D] ;
 - la classe de sol, la zone de sismicité, la catégorie d'importance du bâtiment et l'exigence d'intégrité pour la catégorie d'importance IV [Annexe C] ;
 - les intensités des gradients thermiques éventuels et la couleur des façades, lorsqu'ils doivent être considérés [Annexe E].
- Le mode constructif des structures :
 - la nature de l'ossature porteuse du panneau sandwich (béton, acier, bois). Pour les structures en bois, selon l'Eurocode 5, les dispositions relatives aux bâtiments courants sont à considérer ;
 - la distance entre appuis (poteaux ou lisses) et leurs dimensions (largeur et épaisseur d'appui) ;
 - les éléments complémentaires d'ossature fournis éventuellement par le poseur (chevêtre, lisse de contre bardage) ;

- la position et l'écartement des joints de dilatation ou de fractionnement sismique ;
- les tolérances d'exécution.
- Les exigences propres à la façade :
 - les exigences thermiques, hygrométriques et acoustiques particulières aux façades ;
 - la mise à la terre des façades ;
 - les conditions éventuelles de démontage des panneaux sandwich ;
 - l'entretien des façades [Annexe A].

Dans le cas où les Documents Particuliers du Marché (DPM) ne précisent pas la totalité de ces informations, le « bardeur » établit les hypothèses nécessaires pour l'établissement de son offre.

Note

Il est recommandé au « bardeur » de faire valider ces hypothèses par le maître d'ouvrage ou son représentant avant la signature du marché.

4.3. • Actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage de bardage

4.3.1. • Actions permanentes

Compte tenu du dimensionnement vis-à-vis des actions climatiques, le poids propre du panneau sandwich de bardage et des façonnés est repris par les fixations. Aucun élément autre que les façonnés ne doit être fixé uniquement sur le panneau sandwich (enseignes publicitaires, chemin de câbles, éclairants, etc.).

Dans le cas d'une pose où la façade est inclinée (Figure 1), la vérification du panneau sandwich et de ses assemblages devront intégrer le poids propre.

4.3.2. • Actions climatiques

4.3.2.1. • Vent

Pour les bâtiments privés, les charges de vent sont déterminées, soit selon les NV 65 modifiées 2009, soit conformément au corpus des Eurocodes (NF EN 1991-1-4, son corrigendum, son annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA et amendements), en fonction de ce qu'indiquent les DPM.



Pour les bâtiments publics, elles sont déterminées suivant la norme NF EN 1991-1-4, son corrigendum, son annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA et leurs amendements. L'[Annexe D] du présent document permet de déterminer les charges de vent pour certains types de construction.

a) Dans le cas de l'utilisation des règles NV 65 modifiées 2009

Les panneaux sandwich de bardage étant dimensionnés aux états limites dans le présent document, le passage du vent normal et extrême au vent caractéristique associé à des combinaisons aux ELU et ELS s'effectue forfaitairement de la manière suivante :

$$W_k = 1,2 \times q_p \times (c_i - c_e)$$

où q_p est la charge de vent normal unitaire des NV65 modifiées 2009 corrigées de la hauteur du bâtiment, du site et du coefficient de dimension.

Dans les vérifications aux ELS le coefficient 1,2 est remplacé par 1,0. En effet, ce coefficient 1,2 est pris en compte dans la valeur de la flèche limite à considérer aux Eurocodes.

Note 1

Le coefficient 1,2 ci-dessus est issu du coefficient de passage établi dans le BAEL 91 article D. 1.2.21 en phase transitoire durant la période de transition vent NV/vent Eurocode. Le coefficient vaut 1 aux ELS car la correction du vent caractéristique a été reportée sur le critère de flèche notamment.

Note 2

Les NV 65 modifiées 2009 sont amenées à être supprimées à terme pour être remplacées par la NF EN 1991-1-4.

A la date de rédaction du document, les deux codes coexistent pendant une phase transitoire.

Dans le cas d'un dimensionnement aux contraintes admissibles, le vent normal (sans pondération) était utilisé pour la vérification des flèches et de la résistance du panneau sandwich et le vent extrême (vent normal x 1.75) était utilisé pour dimensionner à la résistance les assemblages en considérant un coefficient global de sécurité de 2 par rapport à la ruine pour les panneaux sandwich à âme polyuréthane et à deux parements acier.

Note 3

Panneau situé en arête de façade :

Les actions locales à prendre en compte à partir de l'arête des dièdres formés par deux façades consécutives sur une profondeur égale au $1/10^e$ de la plus petite dimension horizontale b (confère NV 65 – article 2.132-1). Le coefficient à adopter pour déterminer la succion dans cette zone est le double du coefficient moyen c_e applicable aux faces parallèles au vent ($c = 2xc_e$).



b) Dans le cas de l'utilisation de l'Eurocode vent

Il convient de considérer une période de retour de 50 ans minimum.
La charge de vent vaut dans ce cas $W_k = W_{50}$.

Les DPM doivent définir :

- la catégorie de rugosité de terrain ;
- si le bâtiment doit être considéré « ouvert ou fermé » (cf. 4.2).

Note 4

Panneau situé en arête de façade :

– Lorsque le panneau est en pose verticale :

S'il se trouve entièrement dans une zone A (zone A au sens de la NF EN 1991-1-4, figure 7.5), le panneau et ses fixations sont à justifier en considérant une zone A.

– Lorsque le panneau est en pose horizontale :

a) En pose sur 2 appuis avec une portée L

– si la zone A ne concerne qu'une distance inférieure ou égale à la portée du panneau ($L/2$), le panneau est dimensionné selon la zone courante et les fixations selon la zone A ;

– si la zone A concerne une distance supérieure à la portée du panneau ($L/2$), le panneau et les fixations sont dimensionnés selon la zone A.

b) En pose sur 3 appuis avec une portée L

– si la zone A ne concerne qu'une distance inférieure ou égale à la portée du panneau (L), le panneau est dimensionné selon la zone courante et les fixations selon la zone A ;

– si la zone A concerne une distance supérieure à la portée du panneau (L), le panneau et les fixations sont dimensionnés selon la zone A.

Quel que soit le mode de pose, il est également possible de dimensionner les panneaux avec les distributions réelles de vent (variable le long de la portée) avec un calcul RDM en conséquence des sollicitations.

c) Règles simplifiées de calcul selon l'Eurocode vent

Il est possible d'utiliser, en alternative d'un calcul exact selon l'Eurocode vent, les valeurs forfaitaires de pression et dépression de vent pour certains types de bâtiments (cf. [Annexe D] du présent document).

4.3.2.2. • Gradient thermique

a) Généralités

L'effet du gradient thermique est à prendre en compte lorsque le dimensionnement est fait par calcul selon l'annexe E de la NF EN 14509 ou si les Documents Particuliers du Marché (DPM) demandent à le prendre en compte. Dans ce cas, les DPM définissent les températures : températures intérieures et extérieures en hiver et en été.

Note

Pour le dimensionnement des panneaux sandwich et des assemblages à l'arrachement, les températures de surface seront considérées pour établir les gradients thermiques.

L'effet du gradient thermique sur la flexion des fixations n'est pas à considérer.

A défaut d'indications dans les DPM, et lorsqu'il doit être considéré (voir ci-dessus), le gradient thermique est établi par différence entre la température de surface extérieure et la température de surface intérieure.

Des indications sur les températures de surface extérieures sont données dans la NF EN 14509 et dans l'[Annexe E] du présent document.

Des indications sur les températures de surface intérieures sont données dans les règles Th-bat et dans l'[Annexe E] du présent document.

b) Dimensionnement dans le cas du complément national

Lorsqu'un dimensionnement est effectué à partir d'essais selon le complément national (XP P34-900/CN), le gradient thermique est implicitement pris en compte (cf. [Annexe E] du présent document).

c) Dimensionnement dans le cas de la méthode alternative par essai

Le cahier 3731 du CSTB précise les modalités d'application de cette méthode vis-à-vis du gradient thermique (cf. [Annexe E] du présent document).

d) Dimensionnement dans le cas de la norme NF EN 14509 et son annexe E

Pour les calculs selon la NF EN 14509, le gradient thermique doit être pris en compte.

4.3.3. • Actions accidentelles

4.3.3.1. • Séisme

Les DPM doivent définir : la zone sismique, la classe de sol et la catégorie d'importance du bâtiment.

Pour les bâtiments à risque normal de catégorie d'importance IV, les critères d'intégrité doivent être précisés. A défaut de prescriptions particulières dans les DPM, seule la non chute d'éléments est considérée.

Le guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti concernant les justifications parasismiques pour le bâtiment à « risque normal » (Guide ENS) s'applique.

Les PS92 étaient applicables jusqu'au 31 décembre 2013. Aujourd'hui, seul l'Eurocode 8 et son annexe nationale s'appliquent (NF EN 1998-1 et NF EN 1998-1/NA).





Lorsque la hauteur h de bardage est inférieure à h_{lim} et sa masse m est inférieure à m_{lim} conformément aux dispositions du tableau 1.3 du guide ENS (Tableau ci-après), ce bardage peut ne pas faire l'objet d'une analyse parasismique au sens de la NF EN 1998-1. Le critère de non chute est alors satisfait d'office si les dispositions technologiques des présentes recommandations sont satisfaites.

Familles d'éléments non structuraux du cadre bâti	Domaine d'application par famille notamment : – hauteur de référence (h_{lim}) – masse de référence (m_{lim})
Éléments de façade	Fixation à la structure par liaison mécanique seule : – $h_{lim} = 3,5$ m – $m_{lim} = 25$ kg/m ²

Dans le cas où l'analyse parasismique au sens de la NF EN 1998-1 est à mener, les démarches de justifications sont données en annexes 1 et 2 du guide ENS.

L'[Annexe C] du présent document définit les essais pouvant être utilisés pour justifier les bardages vis-à-vis de l'action sismique.

Lorsque des essais sont effectués pour satisfaire l'exigence sismique, ces essais et le rapport doivent être supervisés par une tierce partie compétente et indépendante.

Le domaine d'emploi des panneaux et de leur assemblage en zone sismique est établi selon le Tableau 2 du présent document.

4.3.3.2. • Chocs

La sécurité en cas de chocs sur la paroi verticale est normalement assurée pour les panneaux sandwich à fixations traversantes fixés à raison d'au minimum 2 fixations par appui par largeur de panneau sandwich.

Pour les autres panneaux sandwich, elle est à vérifier conformément aux normes NF P08-301 et P08-302.

4.4. • Dimensionnement des ouvrages en panneaux sandwich de bardage

4.4.1. • Cas général

Les performances mécaniques des panneaux sandwich et de leurs assemblages sont déterminées selon l'une des 3 méthodes suivantes :

- la norme NF EN 14509 et son complément national français ;
- le complément national français XP P34-900/CN à la NF EN 14509 ;
- une méthode alternative forfaitaire (cf. Cahiers 3731 et 3732 du CSTB).

Ces trois méthodes sont complétées par l'[Annexe I] du présent document pour le dimensionnement des assemblages.

Un dimensionnement selon les contraintes admissibles est permis dans le cadre d'un marché privé. Cette exigence doit être indiquée dans les pièces du marché.

L'objectif est de justifier la tenue mécanique des bardages sous les différentes actions définies au paragraphe (4.3).

Les déplacements maximum sont déterminés en fonction des actions du vent, des actions sismiques et du gradient thermique le cas échéant (cf. [Annexe E] du présent document et annexe E de la norme NF EN 14509).

Quelle que soit la méthode ci-dessus utilisée, les essais doivent être supervisés par un organisme ou un laboratoire accrédité.

Les rapports d'essais doivent être validés par un organisme indépendant spécialisé en panneaux sandwich.

L'organisme en question doit :

- connaître la norme NF EN 14509 et son complément national ;
- connaître les recommandations ECCS panneaux sandwich ;
- connaître le corpus Eurocodes (0 et 1 notamment) ;
- disposer d'une expertise reconnue dans la supervision d'essais grandeur selon la norme NF EN 14509 et selon la NFP 34 503 ;
- être conforme à l'ISO 17025 et annexes.

4.4.2. • Dimensionnement par défaut des bardages en panneaux sandwich

A défaut d'informations certaines, les performances des panneaux sandwich à considérer pour justifier les ouvrages sont données dans le tableau suivant.



Les caractéristiques de performances sont certaines dans le cas de produits bénéficiant de suivi de constance de la qualité de fabrication par tierce partie ou d'un contrôle des performances sur le lieu de livraison à réception; ce sont ces valeurs garanties qu'il faut retenir pour le dimensionnement. Dans ce cas le tableau ci-dessous est sans objet.



Caractéristique	Symbole	Performance à considérer pour les justifications de l'ouvrage de bardage	Commentaire
Limité d'élasticité de chaque parement	f_y	140 MPa	Selon NF EN 1993-1-3
Résistance en traction de la mousse polyuréthane : PUR/PIR	f_{ct}	0,018 MPa	Selon NF EN 14509, art. 5.2.1.6
Conductivité thermique	λ	0,032 W/(m.K)	Selon valeur forfaitaire des Règles Th-Bât
Coefficient linéique du pont thermique au niveau de l'emboîtement entre panneaux	ψ	0,35 W/(m.K)	cf. Annexe F du présent document
Performance en réaction au feu	Euroclasse selon EN 13501-1	F	En l'absence de rapport de classement en cours de validité prenant en compte l'essai d'allumabilité sur la tranche nue du panneau qui est obligatoire

Dans le cas de ces performances par défaut, l'ensemble des dispositions ci-après s'appliquent :

- les panneaux de l'ouvrage sont justifiés selon la norme NF EN 14509 et son complément national français sur la base des performances mécaniques données dans le tableau ci-dessus (en travée et sur appuis aux ELS et aux ELU sous charges en pression et dépression en prenant en compte notamment la nervuration des parements ainsi que la concomitance des différentes actions (poids propre, vent, gradient thermique quelle que soit la classe de couleur). Par ailleurs la contrainte de plissement est établie à partir de la formule (A.20) de la NF EN 14509 en considérant les valeurs minimum données au [Tableau 1].
- le coefficient de transmission thermique U_p est établi en prenant en compte la conductivité thermique (λ) et le coefficient linéique du pont thermique au niveau de l'emboîtement entre panneaux (ψ) définis dans le tableau ci-dessus ;
- les panneaux sont posés obligatoirement sur 3 appuis ou plus (sécurité par comportement hyperstatique). La portée entre deux appuis successifs ne peut excéder 1,50 m ;
- toutes les nervures sont fixées sur tous les appuis avec des vis en acier de diamètre 6.3 mm, des cavaliers conformes NF P 34-205-1 (DTU 40.35) et des rondelles d'étanchéité de diamètre 19 mm ;

Toutes les autres prescriptions des présentes Recommandations Professionnelles s'appliquent

4.5. • Portées limites utiles en fonction des actions

Les portées limites des panneaux sandwich sont établies à partir des méthodes de dimensionnement indiquées au paragraphe (4.4).

Des exemples de fiches techniques sont donnés en [Annexe J] du présent document pour chaque méthode. Les fiches techniques permettent également de déterminer la portée utile des panneaux.

La portée (écartement entre axes des appuis) est fonction des actions en pressions et dépressions caractéristiques appliquées aux panneaux sandwich et de la capacité résistante des assemblages (cf. [Annexe I]).

Le gradient thermique, en cas d'utilisation de l'annexe E de la NF EN 14509 doit être pris en compte.

Note

Dans le cas d'un dimensionnement par calcul, le tableau E.10.1 de la norme NF EN 14509 donne la valeur des sollicitations agissantes et les flèches des panneaux sandwich de bardage à parements faiblement nervurés.

Les combinaisons d'actions à considérer figurent en annexe E de la norme NF EN 14509, E.5.3 aux ELU et E.5.5 aux ELS.

Cette méthode de dimensionnement n'est pas applicable aux panneaux fortement nervurés sur 3 appuis ou plus.

La méthode alternative par essai (forfaitaire) ne prend pas en compte les gradients thermiques.

4.6. • Dispositions particulières

4.6.1. • Porte-à-faux maximum

Le porte-à-faux maximum longitudinal des panneaux sandwich dépend de leur épaisseur « e », des actions appliquées, des portées « L » entre lisses et des fixations.

A défaut de calculs ou d'essais justificatifs, il doit être inférieur à la plus petite des valeurs suivantes :

- 10 fois l'épaisseur « e » ;
- le tiers de la portée adjacente au porte-à-faux ;
- 1,20 m.

Aucun porte-à-faux transversal n'est admis.



4.6.2. • Précaution d'emploi des panneaux sandwich

Aucun élément d'équipement ou de sur-bardage autre que les façonnés de finition ne doit être accroché aux panneaux sandwich.

4.6.3. • Chevêtres et éléments complémentaires d'ossature

Des éléments complémentaires d'ossature sont nécessaires pour l'appui et le cas échéant la fixation des panneaux sandwich (discontinuité de l'ossature principale, coupes biaisées,...).

Un élément complémentaire d'ossature est nécessaire lorsque la réalisation d'une pénétration nécessite la découpe d'un panneau sandwich pour une section supérieure à 400x400 mm (pour un panneau de largeur utile ≥ 1 m). Dans les autres cas, la section doit être limitée à 40% de la largeur utile du panneau.

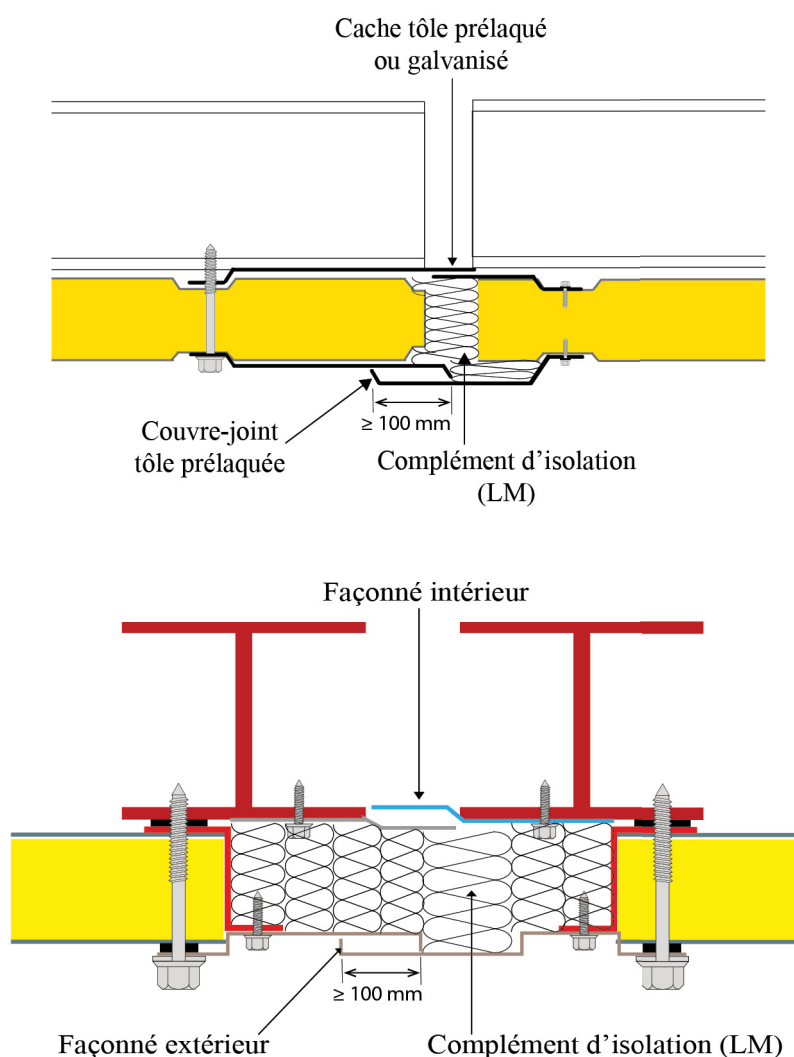
4.6.4. • Joints de dilatation

Les éléments de bardage doivent être mis en œuvre d'une manière compatible avec les systèmes prévus pour assurer librement la dilatation des ossatures (joints de dilatation).

Des exemples de réalisation de joint de dilatation sont donnés en (Figure 5) pour des hauteurs de bâtiment limitées à 15 m. Les pièces métalliques se recouvrent de 100 mm minimum.

Au-delà de cette hauteur de 15 m, les DPM définissent la conception de tels ouvrages.

Les panneaux sandwich de bardage doivent en outre respecter les joints de dilatation du gros œuvre.



▲ Figure 5 : Exemples de réalisation de joint de dilatation pour des hauteurs limitées à 15 m

4.7. • Sécurité incendie

4.7.1. • Utilisation des panneaux sandwich de bardage en ERP

A la date de publication du présent document, l'article AM 8 de la réglementation incendie dans les ERP permet d'utiliser les panneaux sandwich de bardage à âme polyuréthane (PUR et PIR) sans écran thermique, sous réserve que leur domaine d'application ait été validé par la DGSCGC.

Cette validation est établie via des fiches de domaine d'emploi selon le guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP, établies par un couple de laboratoires feu agréés en réaction et résistance au feu par le Ministère de l'Intérieur et entérinée par le CECMI et la CCS.

La fiche de domaine d'emploi sera intégrée à la documentation commerciale et/ou à la fiche technique (cf. [Annexe J] du présent document).



Depuis décembre 2013, date de suppression du CECMI et de la CCS, la mise à jour ou la création de nouvelles fiches de domaines d'emplois s'effectue via des rapports d'études établis par des laboratoires agréés en réaction et résistance au feu en respectant l'article AM 8 précité.

4.7.2. • Code du travail

Dans le cas de plancher haut inférieur à 8 m, aucune exigence en termes de réaction et de résistance au feu n'est demandée pour l'enveloppe.

4.7.3. • Utilisation des panneaux sandwich de bardage dans les entrepôts (ICPE)

Il convient de se référer aux arrêtés et rubriques propres à chaque usage (exemple : 1510 soumis aux régimes d'autorisation, enregistrement, déclaration,...).

Des rapports de classement au feu doivent être apportés pour justifier l'utilisation des panneaux dans ces entrepôts compte tenu des exigences formulées.

4.8. • Sécurité en cas de séisme

A la date de publication du présent document, la réglementation sismique s'applique.

Les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments à risque normal sont celles des normes NF EN 1998-1, dites « règles Eurocode 8 » accompagnées de la NF EN 1998-1/NA, s'y rapportant.

Note

Les règles PS92 étaient applicables pour les permis de construire déposés avant le 31 décembre 2013.

Les panneaux sandwich de bardage sont considérés au sens du paragraphe 4.4.3.2 de l'Eurocode 8 Partie 1 comme des éléments non structuraux ductiles.

Après séisme, la réfection de la paroi pourra être rendue nécessaire. Cette potentialité de réfection doit être prise en compte par le maître d'ouvrage.

Les systèmes de bardage peuvent être mis en œuvre conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010 suivant le Tableau 2 ci-dessous.

Zones de sismicité	Catégories d'importance			
	I	II	III	IV
1	(*)	(*)	(*)	(*)
2	(*)	(*)	(**)	(**) (***)
3	(*)	(**)	(**)	(**) (***)
4	(*)	(**)	(**)	(**) (***)
(*) Selon l'arrêté du 22 octobre 2010. Aucune justification particulière à fournir. (**) Sur la base des résultats d'essais réalisés selon l'Annexe C (justification des panneaux sandwichs en zone sismique), le laboratoire précisera le domaine d'emploi et les dispositions constructives à respecter via un rapport d'étude. Le document (domaine de validation par un laboratoire agréé) sera présenté sur demande. (***) à défaut n'est visé que le critère de non chute.				

▲ Tableau 2 : Domaine d'emploi des panneaux sandwich de bardage en zone sismique

4.8.1. • Données du projet

Les DPM préciseront :

- la zone de sismicité ;
- la catégorie d'importance du bâtiment ;
- la classe de sol ;
- le critère d'intégrité (appelé critère de limitation de dommages selon la NF EN 1998-1) le cas échéant (à défaut seule la non chute d'éléments est visée).

4.8.2. • Performances des panneaux sandwich de bardage et de leurs assemblages

Un rapport d'étude sismique, définissant les zones de sismicité, les catégories d'importance de bâtiment et les classes de sol où le système de bardage peut être mis en œuvre, sera établi par un organisme compétent sur la base des essais définis à l'[Annexe C] du présent document.

Ce rapport peut préconiser des fixations spécifiques avec des pinces minimales à respecter en accord avec les essais effectués selon l'[Annexe C] du présent document.

4.9. • Isolation thermique

Lorsque la réglementation thermique s'applique, un bureau d'études thermiques établit la performance requise de la paroi de bardage (coefficient U_p) qui figure dans les pièces du marché. L'[Annexe F] du présent document donne la méthode de calcul de U_p ainsi que les

performances thermiques (coefficient U_c ou $U_{n,s}$ et ponts thermiques intégrés ; Ψ et χ) de solutions techniques traditionnelles.

L'[Annexe G] donne des valeurs forfaitaires de ponts thermiques de liaison les plus courants.

La conductivité thermique λ doit être supervisée par une tierce partie indépendante (organisme ISO 17025 et annexes).

Note 1

Dans la norme NF EN 14509, le coefficient $U_{d,s}$ tient compte uniquement des ponts thermiques aux niveaux des assemblages longitudinaux de panneaux (Ψ). Le coefficient U_p correspond donc à $U_{d,s} + (n \times \chi)$, avec n la densité de fixations des panneaux sur la structure porteuse et χ le coefficient ponctuel du pont thermique dû à une fixation des panneaux sur la structure porteuse.

4.10. • Performances environnementales

4.10.1. • Composés Organiques Volatils (COV et TVOC) (réglementation française)

A la date de publication du présent document, la réglementation française impose un étiquetage environnemental pour les produits en contact avec l'air intérieur.

4.10.2. • Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES)

Une FDES/DEP est facultative sauf si le fabricant affiche ou communique sur des performances environnementales.

Des FDES, conformes à la norme NF P01-010, sont disponibles sur la base INIES (pour les panneaux visés). Les FDES sont aussi disponibles sur le site du Ministère en charge de l'environnement.

Note

La Norme NF EN 15804 et son complément national (NF P01-064/CN) s'appliquent depuis 2014.

4.10.3. • Règlement européen Reach / substances dangereuses

Sur la base des données des fournisseurs de matières premières, les producteurs de panneaux sandwich doivent informer leurs clients des substances dangereuses et produits Cancérigènes Mutagènes Réprotoxiques (CMR) susceptibles d'être émis.



4.11. • Performances acoustiques

La contribution des panneaux sandwich de bardage à la performance acoustique des enveloppes des bâtiments s'apprécie en termes d'isolement acoustique, évalué en laboratoire ($R_{w;ctr}$). Les résultats sont disponibles auprès de fabricants pour des systèmes définis.

Lorsque des performances dans ces domaines sont spécifiées dans l'appel d'offres, les caractéristiques du panneau sandwich de bardage requises pour contribuer à la correction acoustique sont fournies par le fabricant du panneau.

4.12. • Étanchéité à l'air

Les valeurs de perméabilité à l'air des panneaux sandwich déclarées sur le marquage CE ne tiennent compte que des performances en partie courante de bardage (joints longitudinaux).

La performance de perméabilité à l'air du bâtiment est assurée par tous les composants du clos couvert et de leurs jonctions. La continuité de l'étanchéité à l'air de tous ces ouvrages (bardages, toitures, couvertures, menuiseries) doit être assurée.

L'[Annexe G] et l'[Annexe H] du présent document donnent des exemples de dispositions constructives permettant de traiter la perméabilité à l'air au niveau des jonctions du bardage avec d'autres parois de l'enveloppe (couverture, baies vitrées, etc.).

Par ailleurs, il existe des bandes auto-extensibles pouvant être mises en œuvre autour des baies en vue d'améliorer la performance d'étanchéité à l'air.

4.13. • Étanchéité à l'eau

Les performances d'étanchéité à l'eau sont réputées satisfaites si les dispositions technologiques figurant dans le présent document sont respectées.

Dans le cas de présence de baies en façade, telles que traitées à l'[Annexe H], la hauteur de bâtiment ne doit pas excéder 20 m.

Les baies ne sont envisagées que pour des façades verticales (non inclinées vers l'intérieur).

4.14. • Durabilité

La durabilité des ouvrages de bardage en panneaux sandwich est normalement assurée lorsque les spécifications des présentes Recommandations Professionnelles sont respectées.

4.15. • Protection du bas de bardage

La conception de la partie basse du bardage doit permettre le départ du bardage à une hauteur minimale de :

- 5 cm par rapport au niveau du sol fini dur (béton, enrobé, etc.) ;
- 15 cm par rapport au niveau du sol dans le cas de terre végétale.



Matériaux – Panneaux sandwich

5



5.1. • Identification

Les panneaux sandwich de bardages à deux parements en acier et à âme polyuréthane (PUR/PIR) sont couverts par la norme NF EN 14509 et son complément national.

Note 1

Les Documents Particuliers du Marché précisent les conditions de réception des panneaux sandwich de bardage sur chantier. Ils peuvent se référer à l'[Annexe O] du présent document « Conditions de réception applicables aux fournitures de panneaux sandwich de bardage à âme polyuréthane (PUR/PIR), à 2 parements en acier et à fixations traversantes » pour justifier des performances du lot livré.

Note 2

- La marque de qualité – EPAQ (niveau 1) ¹, vaut la preuve de la conformité du produit aux exigences de performances mécaniques.
- La marque de qualité ACERMI ou ACERMI Tremplin ², vaut certification de la conductivité thermique et de la résistance thermique du panneau.
- Le niveau d'EVCP 1 ³, vaut la preuve de la conformité du produit aux exigences de performances de réaction au feu. Le niveau d'EVCP 1 implique le strict respect de la norme NF EN 14509 (type d'essai, suivi, fréquence des essais) sans aucune interaction avec les exigences ACERMI / ACERMI tremplin.

Les panneaux sandwich sont identifiés à l'aide d'une fiche technique (voir [Annexe J] du présent document) qui comporte au moins les informations suivantes :

■ 1 EPAQ : European Quality Assurance Association for Panels and Profiles
 ■ 2 ACERMI : Association pour la CERTification des Matériaux Isolants
 ■ 3 EVCP : Evaluation et Vérification de la Constance des Performances

- l'appellation commerciale ;
- le nom du fabricant ou du distributeur ;
- le schéma de la section droite, les principales dimensions étant cotées ;
- le mode de pose horizontal et/ou vertical ;
- la masse surfacique du panneau sandwich ;
- le type d'isolant avec sa référence alpha numérique ;
- la masse volumique de la mousse avec sa tolérance ;
- la nuance d'acier ;
- les épaisseurs des parements utilisés ;
- le référentiel des revêtements ;
- les épaisseurs standards des panneaux sandwich ;
- la méthode de dimensionnement utilisée (Annexe E de la norme NF EN 14509, complément national de cette norme, méthode forfaitaire selon le cahier 3731 du CSTB y compris dans tous les cas de l'Annexe I – Justification du panneau et de ses fixations) ;
- les tableaux définissant les portées limites utiles en fonction des actions appliquées, pour au moins les deux cas courants de pose (travée simple et travées double ou multiples), pour diverses épaisseurs de panneau sandwich et les épaisseurs nominales minimales de parements en pression et dépression et les largeurs d'appuis minimales ;
- la référence au rapport d'essais établi selon l'[Annexe M] pour les panneaux sandwich à fixations cachées car les performances sont déterminées par voie expérimentale avec indication de la pince mini entre la fixation et le bord latéral du panneau sandwich et du type de plaquette employée ;
- la référence aux rapports d'essais ;
- la mention « informations techniques établies conformément aux présentes recommandations » ;
- la nécessité éventuelle de pièce de départ ;
- la réaction au feu (Euroclasse et ses limites (revêtement, épaisseurs, parements)) selon rapport de classement (référence du laboratoire et date à indiquer) ;
- la résistance au feu (facultatif), selon rapport de classement validé par un laboratoire notifié français (référence du laboratoire, limitation du rapport et date à indiquer) ;
- la validation sismique du panneau sandwich de bardage selon rapport d'essais et validation par un rapport d'étude ;
- la fiche de domaine d'emploi ERP (Revendiqué) ;
- la performance thermique du panneau sandwich par épaisseur de panneau (U_c , ψ , χ , et la formule permettant de les combiner) ;

- les performances acoustiques d'isolement (facultatives) ;
- les performances environnementales (réf. FDES). Une FDES/DEP est facultative sauf si le fabricant affiche ou communique sur des performances environnementales ;
- la fiche technique du panneau doit préciser si les effets du gradient thermique ont été pris en compte et les justifications sismiques adéquates (document officiel validant à partir d'essai selon l'[Annexe C] du présent document le domaine d'emploi des panneaux en zone sismique).

La documentation commerciale intègre la fiche technique reprenant l'ensemble des informations ci-dessus.

5.2. • Matériaux du panneau sandwich

5.2.1. • Parements en acier galvanisé

5.2.1.1. • Extérieur

Les parements sont en acier de construction, de nuance minimale garantie S250 GD et d'épaisseur nominale 0,50 mm. Les parements en acier de nuance DX ne sont pas admis.

Ils sont galvanisés à chaud en continu selon les normes NF EN 10346 et NF EN 10143 ou P34-310, de classe Z350 en présentation brute ou Zinc-Magnésium (ZM) ou ETPM.

Sauf spécifications plus contraignantes dans les Documents Particuliers du Marché (DPM), les nuances et qualités d'acier utilisées doivent être conformes aux spécifications des référentiels donnés ci-dessus.

Note

ETPM : Enquête Technique Préalable Matériaux.

Dans le cas de l'utilisation d'un ZM il y a obligation d'un envers de bande ou d'un vernis pour le moussage.

5.2.1.2. • Intérieur

Les parements sont en acier de construction, de nuance minimale garantie S250 GD et d'épaisseur nominale 0,40 mm. Les parements en acier de nuance DX ne sont pas admis.

Ils sont galvanisés à chaud en continu selon les normes NF EN 10346 et NF EN 10143 ou P34-310, de classe Z180 minimum en présentation brute.

L'utilisation des tôles de classe Z180 en présentation brute est limitée aux locaux à faible hygrométrie.

Le domaine d'emploi du revêtement zinc-aluminium-magnésium des parements de panneaux sandwich doit correspondre aux conditions d'atmosphère extérieure de l'ouvrage.

Note 1

En l'attente de normalisation, une Enquête Technique Préalable Matériaux (ETPM) permet de définir le domaine d'emploi de ce revêtement de zinc-Aluminium-Magnésium

Note 2

ETPM : Enquête Technique Préalable Matériaux.

Dans le cas de l'utilisation d'un ZM, il y a obligation d'un envers de bande ou d'un vernis pour le moussage.

Sauf spécifications plus contraignantes dans les Documents Particuliers du Marché (DPM), les nuances et qualités d'acier utilisées doivent être conformes aux spécifications des normes ci-dessus.

Lorsqu'un parement de 0,40 mm est utilisé, le critère de compression sur appui est vérifié dans le cadre d'un contrôle par une tierce partie indépendante:

- soit par les essais grandeurs selon la norme NF P34 503 (méthode complément national ou alternative) – charge de ruine associée à une ruine par compression sur appui si elle se produit – des capteurs de déplacements sont positionnés aux niveaux des appuis afin de quantifier l'écrasement ;
- soit par l'essai A15 de la norme NF EN 14509 qui donne une capacité résistante en compression sur appui dans le cas d'un dimensionnement selon cette même norme.

5.2.2. • Parements en acier revêtus en continu d'alliage de zinc-aluminium (95 % de zinc)

Les parements sont en acier de construction de nuance minimale garantie S250 GD et d'épaisseur nominale minimale 0,50 mm en extérieur et S250 GD et 0,40 mm en intérieur. Les parements en acier de nuance DX ne sont pas admis.

Les parements sont revêtus en continu d'un alliage ZA255 minimum selon la NF EN 10143 et NF EN 10346.

5.2.3. • Parements en acier prélaqués

5.2.3.1. • Extérieur

Les parements sont en acier de construction de nuance minimale garantie S250 GD et d'épaisseur nominale minimale 0,50 mm. Les parements en acier de nuance DX ne sont pas admis.

Ils sont galvanisés à chaud en continu selon les normes NF EN 10346 et NF EN 10143 ou P34-310, de classe Z225 minimum selon la norme XP P34-301.

Le domaine d'emploi du revêtement zinc-aluminium-magnésium des parements de panneaux sandwich doit correspondre aux conditions d'atmosphère extérieure de l'ouvrage.

Note 1

En l'attente de normalisation, une Enquête Technique Préalable Matériaux (ETPM) permet de définir le domaine d'emploi de ce revêtement de zinc-aluminium-magnésium.

Les parements en acier galvanisés prélaqués sont conformes à la norme NF EN 10169 et à son amendement.

Les revêtements prélaqués, selon la norme XP P34-301, peuvent être de types :

- Polyester ;
- Polyuréthane ;
- Plastisol de PVC ;
- PVDF.

Les catégories des revêtements sont indiquées dans les tableaux de choix des revêtements (cf. Tableau 4a).

Pour les revêtements organiques couverts par la NF EN 10169 et non couverts par la norme XP P 34 301, le fournisseur de panneau sandwich assisté du fabricant de bobine s'engage au cas par cas sur une catégorie d'usage.

Le domaine d'emploi du revêtement zinc-aluminium-magnésium des parements de panneaux sandwich doit correspondre aux conditions d'atmosphère extérieure de l'ouvrage.

Note 2

En l'attente de normalisation, une Enquête Technique Préalable Matériaux (ETPM) permet de définir le domaine d'emploi de ce revêtement de zinc-aluminium-magnésium.



5.2.3.2. • Intérieur

Les parements sont en acier de construction de nuance minimale garantie S250 GD et d'épaisseur nominale minimale 0,40 mm. Les parements en acier de nuance DX ne sont pas admis.

Ils sont galvanisés à chaud en continu selon les normes NF EN 10346 et NF EN 10143 ou P34-310, de classe Z100 minimum selon la norme XP P34-301 ou ETPM.

Les parements en acier galvanisés prélaqués sont conformes à la norme NF EN 10169 et à son amendement.

Les revêtements prélaqués selon la norme XP P34-301 peuvent être de types :

- Polyester ;
- Polyuréthane ;
- Plastisol de PVC ;
- PVDF ;
- PET.

Les catégories des revêtements sont indiquées dans les tableaux de choix des revêtements (cf. Tableau 6).

Pour les revêtements organiques couverts par la NF EN 10169 et non couverts par la norme XP P 34 301, le fournisseur de panneau sandwich assisté du fabricant de bobine s'engage au cas par cas sur une catégorie d'usage.

5.2.4. • Parements revêtus en continu d'alliage aluminium-zinc

Les parements sont en acier de construction de nuance minimale garantie S250 GD et d'épaisseur nominale minimale 0,50 mm en extérieur et 0,40 mm en intérieur. Les parements en acier de nuance DX ne sont pas admis.

Ils sont revêtus en continu d'un alliage AZ 185 minimum faisant l'objet d'une Enquête de Technique Préalable de Matériaux en cours de validité conforme à la NF EN 10346 et à la NF EN 10143.

5.2.5. • Parements revêtus en continu d'alliage zinc-aluminium-magnésium

Les parements sont en acier de construction de nuance minimale garantie S250 GD et d'épaisseur nominale minimale 0,50 mm en extérieur et 0,40 mm en intérieur. Les parements en acier de nuance DX ne sont pas admis.

Le domaine d'emploi du revêtement zinc-aluminium-magnésium des parements de panneaux sandwich doit correspondre aux conditions d'atmosphère extérieure de l'ouvrage.

Note

En l'attente de normalisation, une Enquête Technique Préalable Matériaux (ETPM) permet de définir le domaine d'emploi de ce revêtement de zinc-aluminium-magnésium.

5.2.6. • Parements en acier inoxydable

Les parements sont en tôle d'acier inoxydable X2CrNi18-10 (1.4301) ou X5CrNiMo17-12-2 (1.4404). L'épaisseur nominale minimale est de 0,60 mm.

5.2.7. • Mousse isolante

5.2.7.1. • Définition PUR/PIR

Les mousses PUR incluent les mousses PIR.

Le règlement Européen CE 2037/2000 définit le PIR par un indice d'isocyanate minimum de 180.

5.2.7.2. • Gaz d'expansion

Les gaz d'expansion admis sont définis dans la norme NF EN 14509.

Les gaz d'expansion visés dans le présent document sont le n-pentane, le HFC 245fa et le HFC 365/245. Pour les autres gaz d'expansion et pour les mousses expansées au CO₂, un DTA est nécessaire.

5.2.7.3. • Masse volumique

La mousse rigide utilisée doit avoir une masse volumique minimum de 35 kg/m³ tolérance comprise.

5.3. • Épaisseur et géométrie des panneaux

L'épaisseur minimale des panneaux sandwich est de 30 mm (hors nervure principale).

Les tolérances dimensionnelles doivent être conformes à la NF EN 14509 – annexe D.



5.4. • Choix des revêtements

5.4.1. • Revêtements métalliques nus

Pour les tôles d'acier avec revêtement métallique, on trouve ci-après (Tableaux 3, 4a et 4b) un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Le guide d'application GA A36-335 permet d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées établies selon la norme NF EN 10346 et les catégories de performances établies dans la norme P34-310.

Métallique	Atmosphère extérieure								
	Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3 km) (**)	Mixte	Fort U.V	Particulière
Z350	■	○	—	○	—	—	—	■	—
Z450	■	■	○	■	○	○	○	■	○
ZA255	■	■	○	■	■	■	○	■	○
ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	■	○
(*) Disponible sur le site du fabricant									
(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins									
■ Revêtement adapté									
— Revêtement non adapté									
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées									

▲ Tableau 3 : Choix des revêtements de la face extérieure

Métallique	Ambiance intérieure du bâtiment			
	Hygrométrie			Pression intérieure
	Faible	Moyenne	Forte	5 <Pi<10 mmHg
Z180	■	○	—	○
Z200	■	○	—	○
Z275	■	○	—	○
Z350	■	■	○	■
Z450	■	■	■	■
ZA255	■	■	■	■
ETPM (*)	○	○	○	○
(*) Disponible sur le site du fabricant ■ Revêtement adapté — Revêtement non adapté ○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées				

▲ Tableau 4a : Choix des revêtements de la face côté intérieur

Revêtements	Catégories suivant XP P34-301	Ambiances saines		Ambiances agressives
		Hygrométrie faible et moyenne et 5 mmHg ≤ Pi < 10 mmHg	Hygrométrie forte et 10 mmHg ≤ Pi < 15 mmHg	
Z275 ou ZA265	-	■	-	-
Polyester 15 μ	II	■	-	-
Polyester 25 μ	IIIa	■	■	○
Polyester 35 μ	IIIa	■	■	○
PVDF 25 μ	IIIa	■	■	○
PVDF 35 μ	IIIa	■	■	○
Prisma	IVb	■	■	○
Spectrum 55 μ	IVb	■	■	○
XL Forté / HPS 200	Vb	■	■	○
■ Revêtement adapté — Revêtement non adapté ○ Cas pour lequel l'application définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultation et accord du fabricant				

▲ Tableau 4b : Guide de choix des revêtements des parements intérieurs

5.4.2. • Revêtement galvanisé prélaqué

Pour les tôles d'acier galvanisées, prélaquées, on trouve ci-après (Tableaux 5 et 6) un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Les guides d'application GA A36-351 et GA A36-355 permettent d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées prélaquées établies selon la norme NF EN 10169, son amendement et les catégories de performance établies dans la norme XP P34-301.

Note

Les guides d'application GA A36-351 et GA A36-355 apportent des éléments sur la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées prélaquées établies selon la norme NF EN 10169 et les catégories de performances établies dans la norme XP P34-301.

Métallique	Catégorie de revêtement, selon norme XP P34-301 face exposée	Atmosphère extérieure								
		Rurale, non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
			Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3 km) (**)	Mixte	Fort U.V	Particulière et front de mer
Z225	III	■	■	○	■	-	-	-	-	-
	IV	■	■	○	■	■	-	-	-	○
	V	■	■	○	■	■	■	○	-	○
	VI	■	■	○	■	■	■	○	■	○
ETPM(*)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(*) Disponible sur le site du fabricant
(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins
■ Revêtement adapté
- Revêtement non adapté
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

▲ Tableau 5 : Choix des revêtements de la face extérieure

Métallique	Catégorie minimale de revêtement, selon norme XP P34-301 face exposée	Ambiance intérieure du bâtiment		
		Hygrométrie		
		Faible	Moyenne	Forte
Z100	II	■	■	—
Z225	II	■	■	—
	IIIa	■	■	■
ETPM	○	○	○	○

■ Revêtement adapté
— Revêtement non adapté
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

▲ Tableau 6 : Choix des revêtements de la face côté intérieur

5.4.3. • Tôles avec autres revêtements

Les tôles d'acier avec revêtement zinc-aluminium, ou aluminium-zinc, ou zinc-aluminium-magnésium, doivent faire l'objet d'une ETPM.

5.4.4. • Aspect

L'apparition d'efflorescences (rouille blanche), sur des tôles non prélaquées, dues à la formation d'une couche d'oxyde de zinc hydraté, hydrocarbonate de zinc ou oxychlorure de zinc n'est pas de nature à modifier les propriétés mécaniques et/ou la durabilité des parements métalliques des panneaux sandwich.

5.5. • Fabrication, contrôles des panneaux

La fabrication des parements métalliques relève des techniques traditionnelles de profilage des tôles d'acier galvanisées ou galvanisées prélaquées ou inoxydables. Le moussage de l'âme isolante rigide est réalisé dans les usines des fabricants.

La NF EN 14509 définit les contrôles de fabrication à effectuer.

Les fabricants doivent avoir mis en place des dispositions de fabrications et d'autocontrôles qui permettent de compter sur une suffisante constance de l'ensemble des performances de leurs panneaux sandwich de bardage.

5.6. • Matériaux pour l'étanchéité à l'air, à l'eau et compléments d'isolation thermique

Des joints sont mis en œuvre sur site :

- sur appui en périphérie de bardage ;
- au niveau des façonnés de finition ;
- aux jonctions transversales ;
- au droit des ouvrages particuliers.

Ces joints peuvent être :

- des compléments d'étanchéité par mousse imprégnée ou PVC (cf. NF P30-305) ;
- des compléments d'étanchéité par joint silicone bénéficiant du label SNJF ⁴;

Les compléments d'isolation thermique peuvent être réalisés par mousse de polyuréthane en bombe ou par bourrage de laine minérale.

Par ailleurs dans le cas de la pose horizontale, les joints verticaux doivent recouper les joints horizontaux afin d'assurer la continuité du plan d'étanchéité au niveau des jonctions de panneaux (Figure 12).

Dans le cas de la forte hygrométrie, ou locaux climatisés, un joint type silicone est nécessaire au niveau des emboîtements de panneau côté intérieur.

5.7. • Fixations et leurs accessoires

5.7.1. • Fixations des panneaux

5.7.1.1. • Dispositions générales

On évitera le poinçonnement/écrasement du parement par les fixations et accessoires en utilisant des visseuses équipées d'une butée de profondeur. Le poseur veillera au respect du couple de serrage maximum donné par le fabricant de fixation.

■ 4 SNJF : Syndicat National des Joints et Façades



Le perçage autre que pour la fixation des panneaux sandwich et des façonnés de finition n'est pas autorisé.

5.7.1.2. • Nature des fixations selon le type de l'ossature

Le Tableau 7, ci-dessous, présente les natures de fixations compatibles avec les différents types d'ossatures visées dans le cadre du présent document.

Ossature : épaisseur de l'appui	Nature des fixations	
	Vis autoperceuse ou autotaraudeuse	Tire-fond à visser Vis autoperceuse à bois
Acier : $e \geq 1,5$ mm	■	—
Béton avec insert acier d'épaisseur : $e \geq 2,5$ mm	■	—
Bois: Hauteur ≥ 80 mm avec un ancrage de 50 mm minimum	—	■
■ Emploi autorisé — Emploi interdit		

▲ Tableau 7 : Nature des fixations des panneaux sandwich de bardage sur l'ossature

5.7.1.3. • Caractéristiques des fixations

Ces caractéristiques sont définies dans le Tableau 8. Pour plus de caractéristiques et pour les accessoires, voir l'[Annexe K] du présent document.

Type	Dimensions	Matières
Vis autoperceuse ou vis autotaraudeuse (sur acier)	$\varnothing \geq 5,5$ mm en autoperceuse. Longueur telle que le filet soit visible sous le support. $\varnothing \geq 6,3$ mm en autotaraudeuse. Longueur telle que le filetage dépasse d'au moins d'un diamètre sous le support (Diamètre considéré sur filetage).	Fil acier de cémentation selon la NF EN 10263-3, Ou fil acier inoxydable selon la NF EN 10263-5
Tire-fond à visser ou vis autoperceuse à bois	Tire-fond : $\varnothing \geq 8$ mm (Diamètre sur filetage) Vis à bois : $\varnothing \geq 6,3$ mm, Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit ≥ 50 mm	Fil acier de cémentation selon la NF EN 10263-3, ou la NF A 35-053, Ou fil acier inoxydable selon la NF EN 10263-5.

▲ Tableau 8 : Caractéristiques des fixations des panneaux sandwich de bardage sur l'ossature

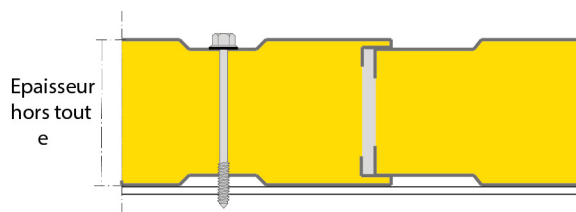
Les fixations utilisées pour l'assemblage des panneaux sandwich à l'ossature sont de types suivants :

- Vis autoperceuses de diamètre minimal 5,5 mm pour ancrage sur ossature acier et 6,3 mm pour ancrage sur ossature bois. Diamètre minimum de la rondelle d'appui 19 mm.
- Vis autotaraudeuses de diamètre minimal 6,3 mm pour ossature acier. Diamètre minimum de la rondelle d'appui 19 mm.

- Tire-fond à visser de diamètre minimal 8 mm pour ossature bois. Diamètre minimum de la rondelle d'appui 19 mm.

Le choix des fixations et de leurs accessoires vis-à-vis de la tenue à la corrosion doivent respecter les dispositions de l'[Annexe B] du présent document.

La capacité d'assemblage des vis est définie par la longueur minimale donnée dans le Tableau 9.1, le Tableau 9.2, le Tableau 9.3 et selon la (Figure 6).



▲ Figure 6 : Dimensions à considérer pour le calcul de la hauteur de fixation

Épaisseur du panneau sandwich en mm	Vis autotaraudeuses – longueur de fixation		
	Support acier	Support bois	Insert acier dans béton (*)
e	e + épaisseur du support + 1 diamètre	e + 50 mm	e + épaisseur de l'insert + 1 diamètre
(*) sur insert acier on s'assurera que les vis de fixation des panneaux ne viendront pas en butée sur le béton			

▲ Tableau 9.1 : Capacité d'assemblage – Longueur minimale des vis pour les panneaux sandwich à fixations traversantes autotaraudeuses

Épaisseur du panneau sandwich en mm	Vis autoperceuses – longueur de filetage		
	Support acier	Support bois	Insert acier dans béton (*)
e	e + épaisseur du support + 1 filetage	e + 50 mm	e + épaisseur de l'insert + 1 filetage
(*) sur insert acier on s'assurera que les vis de fixation des panneaux ne viendront pas en butée sur le béton			

▲ Tableau 9.2 : Capacité d'assemblage – Longueur minimale des vis pour les panneaux sandwich à fixations traversantes par vis autoperceuses

Épaisseur du panneau sandwich en mm	Support bois
e	e + 50 mm

▲ Tableau 9.3 : Capacité d'assemblage – Longueur minimale des tire-fond pour les panneaux sandwich à fixations traversantes

Pour les panneaux sandwich à fixations cachées, les dispositions des tableaux ci-dessus s'appliquent en remplaçant *e* par l'épaisseur des panneaux aux niveaux des fixations cachées augmentée de l'épaisseur de la plaquette.

Pour les vis auto-taraudeuses, le diamètre des avant trous est défini par le fabricant de fixation.

5.7.1.4. • Résistance caractéristique

Elle est établie selon la résistance caractéristique déclarée par le fabricant de fixations dans les conditions de la norme NF P30-310.

La performance finale de l'assemblage du panneau sur ses supports résulte du minimum de la valeur de la charge caractéristique à l'arrachement, de la tenue de l'ancrage de la fixation sur l'appui et de la charge caractéristique au déboutonnage du panneau obtenue par essais (ou valeur par défaut en fonction des épaisseurs et limites d'élasticité des parements) (cf. [Annexe I]).

5.7.1.5. • Protection contre la corrosion

Pour les vis en acier de cémentation, les fixations sont classées vis-à-vis de la protection contre la corrosion au moyen de l'essai Kesternich (selon la norme NF EN ISO 3231 avec 2 Litres de SO₂ et apparition de rouille rouge : la partie de fixation examinée à l'issue des cycles étant limitée à la zone supérieure en saillie par rapport au support d'ancrage lors de l'essai).

Pour les locaux à faible, moyenne ou forte hygrométrie (classes d'hygrométrie définies selon l'[Annexe B] du présent document), la protection de la fixation est assurée par un revêtement métallique complété par un revêtement permettant d'obtenir une résistance minimale à la corrosion de 12 cycles Kesternich à 2 L de SO₂ avant apparition de rouille rouge (cf. [Annexe K]).

5.7.2. • Fixations des accessoires avec des vis de couture

5.7.2.1. • Caractéristiques des fixations

Elles sont définies dans le Tableau 9.

Type	Dimensions minimum en mm	Matières
Vis autoperceuse	$\varnothing \geq 4,8$ longueur ≥ 19	Fil acier de cémentation selon NF EN 10263-3 ou fil acier inoxydable selon NF EN 10263-5
Rivet étanche	$\varnothing \geq 4,8$	Acier inox austénitique (corps A2 – tige 10% de Chrome)

▲ Tableau 9 : Caractéristiques des fixations de couture

5.7.2.2. • Résistance caractéristique

Les fixations de couture doivent présenter une résistance caractéristique à l'arrachement-déboutonnage supérieure ou égale à 1 kN selon l'essai défini par la norme NF P30-314.

5.7.2.3. • Protection contre la corrosion

Locaux à faible, moyenne ou forte hygrométrie : les fixations doivent résister au minimum à 12 cycles Kesternich avant apparition de rouille rouge (cf. [Annexe K]).

5.7.3. • Plaquettes de répartition pour panneaux sandwich à fixations cachées

Les plaquettes ont une épaisseur minimale de 1,5 mm.

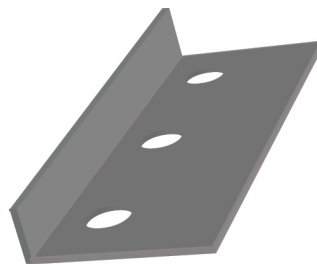
Elles sont en acier S250 GD minimum.

Elles sont protégées contre la corrosion par un revêtement :

- En acier galvanisé Z 275 minimum pour les atmosphères extérieures rurales et industrielles normales.
- En acier inoxydable A2 (AISI 304) minimum pour les autres atmosphères extérieures.

Les fiches techniques du fabricant de panneaux sandwich doivent définir les géométries et dimensions des plaquettes de répartition.

Un exemple de plaquette de répartition est donné en (Figure 7).



▲ Figure 7 : Exemple de plaquette de répartition

5.8. • Matériaux pour ouvrages annexes – Façonnés de finition

Ils sont réalisés en tôle d'acier d'épaisseur minimale 0,75 mm. Les caractérisations du matériau sont définies au (5.2.1) et (5.2.6).

On distingue notamment :

- des bavettes ;
- des couronnements d'acrotère ;
- des angles intérieurs et extérieurs ;
- des bandes de rives ;
- etc.

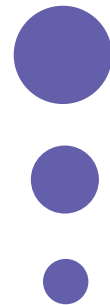
Lorsqu'une continuité d'aspect ou de teinte est recherchée pour une commande donnée, les façonnés peuvent être réalisés dans la même référence que celle de la tôle utilisée pour le parement extérieur.

5.9. • Plaques translucides en matériaux thermoplastiques

Ces plaques doivent faire l'objet d'un avis technique ou d'un DTA (Document Technique d'Application).

Mise en œuvre

6



6.1. • Consistance des travaux – Limites des prestations

6.1.1. • Travaux faisant partie du marché

Sauf dispositions contraires des Documents Particuliers du Marché (DPM), les travaux de mise en œuvre des bardages en panneaux sandwich comprennent :

- les études (détermination des actions du vent en pression et dépression, des actions sismiques, des gradients thermiques éventuels, la vérification des fixations, des portées, des largeurs d'appuis), nomenclatures, plans d'exécution de bardage (panneaux sandwich, fixations, joints, complément d'isolation), en particulier le raccordement aux ouvrages annexes et aux ouvrages d'évacuation d'eaux pluviales ;
- la vérification des tolérances de l'ossature et sa réception (cf. 6.5.3) ;
- la fourniture et la pose des panneaux sandwich de bardage ;
- le façonnage, la fourniture, et la pose des façonnés de finition et des ouvrages particuliers :
 - habillage de baies ponctuelles ;
 - joints de dilatation ;
 - bandes de rives ;
 - angles ;
 - descentes EP ;
 - fourreaux de passage des traversées de bardage (ventilations, éléments de structure...) ;
 - joints ;



- la fourniture et la pose des bandes solins contre mur en maçonnerie ;
- la fourniture et la pose des dispositifs de calfeutrement à l'air ;
- le Dossier d'Intervention Ulérieur à l'Ouvrage (DIUO).

Note

En cas de contradiction entre les DPM et les exigences thermiques, acoustiques, d'étanchéité à l'air, et les descriptifs des parois, l'entrepreneur spécifie dans son offre, pour une exigence donnée, si elle est basée sur la performance ou sur le descriptif.

6.1.2. • Travaux ne faisant pas partie du marché

Sauf dispositions contraires des Documents Particuliers du Marché (DPM), les travaux de mise en œuvre des bardages en panneaux sandwich ne comprennent pas :

- l'exécution et le réglage de l'ossature, appuis, inserts ;
- les travaux de peinture et de protections diverses éventuelles (fongicide, insecticide, anticorrosion) de cette ossature ;
- la fourniture et la pose des chevêtres ;
- la fourniture et la pose des ouvrants ;
- l'exécution des ouvrages de maçonnerie (murs, enduits, souches, bandeaux, becquets, engravures...) ;
- la fourniture et la pose des appareils et équipements techniques en façade ;
- la fourniture et la pose des dispositifs empêchant la pénétration des eaux de ruissellement entre les traversées de bardage et les fourreaux après pose des panneaux sandwich ;
- les déposes, rendues indispensables pour l'exécution de travaux d'autres corps d'état ;
- les épreuves éventuelles d'étanchéité à l'air ;
- tous travaux d'entretien, en particulier ceux visés à l'[Annexe A] du présent document.

6.2. • Préparation – Mise à exécution des travaux et coordination avec les autres entreprises

6.2.1. • Première phase

À la notification du marché, l'entrepreneur reçoit du maître d'œuvre les plans, croquis et indications mentionnés à l'[Annexe H] du présent document ainsi que toutes les hypothèses définies au paragraphe (4.2.2) du présent document.

Il reçoit également toutes les informations concernant les accès au sol et aux bardages.

En l'absence de ces éléments ou lorsque ces derniers comportent des différences importantes par rapport à ce qui était décrit dans le dossier de soumission, l'entrepreneur avertit le maître d'œuvre. Ce dernier fait connaître la suite qu'il donne. Des ajustements au marché peuvent en résulter, y compris dans les délais d'exécution.

6.2.2. • Deuxième phase

En possession des éléments ci-dessus et des plans de charpente, l'entrepreneur soumet au maître d'œuvre dans les délais prévus au marché et arrêtés d'un commun accord, les renseignements ou dessins de réalisation des ouvrages de parties courantes ou de points singuliers et lorsqu'ils sont nécessaires aux autres entrepreneurs pour arrêter les détails d'exécution de leurs ouvrages.

À cet effet, le maître d'œuvre organise la concertation entre les différents corps d'état. Il donne son accord sur les dispositions retenues. A défaut, la réception par l'entrepreneur des plans de charpente définitifs vaut accord du maître d'œuvre.

6.2.3. • Troisième phase

Au moins six semaines avant la date fixée au marché comme début du délai contractuel (ou plus en cas de fourniture spéciale), l'ensemble des plans de charpente définitifs (dessins d'exécution) est remis à l'entrepreneur.

6.2.4. • Quatrième phase

Avant de commencer ses travaux sur chantier, les pentes et les niveaux de l'ossature ayant été préalablement vérifiés de façon contradictoire (cf. 6.5.1.2) par ailleurs et ayant fait l'objet d'une réception, l'entrepreneur s'assure que l'ossature satisfait, pour ce qui est apparent, aux plans et croquis exigés aux paragraphes précédents et aux dispositions du présent document (caractéristiques dimensionnelles et nature des appuis, chevêtres,...).

6.3. • Préparation – Organisation du chantier

6.3.1. • Accès au sol

Afin de permettre l'exécution normale des travaux, le maître d'œuvre prévoit :

- l'accès au bâtiment, aux façades, aux installations de chantier et aux aires de stockage, des équipes et des camions de livraison ;



- des aires de stockage à pied d'œuvre ;
- des aires dégagées suffisantes pour permettre l'utilisation des matériels et engins de chantier.

6.3.2. • Intervention de l'entreprise

L'entrepreneur doit assurer la mise en place des dispositifs de sécurité collective pour la pose de panneaux sandwich de bardage.

La mise en place des dispositifs de sécurité collective provisoire et la pose de panneaux sandwich de bardage ne peuvent commencer qu'après réception de la structure porteuse.

En plus, il y a lieu de s'assurer de la stabilité des ouvrages en cours de montage et de respecter les précautions liées à la manutention d'éléments de grandes dimensions.

6.3.3. • Intervention des autres entreprises

La coordination doit être effectuée par le maître d'œuvre.

6.4. • Épreuves d'étanchéité à l'air

Elles ne sont réalisées que si elles ont été prévues dans les DPM ; leur coût est alors inclus dans le montant du marché.

Si le Maître de l'ouvrage les demande, bien qu'elles ne soient pas prévues dans les DPM, l'entrepreneur doit les réaliser mais les frais des épreuves sont à la charge du Maître de l'ouvrage.

6.5. • Conditions nécessaires à la préparation et à l'exécution des travaux

Les travaux visés dans le présent document ne s'appliquent qu'aux bardages répondant aux conditions précisées dans les sections suivantes.

Sauf précisions spécifiques du marché, le « bardeur » détermine le type et l'épaisseur du panneau sandwich, les modes et densités de fixation selon le présent document.

Les tableaux de charges/portées sont établis par les fabricants de panneaux sandwich conformément au présent document (cf. [Annexe J]).

Les essais permettant d'établir les tableaux de charges/portées sont validés par une tierce partie.

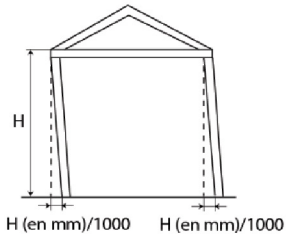
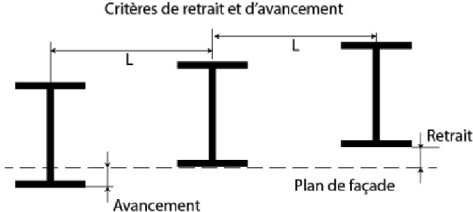
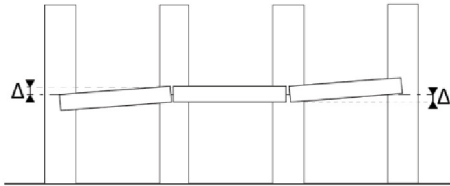
Les fabricants de panneaux sandwich assurent à la demande des entreprises de pose leur assistance technique.

6.5.1. • Mesurage – Tolérances admissibles de l'ossature

6.5.1.1. • Définition des tolérances

Les tolérances du gros œuvre ne peuvent être ni rattrapées, ni compensées par un panneau sandwich de bardage plaqué sur l'ossature. En effet, les différences de cotes réelles de la structure porteuse se retrouvent nécessairement dans l'aspect final de la façade.

Il convient donc que l'ossature respecte les tolérances du Tableau 10 ci-dessous.

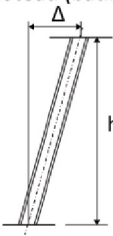
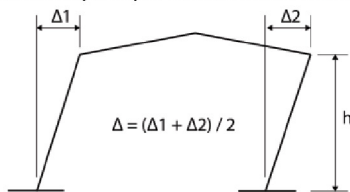
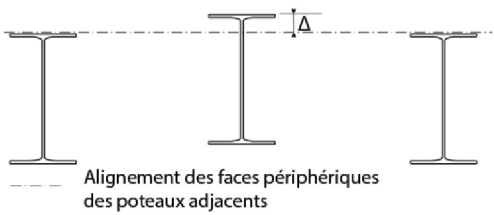
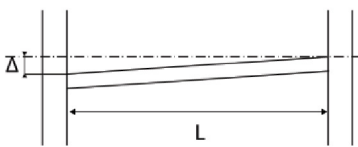
Direction considérée	Valeur de la tolérance d'alignement
<p>Faux aplomb de la façade : Hauteur</p> 	<p>+/- 1 mm / m et faux aplomb maxi 10 mm</p>
<p>Alignement des poteaux : Longueur</p> <p>Critères de retrait et d'avancement</p> 	<p>Le plan de référence est représenté par le trait en pointillés</p> <p>Δ Intervalle de tolérance (retrait + avancement) en mm</p> <p>$\Delta \leq L/750$</p> <p>$\Delta_{\text{maxi}} = 8 \text{ mm}$</p> <p>L en mm étant la distance entre axe des poteaux</p> <p>Les tolérances maximales possibles sur la longueur du bâtiment sont (-8 mm ; 0) ou (0 ; +8 mm).</p> <p>Attention à la rotation de chaque poteau sur leur axe vertical</p> <p>Alignement horizontal : 10 mm par 10 m de longueur de façade.</p>
<p>Alignement des lisses :</p>  <p>Les tolérances maximales possibles sur la longueur du bâtiment sont [-5 mm; +5 mm]</p>	<p>$\Delta = +/- 5 \text{ mm}$</p>

▲ Tableau 10 : Tolérances usuelles d'alignement

Il est possible pour certains panneaux sandwich que le fabricant demande dans sa documentation commerciale des tolérances d'alignement d'ossature plus sévères que celles définies dans le Tableau 11 ou le Tableau 12 ci-dessous.

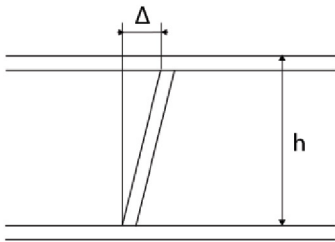
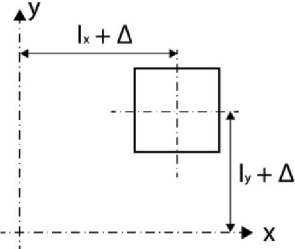
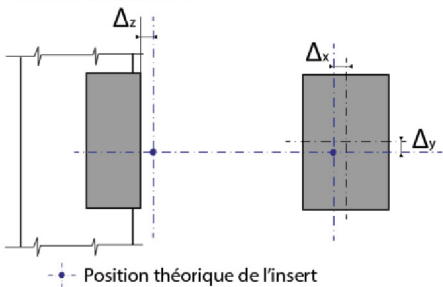
Il est possible de disposer une ossature secondaire réglable afin de rattraper ces tolérances à la charge du charpentier.

Pour information, les tolérances des charpentes acier sont données dans le Tableau 11.

Tolérances des ossatures en acier – Extrait de la NF EN 1090-2		
Critère	Écart autorisé en Classe 1	Écart autorisé en Classe 2
<p>Inclinaison d'un poteau (bâtiment à un seul niveau)</p> 	$\Delta = \pm h / 300$	$\Delta = \pm h / 500$
<p>Inclinaison de portique de bâtiment à un seul niveau</p> 	$\Delta = \pm h / 500$	$\Delta = \pm h / 500$
<p>Alignement des poteaux périphériques</p>  <p>--- Alignement des faces périphériques des poteaux adjacents</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$
<p>Défaut d'horizontalité des lisses</p> 	$\Delta = \pm \min \{ L / 500 ; 10 \text{ mm} \}$	$\Delta = \pm \min \{ L / 1000 ; 5 \text{ mm} \}$

▲ Tableau 11 : Tolérances d'alignement selon la NF EN 1090-2

Pour information, les tolérances des charpentes béton sont données dans le Tableau 12.

Tolérances des ossatures en béton – Extrait de la NF EN 13670	
Critère	Écart autorisé en Classe 1
<p>Inclinaison d'un poteau ou d'un mur</p>  <p> $h \leq 10 \text{ m}$ $h > 10 \text{ m}$ </p>	<p> $\Delta = \pm \max \{15 \text{ mm} ; h/400\}$ $\Delta = \pm \max \{25 \text{ mm} ; h/600\}$ </p>
<p>Position en plan d'un poteau</p> 	<p>$\Delta = \pm 25 \text{ mm}^*$</p>
<p>Position des inserts</p>  <p>Position théorique de l'insert</p>	<p> $\Delta_x = \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}^*$ $\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}^*$ </p>
<p>*Les valeurs de Δ de $\pm 25 \text{ mm}$ et Δ_x et Δ_y de $\pm 20 \text{ mm}$ peuvent s'avérer supérieures à la pince du panneau. En vue de remédier à ce problème la position du poteau doit être soignée et doit l'objet d'un réglage adéquat afin d'assurer un appui correct du panneau.</p>	

▲ Tableau 12 : Tolérances d'alignement selon la NF EN 13670



Pour information, les tolérances des ossatures bois sont données ci-après :

Tolérances des ossatures en bois – Extrait du NF DTU 31.1	
Critère	Tolérances
Tolérances sur les cotes d'implantation et sur les dimensions des ouvrages :	$\pm 0,5$ cm jusqu'à 7,5 mètres $\pm 1,5$ cm à 10 mètres* ± 5 cm à 100 mètres* Les valeurs intermédiaires sont obtenues par interpolation linéaire entre 7,5 m et 10 m et entre 10 m et 100 m
Tolérance sur les niveaux :	± 1 cm sur une longueur de 10 mètres
Tolérance sur les aplombs :	$\pm 2,5$ mm/m sans excéder $\pm 2,5$ cm
*Les valeurs des tolérances sur les côtes d'implantations des ouvrages (de 1,5 cm et 5 cm) peuvent s'avérer supérieures à la pince du panneau. En vue de remédier à ce problème la position du poteau doit être soignée et doit faire l'objet d'un réglage adéquat afin d'assurer un appui correct du panneau.	

▲ Tableau 13 : Tolérances d'alignement selon la NF DTU 31.1

6.5.1.2. • Réception de l'ossature porteuse

L'attention du Maître d'œuvre est attirée sur la nécessité du contrôle des tolérances de l'ossature qui auront une incidence sur l'aspect final de la façade ; en particulier planéité générale et alignement des arêtes, points sur lesquels l'œil est particulièrement exigeant.

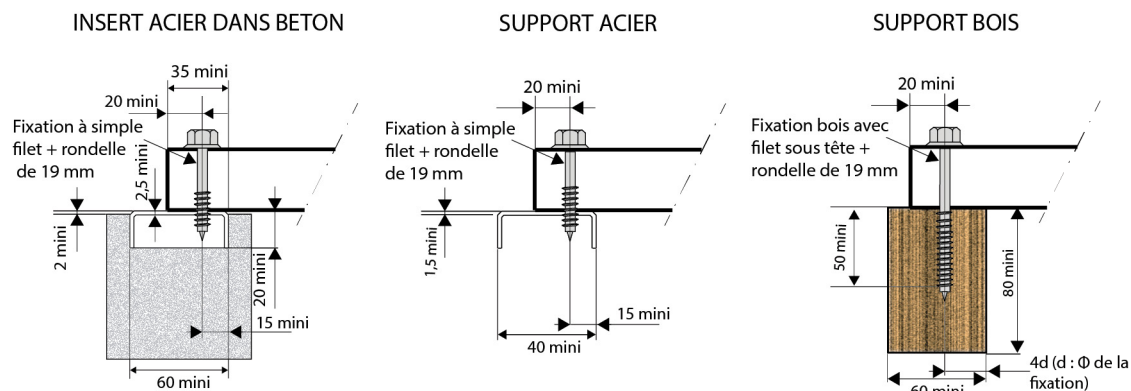
La géométrie de l'ossature porteuse doit être vérifiée par le responsable du gros œuvre (verticalité, désaffleurement, espacement des lisses, largeurs d'appui...). Un document de réception de l'ossature porteuse sera rédigé par celui-ci et transmis au poseur avant démarrage des travaux de pose des panneaux sandwich.

Les non conformités éventuelles devront être corrigées par un nouveau réglage ou par l'emploi d'une ossature secondaire.

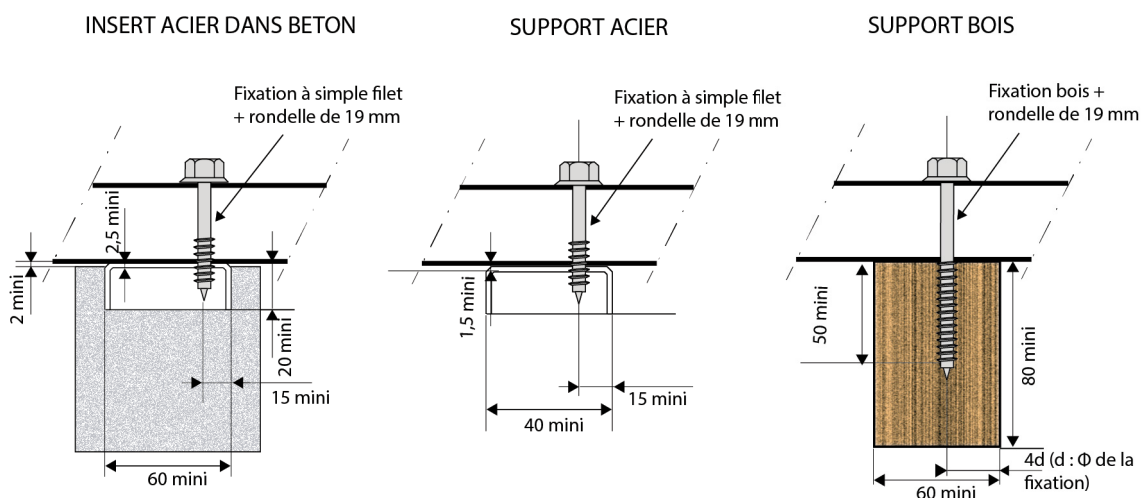
6.5.2. • Conditions d'appui minimum

On respectera la pince minimale entre la fixation et le bord de l'appui (15 mm, ou 4d selon le type d'appui), ainsi que la pince validée lors de l'essai de fatigue pour les assemblages par fixations cachées (cf. [Annexe M] du présent document) entre la vis et le bord du panneau sandwich.

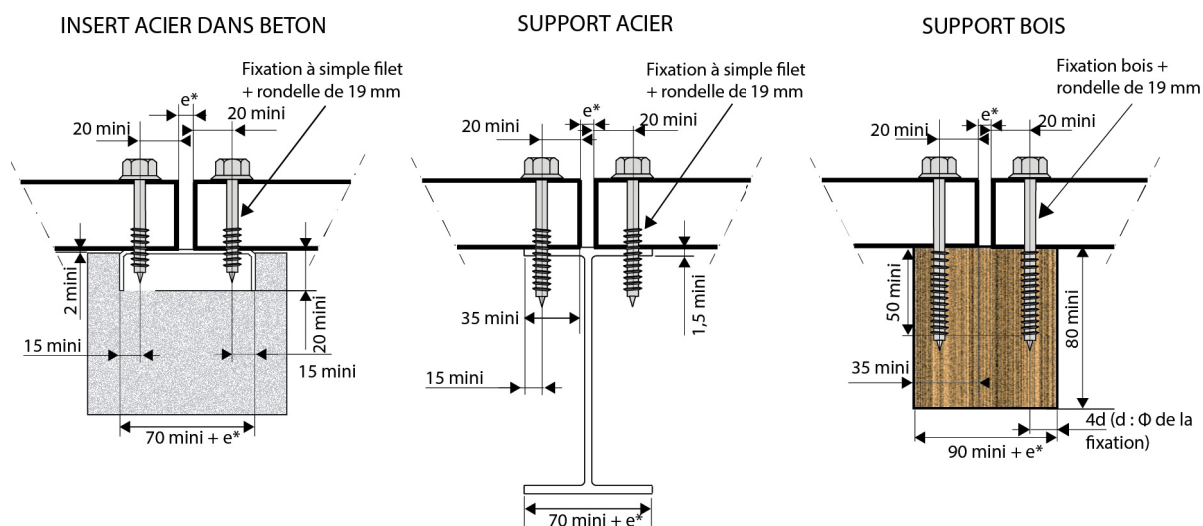
Elles sont définies aux Figures 8a, 8b et 8c ci-après.



▲ Figure 8a : Appuis d'extrémités de panneaux sandwich



▲ Figure 8b : Appuis intermédiaires de panneaux sandwich

* $e \geq 20 \text{ mm}$

▲ Figure 8c : Jonction bout à bout de panneaux sandwich

6.5.2.1. • Pose sur ossature acier

a) Cas des fixations traversantes

- La largeur minimale de l'élément d'ossature est de 40 mm par panneau sandwich. L'épaisseur minimale est de 1,5 mm.

- La largeur de repos minimum est de 35 mm en extrémité de panneau sandwich et de 40 mm en appui intermédiaire.
- La pince minimum des fixations par rapport au nu de l'ossature est de 15 mm.
- La pince minimum des fixations par rapport à l'extrémité de panneau est de 20 mm.

b) Cas des fixations cachées

- La largeur minimale de l'élément d'ossature est de 40 mm par panneau sandwich. L'épaisseur minimale est de 1,5 mm.
- La largeur de repos minimum est de 35 mm en extrémité de panneau sandwich est de 40 mm en appui intermédiaire.
- La pince minimum des fixations par rapport au nu de l'ossature est de 15 mm (cf. essai de fatigue en [Annexe M]).
- La pince entre la fixation et le bord transversal du panneau est définie par essai de fatigue contrôlé.

6.5.2.2. • Pose sur ossature bois

La section minimale de l'élément d'ossature en bois est de 60 x 80 mm minimum par panneau sandwich en rive et appui intermédiaire est de 90 mm en recouvrement transversal.

L'ancrage des vis et tirefonds est au minimum de 50 mm.

La pince de la fixation par rapport au nu de l'ossature est de $4d$, avec d le diamètre de la fixation.

Pour les autres caractéristiques, se reporter au paragraphe (6.5.2.1).

Dans le cadre de fixations sur supports bois, il est rappelé que la distance minimum entre 2 fixations est de $4d$ avec d le diamètre de la fixation.

6.5.2.3. • Pose sur ossature béton avec insert acier

L'ossature béton comprend toujours un insert métallique, incorporé et ancré au coulage, de largeur minimale de 60 mm par panneau sandwich. Seule la largeur de l'insert est prise en compte dans le cas de calcul effectué selon l'annexe B de la norme NF EN 14509.

L'insert doit dépasser du nu du béton de l'ordre de 2 mm.

Les inserts sont constitués d'un profilé d'épaisseur minimale 2,5 mm, de hauteur libre de 20 mm minimum sous le profilé permettant le vissage.

Pour les autres caractéristiques, se reporter au paragraphe 6.5.2.1.

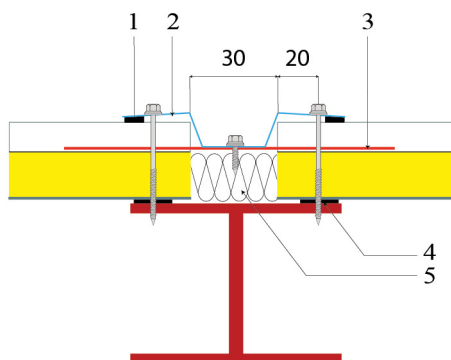
6.5.2.4. • Panneaux à fixations cachées – Largeurs d'appui minimum dans le cas de rangées de panneaux posés sur appui commun

Dans le cas de rangées de panneaux posés sur un appui commun, les largeurs d'appui minimum de l'ossature sont définies dans le Tableau 14 ci-dessous. D'autres valeurs sont possibles en fonction des essais de fatigue (cf. Annexe M) réalisés avec supervision par tierce partie.

Type de support	Largeur d'appui indicative dans le cas de rangées de panneaux posés sur un appui commun à valider par essai de fatigue en fonction de la pince (*)
Acier	90 mm
Bois	110 mm
Béton	90 mm

*Pince mini de 20 mm à confirmer par essai de fatigue (cf. Annexe M)

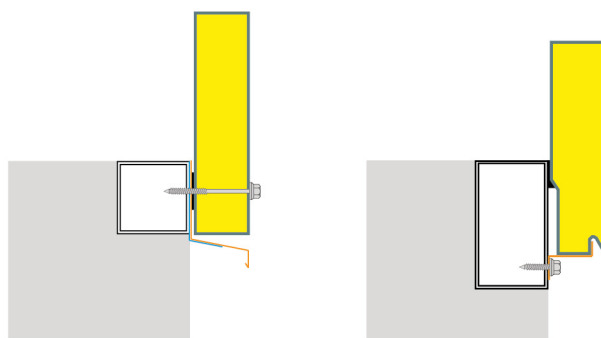
▲ Tableau 14 : Largeur minimum d'appui dans le cas de panneaux posés sur un appui commun



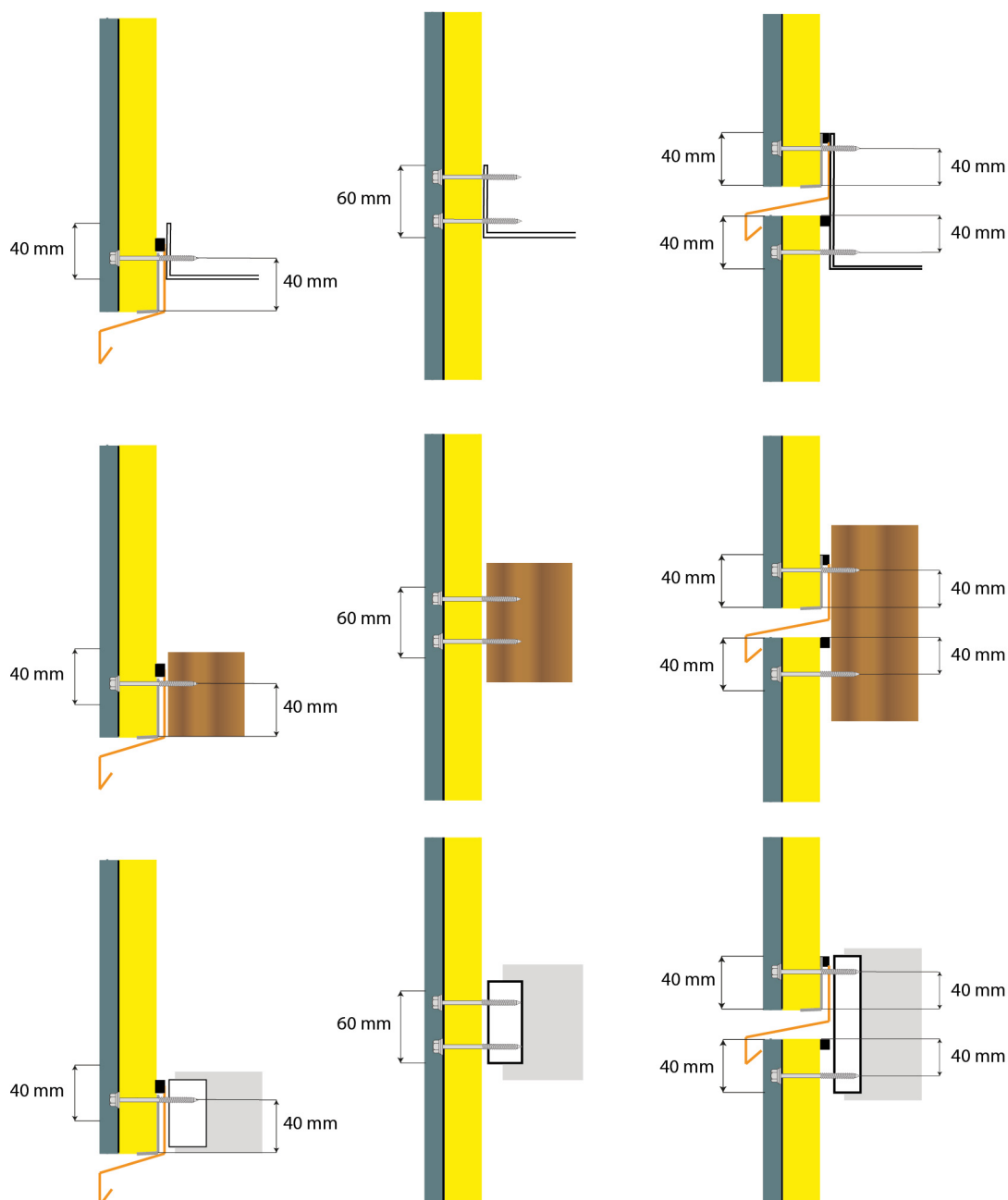
- 1 : Joint d'étanchéité 10x5 - 2 : Pièce de finition - 3: Plaquette de fixation 200x30x1.5
4: Joint d'étanchéité 20x5 - 5: Complément d'isolation

▲ Figure 9 : Exemple de détail des appuis et pinces dans le cas de panneau à fixations cachées en pose horizontale sur un appui commun en acier

Exemples de détails d'appui et pinces dans le cas de panneau de bardage à fixations cachées sur différents types de supports.



▲ Figure 10 : Exemple de détail des appuis dans le cas de panneau de bardage à fixations cachées



▲ Figures 11 : Exemples de pinces dans le cas de panneau de bardage à fixations cachées sur différents types d'appuis

6.5.3. • Tolérances de pose des panneaux sandwich – Précautions

Il est impératif de contrôler, avant la pose des panneaux sandwich, que l'alignement des arêtes et la planéité générale respectent les conditions de l'article 6.5.1. Un écart d'alignement de l'ossature ne peut être rattrapé par les panneaux sandwich eux-mêmes.

Afin d'obtenir une pose satisfaisante, les premiers panneaux doivent être parfaitement positionnés à l'aide d'un moyen approprié (laser...).

Des pièces de départ ou un calage provisoire approprié, en fonction du type de panneau, permettent de satisfaire cet objectif. Ces pièces de départ sont définies par le fabricant de panneaux.

Une vérification visuelle de l'horizontalité et de l'alignement des panneaux, à partir de l'extrémité du bâtiment, sera réalisée de façon régulière à l'avancement.

6.6. • Approvisionnement et stockage

Les colis doivent être transportés et stockés dans des conditions qui préservent les produits de l'humidité.

6.6.1. • Principe

Le déchargement et la manutention doivent s'effectuer sans entraîner :

- de déformation permanente des panneaux ;
- de dégradation risquant d'affecter la résistance à la corrosion des matériaux et l'esthétique de la façade.

6.6.2. • Déchargement

Pour les emballages allant jusqu'à 6 m de longueur, il est possible d'utiliser pour le déchargement un chariot élévateur.

Au-delà de 6 m, il est recommandé d'utiliser une grue. Dans ce cas, le levage doit impérativement être effectué avec un palonnier à 2 ou 4 traverses. Dans ce cas, il y a lieu d'utiliser des élingues plates de largeur minimale 150 mm.

6.6.3. • Manutention

6.6.3.1. • Manutention des colis

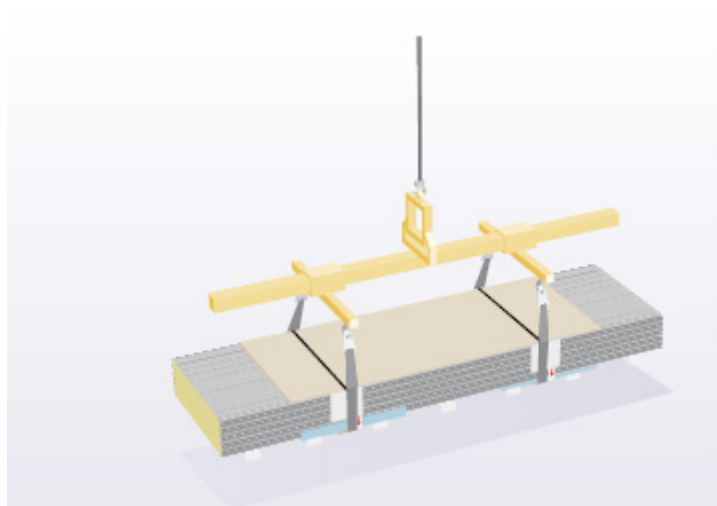
Pour la manutention des paquets par chariots élévateurs, il est nécessaire :

- de protéger les rives et le dessous des paquets,
- de soulever les colis en évitant le frottement de l'extrémité du colis sur celui du dessous.

Lors de la manutention des colis par palonnier, des élingues plates de largeurs minimales 150 mm sont conseillées (Figure 12).

Un bois rigide sera disposé au droit de l'élingage afin d'éviter toute détérioration des produits.

En aucun cas le porte-à-faux ne devra dépasser l'entraxe des points d'élingage.

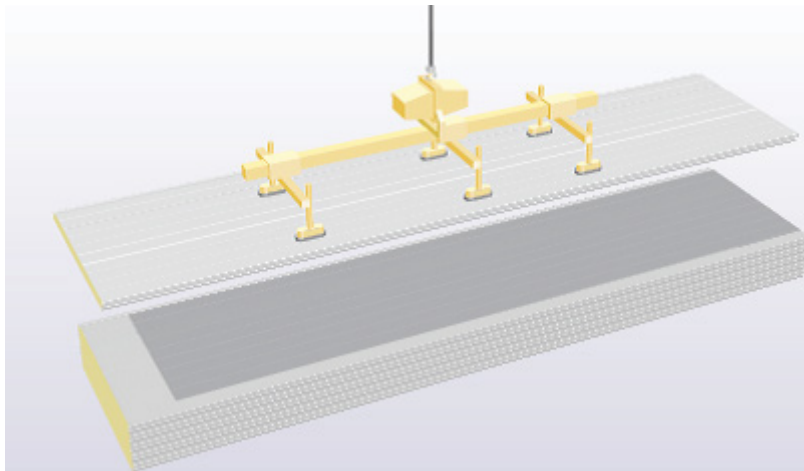


▲ Figure 12 : Manutention par palonnier à deux traverses et élingues plates

6.6.3.2. • Manutention des panneaux

La manutention des panneaux nécessite de prendre les précautions d'usage suivantes afin de ne pas les endommager (manutention sur chantier....) :

- ils ne doivent pas être soumis aux chocs ou griffés, ni subir des déformations les rendant impropres à la bonne exécution des travaux ;
- pour tout panneau de masse supérieure à 70 kg, l'emploi d'un matériel type palonnier à ventouse est recommandé (Figure 13) ;
- le palonnier doit être centré par rapport au centre de gravité du panneau ;
- si le panneau comporte un film de protection, ce dernier doit être enlevé avant utilisation d'un palonnier à ventouse ;
- la manipulation des panneaux se fera en évitant la prise des panneaux par leurs rives et, de préférence, à chant avec le côté mâle vers le bas ;
- de plus, pour les panneaux relativement longs par rapport à leur épaisseur ($L > 100$ fois l'épaisseur), il est impératif de les basculer sur chant pour éviter leur ruine.



▲ Figure 13 : Manutention par palonnier à ventouses

6.6.4. • Stockage sur chantier

L'attention du maître d'œuvre est attirée sur l'importance que revêt la définition, par les Documents Particuliers du Marché, des lieux de stockage, des dépôts de répartition et des possibilités de levage qui doivent être pris en compte par l'entrepreneur.

Le stockage des colis doit être fait sous abri ventilé (bâches, etc.). Le choix de cet emplacement devra, en outre, tenir compte de l'incompatibilité de certains matériaux employés avec l'humidité, des vapeurs nocives ou autres matériaux pouvant s'y trouver.

Ne pas superposer plus de 2 paquets.

Les Documents Particuliers du Marché précisent les dispositions prévues pour ces stockages (bâche ou similaire). Sinon, ces dispositions sont arrêtées d'un commun accord entre le maître d'œuvre et le « bardeur ».

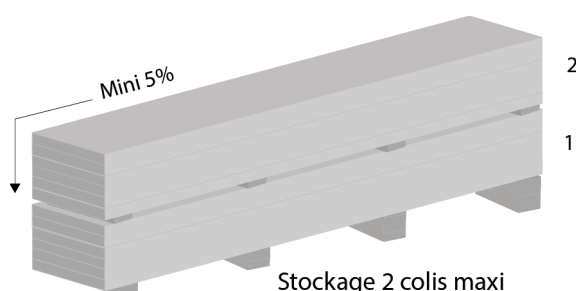
Les modifications et les changements de lieux de stockage sur chantier sont à éviter, en raison des dégradations éventuelles possibles.

Les colis doivent être inclinés par rapport à l'horizontale pour faciliter l'évacuation d'eau de pluie et des condensats éventuels. (Figure 14).

De plus ils doivent être éloignés du sol par l'intermédiaire d'un calage au droit de chaque montant vertical du colis, ménageant ainsi un espace suffisant pour permettre une bonne aération et éviter une déformation permanente des panneaux. L'altération superficielle des revêtements sera ainsi évitée.

Des dispositifs appropriés, horizontaux ou verticaux, évitant toute déformation permanente, pendant une courte durée et préservant également de la condensation à l'intérieur des paquets seront prévus.

Pour les emballages maritimes, des précautions supplémentaires devront être prises : aérer les colis, protéger les produits des intempéries et des rayons UV.



▲ Figure 14 : Stockage des panneaux sur chantier

La pelabilité du film de protection est de 1 mois à compter de la date demandée de mise à disposition et d'une semaine à compter de la pose. Attention, dans le cas d'utilisation d'un palonnier à ventouse, le film doit être retiré au moins à l'endroit des ventouses.

Le Film de protection qui recouvre les panneaux sandwich à parements prélaqué ou en tôle d'acier inoxydable doit être enlevé au plus tard 1 mois après l'expédition d'usine dans le cas de livraison sur chantier.

6.7. • Mise en œuvre des panneaux sandwich

La pose des panneaux ne peut être entreprise que si les conditions données ci-après sont toutes satisfaites.

Les travaux du gros œuvre doivent être achevés pour qu'il n'y ait pas, par la suite, risque de détérioration ou de dérèglement des panneaux utilisés, et pour permettre à l'entrepreneur une continuité de travail.

Il est nécessaire d'effectuer le montage des panneaux lorsque les ensembles et sous-ensembles de la structure sont entièrement terminés et réglés.

Le poseur doit s'assurer que les portées sur plan au dernier indice sont respectées sur le chantier (cf. 6.5.1.2). La pose sans réception préalable de la structure vaut acceptation sans réclamation ensuite liée à des problèmes de tolérances.

Les abords du bâtiment et l'aplomb de la structure porteuse sont dégagés et ne présentent pas de dénivelés gênants (tranchées, remblais, etc.) pour la mise en place des échafaudages ou la circulation des nacelles (chemin de roulement).

Les feuillures éventuelles dans le gros œuvre doivent être nettoyées.

6.7.1. • Modes de poses des panneaux sandwich

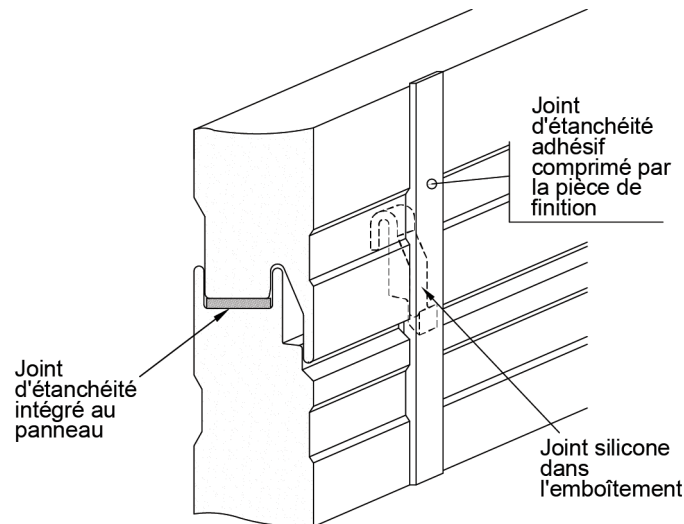
Il y a différents types de poses des panneaux :

- horizontale ;
- verticale.

Tous les types de panneaux ne peuvent pas être posés suivant ces deux types de poses. La fiche technique du panneau indiquera le type de pose envisagé.

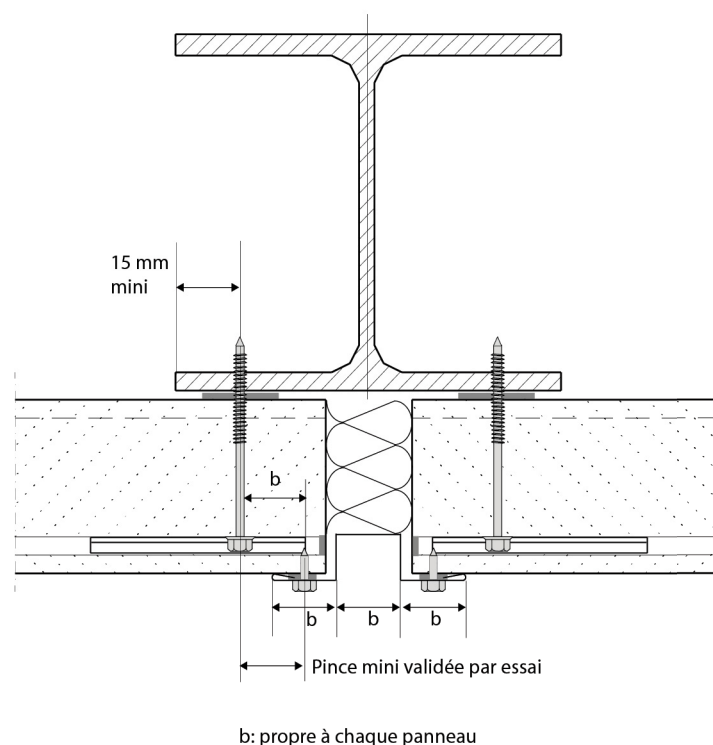
La pose horizontale nécessite obligatoirement :

- une conception du panneau permettant d'éviter la rétention d'eau dans celui-ci en l'absence de joint d'étanchéité sur la face extérieure. De plus la mise en œuvre devra éviter la pénétration d'eau dans les jonctions transversales (croisement des joints d'étanchéité au droit des couvre-joints) (Figure 15) ;



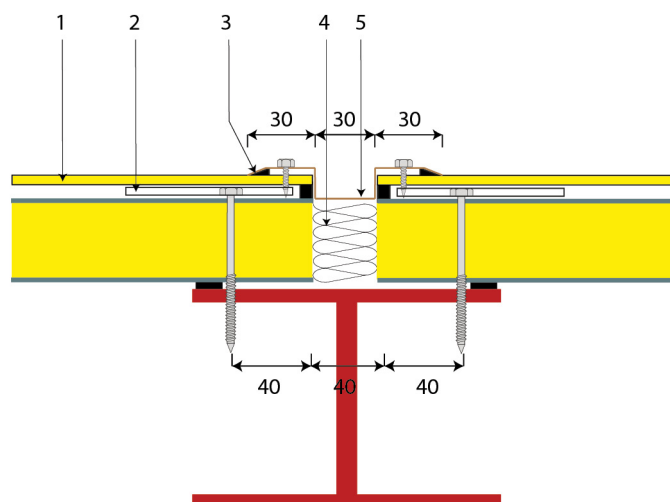
▲ Figure 15 : Panneaux à fixations cachées en pose horizontale : croisement des joints

- la mise en œuvre de dispositifs de drainage des eaux de pluie. Des exemples de détails constructifs permettant d'assurer le drainage des eaux de pluie sont donnés ci-dessous (cf. Figure 16).



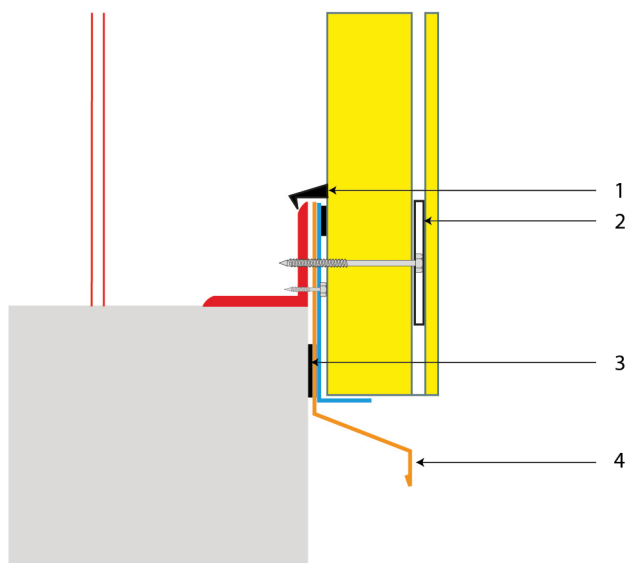
▲ Figure 16 : Exemples de dispositifs de drainage des eaux de pluie

Dans le cas de la forte hygrométrie, des exemples illustrant le positionnement des joints sont donnés aux figures ci-dessous.



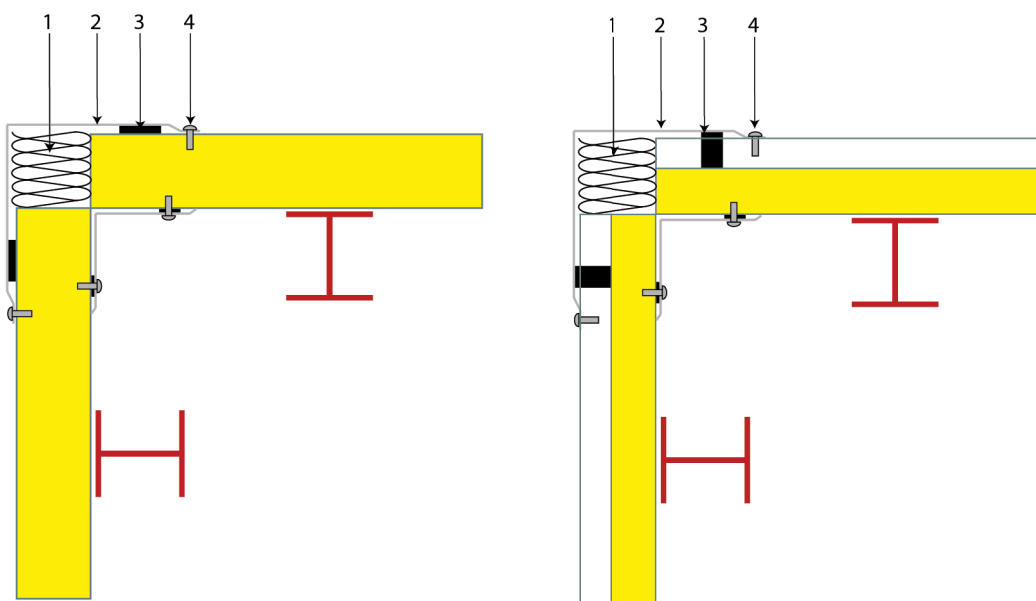
1 : Panneau fixation cachée - 2 : Plaquette de répartition
3: Joint d'étanchéité - 4: Complément d'isolation - 5: Profil extérieur

▲ Figure 17 : Positions des joints au niveau de la jonction transversale de panneaux dans le cas de la forte hygrométrie



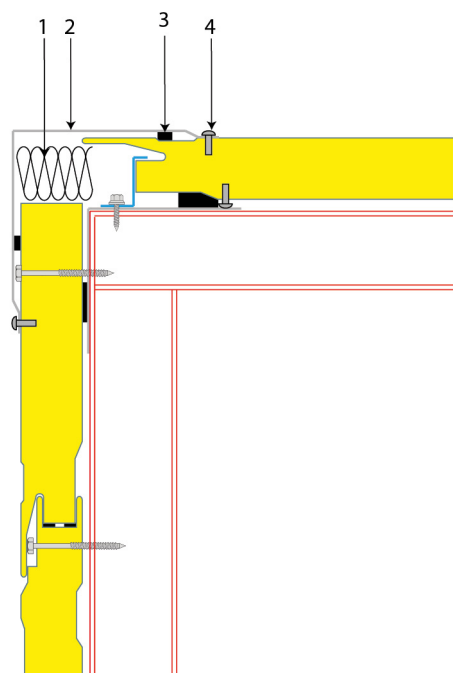
1 : Mastic silicone (en cas de forte hygrométrie) - 2 : Plaquette de répartition
3: Joint d'étanchéité - 4: Bavette

▲ Figure 18 : Positions des joints en pied de bardage dans le cas de la forte hygrométrie



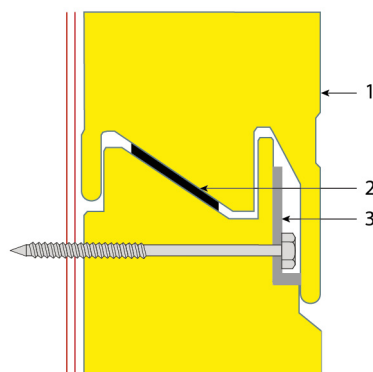
1 : Complément d'isolation - 2 : Angle en tôle pliée
3: Joint d'étanchéité - 4: Rivet

▲ Figure 19 : Pose horizontale – Positions des joints en angles dans le cas de la forte hygrométrie



1 : Complément d'isolation - 2 : Angle en tôle pliée
3: Joint d'étanchéité - 4: Rivet

▲ Figure 20 : Pose verticale – Positions des joints en angles dans le cas de la forte hygrométrie



1 : Panneau à fixation cachée
2 : Joint d'étanchéité - 3: Plaquette de répartition

▲ Figure 21 : Position du joint au niveau de l'emboîtement longitudinal de panneaux à fixations cachées

6.7.2. • Manutention des panneaux sandwich

Ils ne doivent pas être choqués ou griffés afin d'éviter soit la mise à nu du métal soit la détérioration du revêtement, soit des déformations les rendant impropre à la bonne exécution des travaux.

La manipulation des panneaux se fera en évitant la prise des panneaux par leurs rives et, de préférence, à chant avec le côté mâle vers le bas.

Il est impératif de basculer les panneaux sandwich sur chant afin d'éviter leur ruine :

- pour les panneaux de faible épaisseur (30 à 80 mm) lorsque leur longueur dépasse 8 m ;
- pour les panneaux d'épaisseur supérieure à 80 mm lorsque leur longueur est supérieure à 100 fois leur épaisseur.

Pour les panneaux sandwich de masse inférieure à 70 kg, la manutention des panneaux du lieu de stockage au lieu de mise en œuvre pour pose se fera en évitant absolument la prise sur les languettes de rive ou sur le parement recouvrant et de préférence à chant avec le côté mâle vers le bas.

Pour tout panneau sandwich de masse supérieure à 70 kg, la manutention se fera avec des moyens appropriés (panneaux posés et calés sur au moins deux appuis par des élingues (Figure 12), et un palonnier à ventouses (Figure 13).

6.7.3. • Principe de montage

Les différentes phases de montage (cf. [Annexe H] pour les détails) sont les suivantes :

- installation des bavettes (facultatif en pose horizontale) et pièces de départ ou calage provisoire en pied de façade et des façonnés d'angle intérieur ;
- mise en place des joints mousse sur les appuis hauts, bas, en angles, au droit des jonctions transversales et des ouvertures ;

- installation et fixation du premier panneau après avoir vérifié son aplomb, son alignement ou son niveau suivant le mode de pose ;
- mise en place des compléments d'étanchéité en pose horizontale au droit des jonctions transversales et au droit des ouvertures ;
- installation et fixation des panneaux suivants selon la même procédure,
- mise en place des compléments d'isolation ;
- mise en place des étanchéités à l'eau au droit des jonctions transversales en pose horizontale au droit des jambages ;
- fermeture des angles ;
- capotage des extrémités de panneaux en pose horizontale, capotage des jambages.

Note

Perçage et découpe : Éliminer soigneusement, au fur et à mesure de la pose, les limailles de métal par un nettoyage à la brosse de nylon et à l'eau claire (sans détergent).

6.7.3.1. • Particularité de la pose horizontale

La pose commence du bas de la façade vers le haut. Les panneaux sont posés sur des pièces de départ positionnées au préalable et définies dans les fiches techniques des fabricants.

6.7.3.2. • Particularité de la pose verticale

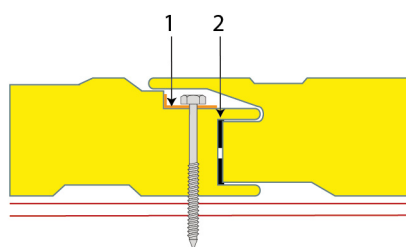
La pose verticale des panneaux est réalisée à partir d'un angle de bâtiment ou en partant de joints de dilatation en prenant appui sur des pièces de départ. Pour le cas où plusieurs panneaux sont utilisés sur la hauteur du bâtiment, la jonction se fera avec une pièce de départ et une bavette.

6.7.4. • Choix des compléments d'étanchéité

6.7.4.1. • Disposition minimale

Deux types de compléments d'étanchéité sont envisagés :

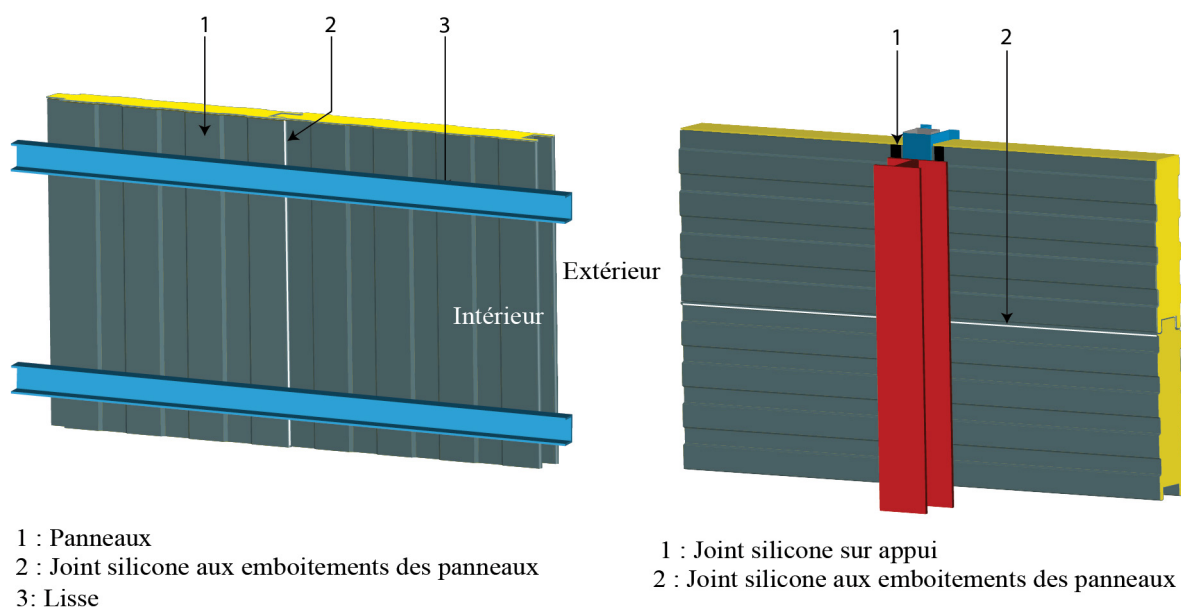
- un complément d'étanchéité à l'eau côté extérieur, sauf en fixation cachée si la disposition de l'assemblage crée une chambre de décompression (cf. Figure 22).



1 : Plaquette de répartition - 2 : Joint d'étanchéité

▲ Figure 22 : Chambre de décompression

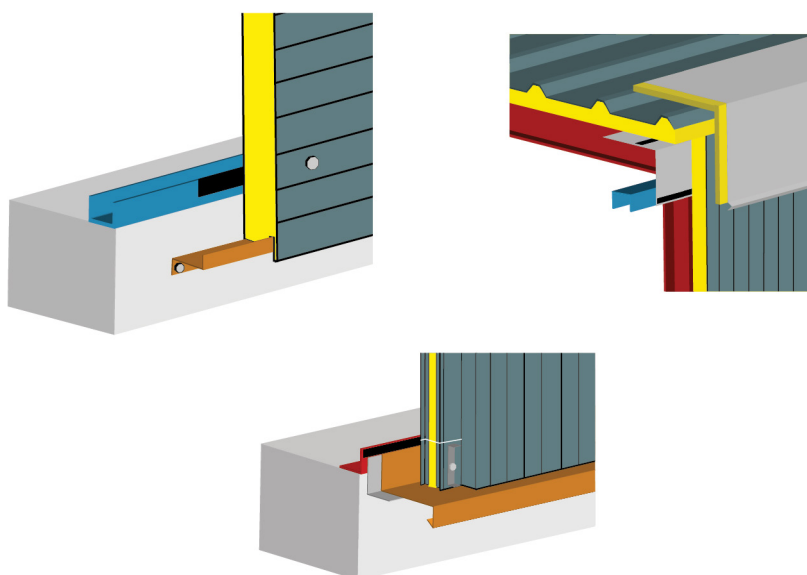
- un complément d'étanchéité à la vapeur et à l'air côté intérieur ;
Des exemples de compléments d'étanchéité sont définis au paragraphe (5.6) et sur les Figures 23, 24 et 25 ci-dessous.



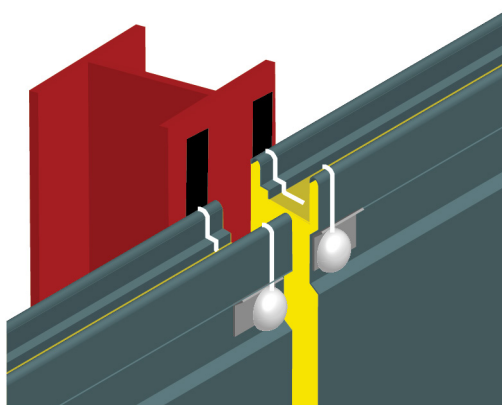
1 : Panneaux
2 : Joint silicone aux emboitements des panneaux
3: Lisse

1 : Joint silicone sur appui
2 : Joint silicone aux emboitements des panneaux

▲ Figure 23 : Positions des joints intérieurs



▲ Figure 24 : Positions des joints dans le cas de panneaux à fixations cachées



▲ Figure 25 : Disposition en extrémité des panneaux sandwich (pose avant emboîtement d'un bourlet et d'un cordon mastic silicone relié au complément d'étanchéité disposé sur appui)

6.7.4.2. • Cas spécifique de la forte hygrométrie et pression de vapeur comprise entre 10 et 15 mmHg (bâtiments climatisés)

En forte hygrométrie, les joints d'étanchéité sont doublés et doivent se recouper pour assurer la continuité du plan d'étanchéité (Figure 15).

Au niveau des emboîtements, des jonctions de panneaux et dans les angles, un joint type silicone est nécessaire côté intérieur du bâtiment lors de la mise en œuvre des panneaux.

6.7.5. • Choix des fixations

Le type et le diamètre des fixations, les rondelles d'appui et d'étanchéité doivent être conformes au paragraphe (5.7) et à l'[Annexe K] du présent document.

Les performances minimales auxquelles doivent répondre les assemblages figurent dans l'[Annexe I] du présent document.

6.7.5.1. • Choix des fixations sur l'ossature porteuse

Le type de fixation doit être adapté à l'assemblage à réaliser.

La longueur des fixations doit être en adéquation avec l'épaisseur totale (épaisseur du panneau à serrer + épaisseur ossature + vide sous insert le cas échéant) à assembler.

Le choix des fixations est établi en fonction :

- de la nature du support ;
- de l'atmosphère extérieure et de l'ambiance intérieure du bâtiment ;

Note 1

Se référer à l'annexe A de la norme NF P 34-205-1 (référence DTU 40.35) pour les expositions extérieures, et à l'annexe E (paragraphe E 6.1.1.4) de la norme NF DTU 43.3 P1-2 pour les ambiances intérieures.



- l'épaisseur totale à assembler.

Le nombre de fixations est déterminé en fonction :

- de la résistance à l'arrachement (P_k / γ_M) ;
- de la résistance au déboutonnage selon la méthode retenue en [Annexe I] du présent document ;
- des dépressions de vent ;
- des efforts de gradients thermiques à prendre en compte, selon les prescriptions des DPM ou lors d'un dimensionnement par calculs selon l'annexe E de la norme NF EN 14509 ;

Note 2

En fonction des méthodes utilisées, il peut y avoir les tableaux de charges/portées en fonction de la couleur du parement extérieur.

- des pressions/dépressions intérieures liées au procédé (exemple procédé spécifique : bâtiment pressurisé...) ;
- de l'espacement des ossatures porteuses ;
- du mode de pose du panneau (2 à 3 appuis ou plus) ;
- de la largeur utile du panneau ;
- des capacités résistantes issues de l'essai de fatigue pour les panneaux à fixations cachées ;

La densité de fixations est à vérifier conformément au paragraphe (5.8) et à l'[Annexe I] et à l'[Annexe K] du présent document en fonction des efforts de vent appliqués et de la résistance propre des organes de fixation.

6.7.5.2. • Choix des fixations des pièces de finition

Les fixations de couture sont définies au paragraphe (5.7.2).

Le diamètre minimum est de 4,8 mm.

L'espacement maximal entre deux fixations de couture en angle ou rive de bâtiment est de 500 mm.

L'espacement maximal entre deux fixations sur les façonnés est de 1 m maximum. En fonction de la zone sismique (cf. 4.7.2), cet espacement peut être réduit à 500 mm selon le rapport de validation des essais sismiques définis en [Annexe C] du présent document.

6.7.5.3. • Outillage de pose des fixations

Les vis doivent être mises en œuvre avec une visseuse munie d'une butée de profondeur et d'un limiteur de couple, dans le cas contraire, on finira de serrer les fixations au vilebrequin selon les préconisations du fabricant de fixations.

6.7.5.4. • Outillage de découpe

Les outillages de découpe sont :

- scie à dents fines (scie circulaire) ou scie spécifique pour les panneaux ;
- grignoteuses pour les façonnés de finition.

6.7.5.5. • Ancrage des fixations

Pour les supports acier :

- le filetage des vis autotaraudeuses doit toujours dépasser de 1 diamètre au minimum sous le support ;
- le filetage des vis autoperceuses doit toujours être visible sous le support.

Pour les supports bois, l'ancrage doit être au minimum de 50 mm.

Sur charpente béton avec insert, il faut vérifier la compatibilité de la longueur de la fixation avec l'espace sous appui béton.

6.8. • Points singuliers

6.8.1. • Généralités

Les points singuliers sont :

- les pieds de bardage ;
- les angles ;
- les rives d'acrotères ;
- les jonctions bardage/couverture ;
- les cadres de portes ou baies ;
- les jonctions sur mur ;
- les joints de dilatation ;
- les jonctions longitudinales en pose horizontale ;
- les jonctions horizontales en pose verticale.

Des exemples sont donnés en [Annexe H] du présent document.

6.8.2. • Exigences concernant les pièces de finitions

L'épaisseur minimale des pièces de finition est de 0,75 mm ; toutefois lorsqu'une continuité de teinte est nécessaire, il convient de fabriquer le façonné dans la même épaisseur que le parement extérieur du panneau.



Les recouvrements entre façonnés et bardage doivent être de 40 mm minimum.

Couronnement d'acrotère, bavette, etc., doivent comporter une pente de 2 % minimum et un recouvrement de 100 mm minimum [Annexe H].

6.8.3. • Réalisation des points singuliers

L'[Annexe H] du présent document définit la réalisation des points singuliers.

6.8.4. • Découpes de panneaux sur chantier

Il est rappelé que les outils de découpe sont définis au (6.9.3.4).

Des limailles et/ou copeaux peuvent jaillir lors des coupes. Ils doivent être éliminés immédiatement des revêtements afin d'éviter leur incrustation.

6.8.5. • Percement de panneau sur chantier

Au-delà de 400 × 400 mm, un élément complémentaire d'ossature est obligatoire.

6.8.6. • Film de protection des panneaux

Cette protection provisoire est appliquée en usine par le fabricant. Elle peut avoir deux objectifs :

- la conservation du bon aspect des surfaces.
- la possibilité de différencier le côté intérieur du côté extérieur pour un panneau symétrique dans le cas où les revêtements sont différents mais de coloris identiques.

Elle doit être retirée au plus tard trois mois après sa mise à disposition en usine et une semaine après la pose des panneaux sandwich en raison de son vieillissement aux rayons ultra-violets provoquant des difficultés à son enlèvement.

Ces protections ne sont pas efficaces contre les chocs, les rayures.

Le film de protection doit être décollé localement au droit de l'emboîtement des panneaux avant la pose.

Attention, dans le cas d'utilisation d'un palonnier à ventouse, le film doit être retiré au moins à l'endroit des ventouses.

6.9. • Réception des travaux

Il convient de se référer au chapitre 8.



6.10. • Bonnes pratiques environnementales

6.10.1. • FDES

Les panneaux sandwich à deux parements acier et à âme polyuréthane ou PIR peuvent faire l'objet d'une FDES (cf. 4.10).

Il convient de se référer à la documentation technique et/ou commerciale du fabricant ainsi qu'à la base INIES ¹. Les FDES sont aussi déposées sur le site internet du Ministère en charge de l'environnement.

6.10.2. • COV et TVOC

L'étiquetage environnemental des panneaux est obligatoire.

Cet étiquetage ne figure pas sur le marquage CE.

6.11. • Prescriptions dans le cas de réalisation de bardage en panneaux sandwich sur existant

Il convient d'effectuer une étude préalable de la stabilité de l'ossature et des éléments porteurs du bardage en panneaux sandwich.

La stabilité des ouvrages est à vérifier. Les études préalables de stabilité sont à la charge du Maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence de l'entreprise de pose du bardage.

Ces études ont pour objet de vérifier, avant l'intervention de l'entreprise de pose des panneaux sandwich de bardage, que la structure ou l'ossature du bâtiment ainsi que les éléments porteurs des panneaux sandwich de bardage éventuellement conservés ont la stabilité requise compte tenu de leur état actuel, de la destination du bâtiment, des charges permanentes, des charges d'exploitation et accidentelles.

Les travaux de réfection peuvent entraîner la modification des charges permanentes du bardage (augmentation ou diminution).

Les études préalables comportent également le contrôle de la planéité. Elles peuvent entraîner la nécessité de travaux confortatifs ou modificatifs de la structure ou des éléments porteurs (par exemple complément d'isolation thermique, etc.).

L'hygrométrie des locaux peut avoir ou avoir eu des conséquences sur l'ensemble des dispositions constructives : stabilité, corrosion, condensation, performances thermiques, etc.; les études préalables doivent en tenir compte.

.....
■ 1 Base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction

Il convient de vérifier que les appuis sont conformes aux prescriptions des présentes Recommandations Professionnelles.

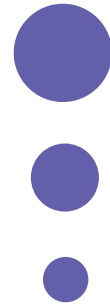
Le P_k des fixations sur existant doit faire l'objet d'une validation préalable (essai d'arrachement).

Les mises en œuvre au droit des points singuliers sont différentes de celles du neuf. Des études des ponts thermiques sont à faire au cas par cas. L'[Annexe G] du présent document visant les ponts thermiques n'est pas applicable dans le cas de la réhabilitation.



Entretien – maintenance – exploitation

7



7.1. • Entretien extérieur

Il est admis que, pour conserver entièrement leur aptitude à l'emploi, les façades métalliques doivent être normalement entretenues (cf. [Annexe A] du présent document).

L'entretien extérieur des façades métalliques est à la charge du maître d'ouvrage et doit être réalisé au moins une fois par ans. Le rinçage doit obligatoirement être effectué à l'eau claire.

L'[Annexe A] du présent document donne les éléments à effectuer et à respecter.

Les utilisateurs doivent inspecter régulièrement les surfaces des panneaux, afin de constater les endommagements / écrasements locaux causés par des chocs, des détériorations du revêtement organique entraînant une remise en cause de l'intégrité et de la durabilité du panneau sandwich

Font partie de l'entretien, selon nécessité :

- les réparations localisées notamment, par des débuts de corrosion ;
- l'application des peintures, vernis ou résines diverses, après lessivage ou préparation ad hoc du bardage métallique.

Dans tous les cas, le fournisseur de panneaux doit être consulté afin de vérifier la compatibilité du revêtement (métallique ou organique) de réparation avec le revêtement in situ.

En cas d'endommagements/écrasements locaux, il convient de réparer ces endroits au plus vite afin d'éviter la corrosion des parements.

Le remplacement d'un élément ancien par un élément neuf peut entraîner une différence de teinte.

En accord avec le fabricant, les dommages sur revêtement organique occasionnés durant le montage peuvent être rectifiés à l'aide d'une peinture en bombe ou en pot. La peinture s'applique avec un pinceau fin sur les parties faiblement rayées.

Dans le cas de rayure plus profonde, il faut reconstituer le revêtement métallique et appliquer un mastic de finition avant relaquage en accord avec le fabricant, ou procéder à un changement de panneau.

Les peintures doivent être référencées bâtiment qualité extérieure.

En fonction des types de désordres, les traitements recommandés sont mentionnés dans le Tableau 15 ci-après.

Remplacement de panneau endommagé

Le remplacement d'un panneau s'effectue par enlèvement de ses vis de fixation et de celles des deux panneaux l'encadrant. Le pivotement de deux panneaux permet la dépose et la repose du panneau qui les sépare.

En fixations traversantes, en pose horizontale, le remplacement d'un panneau exige le démontage du panneau adjacent en même temps.

En pose verticale, il convient de se reporter à la documentation technique du fabricant.

En fixation cachée, il convient de démonter la travée concernée.

Type de désordre	Traitement recommandé
Choc	<p>– si non percement du parement ou destruction de l'âme sur les tôles prélaquées : ponçage de la zone concernée dégraissage application d'un primaire époxy masticage avec un mastic carrossier courant application d'une couche de finition appropriée à la nature du revêtement (ex laque polyester sur revêtement polyester)</p> <p>– si percement du parement et/ou rupture de l'isolant remplacement du panneau</p>
Rayure	Dito précédemment sauf le masticage
Corrosion	Il y aura lieu également de protéger, dès qu'elles sont décelées, les éventuelles amorces de corrosion provoquées par des projections de corps étrangers (limailles,...). La procédure de protection est identique à la procédure de réparation des chocs.

▲ Tableau 15 : Types de désordres – traitements recommandés

7.2. • Entretien intérieur

L'utilisateur a habituellement la charge de l'entretien de l'intérieur des locaux qu'il occupe.

L'utilisateur doit s'assurer de la compatibilité entre les produits de nettoyage et les revêtements des parements.

Pour plus d'information, se référer au document BP A36-719, guide d'entretien des aciers galvanisés prélaqués dans les environnements frigorifiques et atmosphères contrôlées, et au document BP A36-720, guide d'entretien des aciers inoxydables dans les applications alimentaires ou sanitaires.

7.3. • Retouches de peinture

Sur les parties des façades en tôle d'acier galvanisée

Les retouches des protections détériorées sont effectuées, après nettoyage des surfaces, par application d'une peinture riche en zinc, assurant une protection équivalente.

Sur les parties des façades protégées par peinture

Les retouches sont faites comme il est dit ci-dessus en utilisant la même peinture que celle de protection initiale ou, à défaut, une peinture assurant une protection et un aspect équivalents.

Autocontrôles

8



Au niveau de l'aspect des façades, un aspect régulier, sans hétérogénéité anormale visible est souhaitable.

Une rectitude ou une courbure convenable des lignes extérieures est recommandée.

Les écarts de mesures ne doivent pas dépasser les valeurs définies dans le Tableau 10 donnant les tolérances du support (cf. 6.5.1) et être compatibles avec les documentations techniques du fabricant. En cas d'éventuelles contestations visuelles, les écarts seront mesurés et on se référera au document de réception de la charpente.

L'appréciation de la qualité d'aspect des bardages utilisés en façade ne pourra pas se faire à une distance inférieure à 5 m sous un angle ouvert maximum de $\pm 60^\circ$.

Tous les bardages, et en particulier les bardages plans, provoquent certaines déformations des images réfléchies. Les revêtements organiques métallisés peuvent accentuer cet effet.

Suivant la distance, l'angle d'observation, les rapports de niveau d'éclaircissement entre l'extérieur et l'intérieur, l'aspect des bardages peut présenter certaines variations inhérentes au produit.



Annexes

9



- [Annexe A] : Conditions d'usage et d'entretien
- [Annexe B] : Définition des ambiances intérieures et atmosphères extérieures
- [Annexe C] : Justification sismique des panneaux de bardages
- [Annexe D] : Détermination forfaitaire des actions du vent sur les bardages en panneaux sandwich selon la NF EN 1991-1-4
- [Annexe E] : Détermination forfaitaire des actions thermiques dans le cadre d'un dimensionnement par calcul selon la norme NF EN 14509
- [Annexe F] : Réglementation thermique – performances thermiques de solutions techniques traditionnelles
- [Annexe G] : Traitement des points singuliers – ponts thermiques de liaison et étanchéité à l'air
- [Annexe H] : Détails d'exécution des points singuliers
- [Annexe I] : Capacité résistante des assemblages
- [Annexe J] : Exemple de Fiche technique / tableaux de charges de panneaux sandwich
- [Annexe K] : Accessoires de fixation
- [Annexe L] : Mémento pour la rédaction du dossier de consultation et l'établissement du marché
- [Annexe M] : Essai de fatigue sur panneaux sandwich à fixations cachées (voir cahier 3731 du CSTB)
- [Annexe N] : Hauteurs limites de bâtiment en fonction de l'étanchéité à l'eau
- [Annexe O] : Conditions de réception applicables aux fournitures de panneaux sandwich de bardage à âme polyuréthane (PUR/PIR), à 2 parements en acier et à fixations traversantes ou cachées



ANNEXE A – CONDITIONS D'USAGE ET D'ENTRETIEN

A. 1. Généralités

La réalisation d'ouvrages de bonne qualité est l'objectif du présent document. Toutefois, la condition de durabilité ne peut être pleinement satisfaite que si ces ouvrages sont entretenus et que si leur usage est conforme à leur destination.

A. 2. Entretien

L'entretien est à la charge du maître d'ouvrage ou de ses ayant-droits après la réception de l'ouvrage. Il comporte des visites périodiques de surveillance des ouvrages au moins une fois par an.

Le maître d'ouvrage ou ses ayant-droits consignera les visites dans un carnet d'entretien.

Les travaux sont de la compétence des différents corps d'état.

A. 3. Opérations à effectuer lors d'un entretien

L'entretien normal comporte notamment :

- l'enlèvement périodique des mousses et autres dépôts ;
- le maintien en bon état des descentes d'eaux pluviales ;
- le maintien en bon état des revêtements de protection :
 - en cas de dégradation accidentelle,
 - en cas d'amorce de corrosion ;
- le maintien en bon état des ouvrages qui contribuent à l'étanchéité du bardage (entourage de baies, jonctions transversales, angles ...) ;
- pour les surfaces non soumises au lavage naturel assuré par les précipitations atmosphériques un nettoyage régulier suivi, le cas échéant, d'un traitement systématique et immédiat des parties présentant des amorces de corrosion ;
- la surveillance de la bonne tenue de la structure porteuse dont tous les désordres pourraient se répercuter sur le bardage.

S'il n'est prévu qu'une seule visite par an, elle est effectuée de préférence à la fin de l'automne pour les bâtiments situés à proximité d'arbres.

Note

Il convient d'attirer l'attention du maître d'ouvrage sur le fait que lorsque l'atmosphère ambiante devient plus agressive (pollutions nouvelles, par exemple), l'adaptation des revêtements d'origine doit être réexaminée.

ANNEXE B – DÉFINITION DES AMBIANCES INTÉRIEURES ET ATMOSPHERES EXTERIEURES

B.1. Domaine d'application

Cette annexe a pour objet de définir les différentes hygrométries, les ambiances intérieures et les atmosphères extérieures existantes.

B.2. Hygrométrie des locaux

B.2.1. Généralités

À partir des deux caractéristiques W et n définies ci-après :

- W : la quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par heure, exprimée en grammes par heure (g/h) ;
- n : le taux horaire de renouvellement d'air, exprimé en mètres cubes par heure (m^3/h) ;

On définit quatre types de locaux en fonction de leur hygrométrie en régime moyen pendant la saison froide :

local à faible hygrométrie	$W/n \leq 2,5 \text{ g/m}^3$
local à hygrométrie moyenne	$2,5 < W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$
local à forte hygrométrie	$5 < W/n \leq 7,5 \text{ g/m}^3$
local à très forte hygrométrie	$W/n > 7,5 \text{ g/m}^3$ (hors domaine d'application du présent document).

Une classification des locaux en fonction de leur hygrométrie est donnée à titre indicatif ci-après.

Note

Ce classement ne vise que l'hygrométrie des locaux à ambiance saine, sans prise en compte de l'incidence d'une ambiance chimiquement agressive.

B.2.2 Classement descriptif indicatif des locaux en fonction de leur hygrométrie

Les Documents Particuliers du Marché précisent la classe d'hygrométrie des locaux.

On trouve ci-après et à titre indicatif un classement à priori des locaux les plus courants compte tenu de leur conception, leur destination et leur utilisation.

Certains bâtiments classés ci-après peuvent posséder plusieurs locaux de classe d'hygrométrie différente. Chaque local doit être considéré spécifiquement.

B.2.2.1. Locaux à faible hygrométrie

- Immeubles de bureaux non conditionnés, logements équipés de ventilations mécaniques contrôlées et de systèmes propres à évacuer les pointes de production de vapeur d'eau dès qu'elles se produisent (hottes,...).



- Bâtiments industriels à usage de stockage.
- Locaux sportifs sans public, non compris leurs dépendances (douches, vestiaires,...).

B.2.2.2. Locaux à hygrométrie moyenne

- Locaux scolaires sous réserve d'une ventilation mécanique appropriée.
- Bâtiments d'habitation, y compris les cuisines et salles d'eau, correctement chauffés et ventilés.
- Bâtiments industriels de production dans lesquels il n'est pas généré de vapeur d'eau.
- Centres commerciaux sous réserve d'une ventilation mécanique appropriée.
- Locaux sportifs avec public.
- Locaux culturels et salles polyvalentes ou de culte.

Note

Lors d'une occupation intermittente, l'intensité de l'occupation peut conduire à prendre en considération une classe d'hygrométrie différente. Les DPM le précisent alors.

B.2.2.3. Locaux à forte hygrométrie

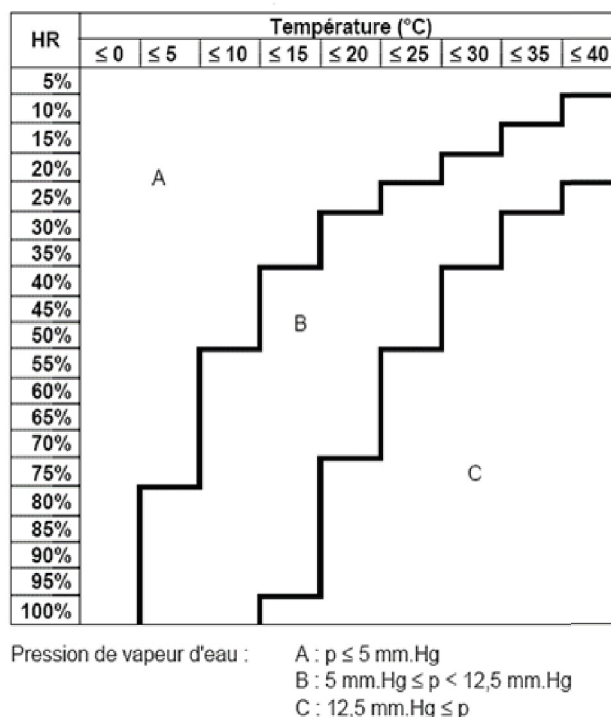
- Bâtiment d'habitation médiocrement ventilé et sur occupé.
- Locaux avec forte concentration humaine (vestiaires collectifs, certains ateliers...).

B.2.2.4. Locaux à très forte hygrométrie (hors domaine d'application du présent document)

- Locaux spéciaux tels que locaux industriels nécessitant le maintien d'une humidité relativement élevée, locaux sanitaires de collectivités d'utilisation très fréquente.
- Locaux industriels avec forte production de vapeur d'eau (conserveries, teintureries, papeteries, laiteries industrielles, ateliers de lavage de bouteilles, brasseries, ateliers de polissage, cuisines collectives, blanchisseries industrielles, ateliers de tissage, filatures, tannage des cuirs,...).
- Piscines.

B.2.2. Pression de vapeur

La figure ci-dessous donne la pression de vapeur à considérer en fonction de la température et de l'humidité relative.



▲ Figure B. Pression de vapeur en fonction de la température et de l'humidité relative

B.3. Ambiances intérieures

Ambiance saine : milieu ne présentant aucune agressivité due à des composés chimiques corrosifs.

Ambiance agressive : milieu présentant une agressivité (corrosion chimique, aspersions corrosives,...) même de façon intermittente, par exemple piscines à fort dégagement de composés chlorés, bâtiment d'élevage agricole, manèges de chevaux.

B.4. Atmosphères extérieures

B.4.1. Atmosphère rurale non polluée

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées à la campagne en l'absence de pollution particulière, par exemple : retombées de fumée contenant des vapeurs sulfureuses (chauffage au mazout).

B.4.2. Atmosphère urbaine ou industrielle normale

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations et/ou dans un environnement industriel comportant une ou plusieurs usines produisant des gaz et des fumées, créant un accroissement sensible de la pollution atmosphérique sans être source de corrosion due à la forte teneur en composés chimiques.

B.4.3. Atmosphère urbaine ou industrielle sévère

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations ou dans un environnement industriel avec une forte teneur en composés chimiques, source de corrosion (par exemple : raffineries, usines d'incinération, distilleries, engrais, cimenteries, papeteries, etc.), d'une façon continue ou intermittente.



B.4.4. Atmosphères marines

B.4.4.1. Atmosphère des constructions situées entre 10 km et 20 km du littoral

Elles sont définies dans la norme P34-310.

B.4.4.2. Atmosphère des constructions situées entre 3 km et 10 km du littoral

Elles sont définies dans la norme P34-310.

B.4.4.3. Bord de mer

Moins de 3 km du littoral, à l'exclusion des conditions d'attaque directe par l'eau de mer (front de mer).

B.4.4.4. Atmosphère mixte

Milieu correspondant à la concomitance des atmosphères marines de bord de mer (voir B.4.4.3) et des atmosphères définies aux B.4.2 et B.4.3.

B.4.5. Atmosphères spéciales

B.4.5.1. Atmosphères des constructions soumises à un fort rayonnement UV

Par exemple, constructions situées en métropoles à une altitude supérieure à 900 m.

B.4.5.2. Atmosphères particulières

Milieu où la sévérité des expositions décrites précédemment est accrue par certains effets tels que :

- l'abrasion ;
- les températures élevées ;
- les hygrométries élevées ;
- les dépôts de poussière importants ;
- les embruns en front de mer ;
- etc.

ANNEXE C – JUSTIFICATION SISMIQUE DES PANNEAUX DE BARDAGES

C.1. Principe de justification

Les performances sismiques des systèmes (capacités résistantes sous actions dynamiques et sous déplacements imposés) sont établies par essais suivant les paragraphes C.2, C.3 et C.4.

Le paragraphe C.5 donne les dispositions d'application étendue des essais.

Les efforts agissant sismiques sont établis selon le paragraphe C.6.

Le paragraphe C.7 donne les dispositions à suivre sur le rapport d'étude validant le domaine d'emploi des panneaux en zone sismique.

Le domaine d'application est établi en vérifiant les 2 critères suivants.

C.1.1. Résistance dynamique

Le procédé sollicité par les accélérations définies au paragraphe C.2, ne doit pas tomber, c'est-à-dire restera accroché à la structure. Il ne doit pas y avoir de chute du procédé.

C.1.2. Déplacements (limitation des dommages et sécurité des personnes)

Le procédé sollicité par les déplacements imposés dans le plan et perpendiculairement au plan suivant les paragraphes C.3 et C.4 ne doit pas tomber, c'est-à-dire restera accroché à la structure.

La justification du respect de la réglementation sismique est apportée par un rapport d'étude donnant les zones sismiques admises, les catégories d'importance de bâtiment et les classes de sol selon le paragraphe C.7

Des applications directes des essais sont possibles conformément au paragraphe C5.

Note

Lorsque les efforts et les déplacements restent dans le domaine élastique, la fonctionnalité de l'ouvrage est réputée satisfaite.

Seules les vis testées peuvent être utilisées dans les zones sismiques pour lesquelles les essais ont été nécessaires.

C.2. Essais sismiques d'excitation dans le plan

C.2.1. Principe de l'essai

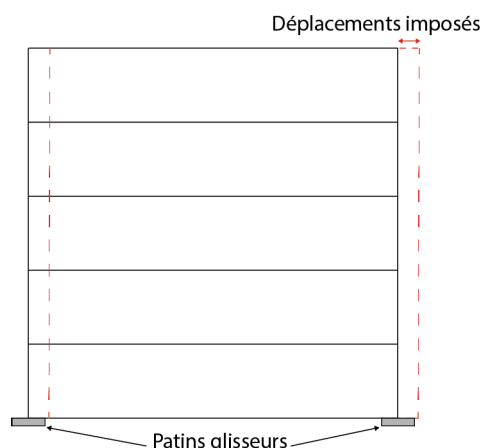
Les essais sont effectués suivant les principes exposés ci-dessous (cahier CSTB 3725).

La maquette d'essai est montée conformément aux conditions finales d'utilisation sur un bâti de 3 m x 3 m minimum (Figure C.1).

Pour couvrir des portées supérieures à celle du bâti d'essai, des masses sont rajoutées en proportion du complément de portée.

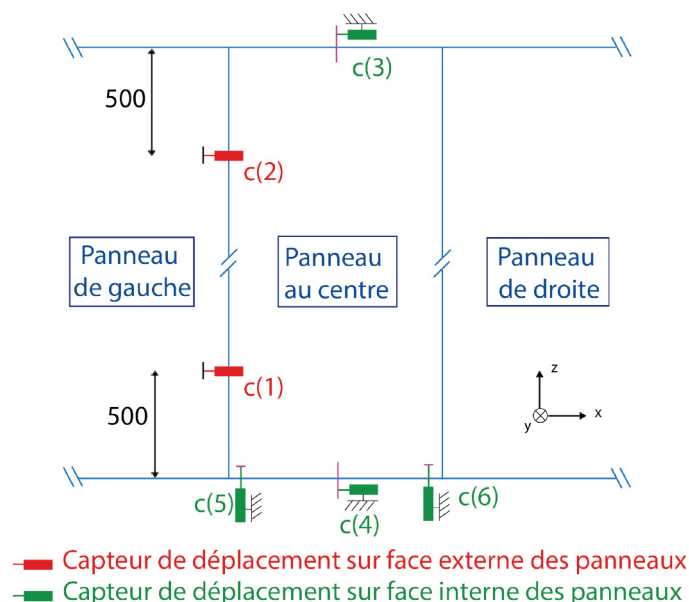
Note

Tester l'épaisseur maximale d'un panneau avec ses épaisseurs de parements minimum permet de valider toute la gamme d'épaisseur de ce panneau associé à toutes les épaisseurs de parements à matériaux identiques.



▲ Figure C.1. Montage des panneaux en pose horizontale sur un bâti verticale

Les capteurs de déplacements et les accéléromètres sont montés conformément à la (Figure C.2).



▲ Figure C.2. Dispositions des capteurs sur le bâti vertical

Afin de couvrir les différents départements français, le balayage conventionnel donné ci-dessous est appliqué sur la maquette d'essai (cf. Tableaux C.1 et C.2).

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6	Phase 7	Phase 8
Accélération [m/s²]								
f en Hz	3,5	5	6,4	8	9,3	11,2	14	16,5
1								
2	22,2	31,7	40,5	50,7				
3					26,2	31,5	39,4	46,4
4								
5	3,5	5,1	6,5					
6				5,6				
7					4,8	5,8		
8	1,4						5,5	6,5
9		1,6						
10			1,6					
11				1,7				
12					1,6			
13						1,7		
14							1,8	
15								1,9

▲ Tableau C.1. Balayage conventionnel des accélérations

Les résultats d'essai sont formulés sous la forme « passe / ne passe pas » en fonction de la chute ou non des panneaux sous les différentes accélérations associées à une masse embarquée et à une portée visée pour un type de panneau et de fixations testés.

En alternative, le protocole suivant est aussi utilisable.

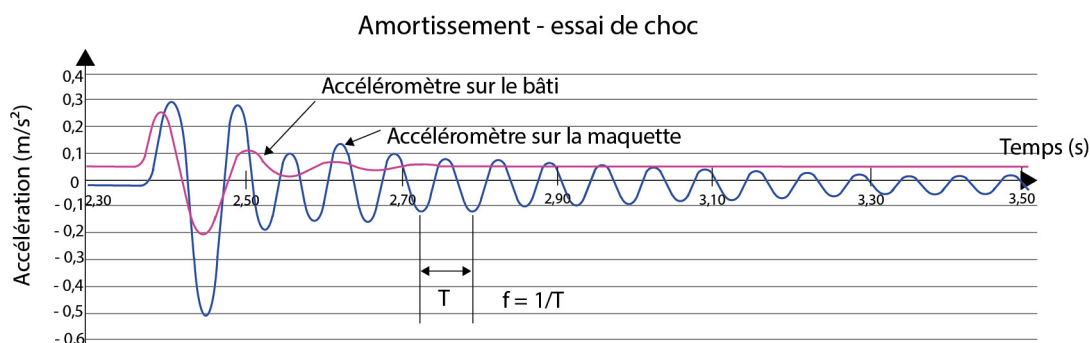
C.2.2. Sollicitations appliquées

La définition des sollicitations sismiques est donnée dans le cahier 3725 du CSTB et reprise ci-après.

Les accélérations produites par le vérin simulent les accélérations du mur support comme décrit dans le texte de l'Eurocode 8.

Les essais d'excitation dans le plan du support se déroulent en plusieurs étapes :

- Une série de 3 chocs à 2 mm d'amplitude puis une série de 3 chocs à 3 mm d'amplitude sont réalisées afin de déterminer la pseudo fréquence propre du système f_p .



▲ Figure C.3 : Exemple de détermination de la pseudo fréquence propre f_p

- Lorsque la valeur de la fréquence propre du système est inférieure ou égale à 15 Hz, le balayage autour de la fréquence propre est appliqué.
- La maquette est soumise à 8 phases successives. Pour chaque phase, 5 séquences continues de 5 cycles autour de la fréquence propre sont réalisées dans l'ordre croissant des fréquences suivies de 3 séquences continues déterminées conventionnellement.
- Les amplitudes sont à déterminer comme indiqué dans le Tableau C.3. Entre chaque séquence une temporisation de quelques secondes est effectuée afin de parfaitement sérier les différentes phases appliquées. A la fin de chaque phase, une pause est réalisée pour noter les observations en cours d'essai.
- Les amplitudes imposées à la maquette sont calculées d'après la formule suivante :

$$A_{(f.ai)} = \frac{a_i}{(2.\pi.f)^2}$$

Avec :

- a_i : accélération en m/s^2 pour la phase i avec $a_i = 2,75.a_{gr}.\gamma_i.S$;
- a_{gr} : accélération maximale de référence au niveau du sol m/s^2 définie dans l'Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite « à risque normal » ;
- γ_i : coefficient d'importance du bâtiment défini dans l'Arrêté du 22 octobre 2010 ;
- S : paramètre de sol défini dans l'Arrêté du 22 octobre 2010 ;
- f : fréquence en Hz ;
- A : amplitude en mm (le déplacement imposé au vérin est $\pm A$).

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6	Phase 7	Phase 8
Accélération a_i [m/s ²]								
f en Hz	3,5	5	6,4	8	9,3	11,2	14	16,5
$f_p = 0,5$	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles
$f_p = 0,25$	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles
f_p	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles
$f_p + 0,25$	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles
$f_p + 0,5$	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles
2	22,2 10 cycles	31,7 10 cycles	40,5 10 cycles	50,7 10 cycles				
3					26,2 10 cycles	31,5 10 cycles	39,4 10 cycles	46,6 10 cycles
4								
5	3,5 10 cycles	5,1 10 cycles	6,5 10 cycles					
6				5,6 10 cycles				
7					4,8 10 cycles	5,8 10 cycles		
8	1,4 10 cycles						5,5 10 cycles	6,5 10 cycles
9		1,6 10 cycles						
10			1,6 10 cycles					
11				1,7 10 cycles				
12					1,6 10 cycles			
13						1,7 10 cycles		
14							1,8 10 cycles	
15								1,9 10 cycles

▲ Tableau C.2 : Détermination des amplitudes A pour le balayage autour de la fréquence propre

- Lorsque la valeur de la fréquence propre du système est supérieure à 15 Hz, on applique le balayage conventionnel. La maquette est soumise à 8 phases successives. Pour chaque phase, 3 séquences de 20 cycles sont réalisées dans l'ordre croissant des fréquences avec les amplitudes indiquées ci-dessous.

- A la fin de chaque phase, une pause est réalisée pour noter les observations en cours d'essai. L'essai est arrêté dès que la chute d'un élément est constatée ou à la fin de la 8^e phase.
- Enfin, une nouvelle série de 3 chocs de 3 mm d'amplitude est appliquée après le balayage.

C.3. Essais de mise en parallélogramme sous déplacement imposés

Deux solutions en alternative sont possibles :

- soit les panneaux sont testés verticalement (cf. paragraphe C.3.1) ;
- soit les panneaux sont testés horizontalement (cf. paragraphe C.3.2).

Chaque mode d'essai (verticalement ou horizontalement) est équivalent. Il y a lieu d'effectuer l'un ou l'autre.

C.3.1. Essais verticaux

C.3.1.1. Protocole 1

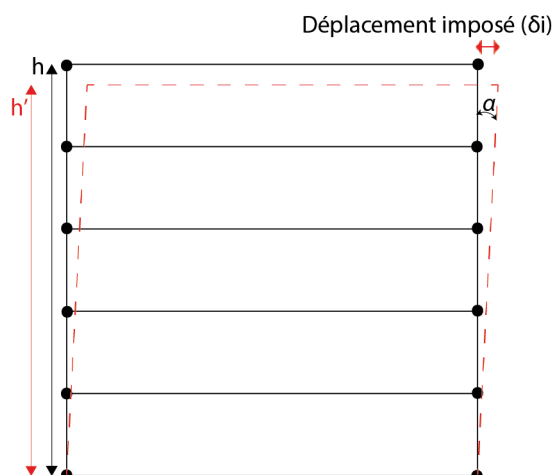
Ces essais sont effectués suivant les principes ci-dessous, selon le cahier CSTB 3725.

La maquette d'essai est montée conformément aux conditions finales d'utilisation sur un bâti de 3 m × 3 m minimum (Figure C.4).

Pour couvrir des portées supérieures à celle du bâti d'essai, il convient de ne pas dépasser le résultat des essais c'est-à-dire les angles résultants de la mise en parallélogramme de la structure porteuse dans son plan ne doivent pas excéder les angles de la maquette d'essai déformée dans son plan lors des essais décrits ci-dessous.

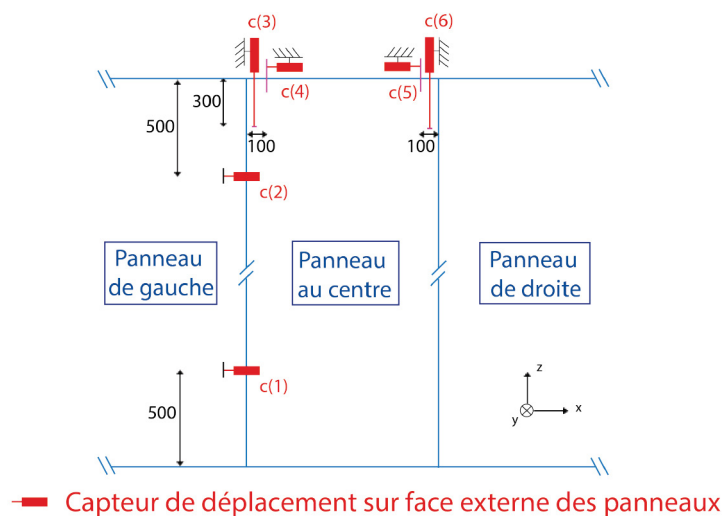
Note

Tester l'épaisseur maximale de panneaux avec les épaisseurs de parements minimum permet de valider toute la gamme.



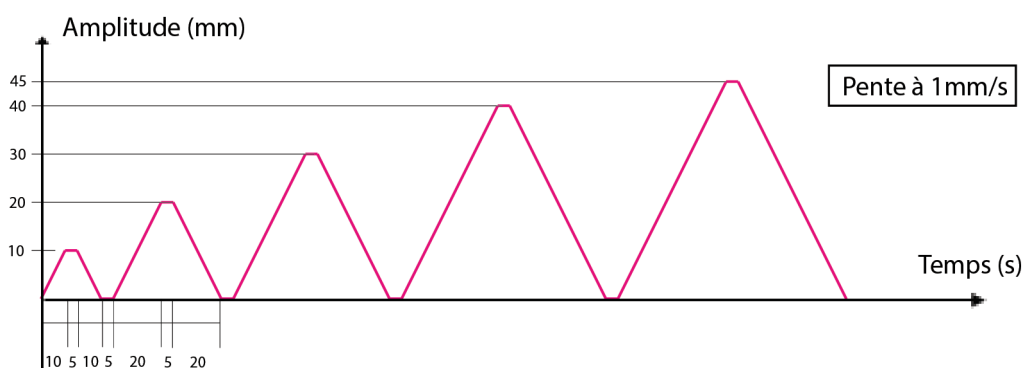
▲ Figure C.4. Montage d'essai des panneaux en pose horizontale sous déplacements imposés sur un bâti vertical

Les capteurs de déplacements sont montés conformément à la (Figure C.5).



▲ Figure C.5. Positionnement des capteurs de déplacements

Afin de couvrir les différents départements français, différentes amplitudes de déplacements sont appliquées (cf. (Figure C.6) et Tableau C.3 ci-dessous).



▲ Figure C.6. Amplitude de déplacements imposés

N° de séquence	Nombre de cycles	Amplitude (mm)	Fréquence (Hz)	(*) accélération calculée (m/s ²)
1	30	± 4,65	6	6,61
2	30	± 45	1	1,78
3	30	± 45	2	7,11
4	30	± 50	1	1,97
5	30	± 60	1	2,37
6	30	± 70	0,8	1,77
7	30	± 80	0,8	2,02
8	30	± 90	0,8	0,23

(*) L'accélération est calculée en partie haute du dispositif d'essai. Au point de pivot inférieur du dispositif, l'accélération est nulle.

▲ Tableau C.3. Amplitude de déplacements imposés en fonction des accélérations

Les résultats d'essai sont formulés sous la forme de déplacements imposés et angles associés satisfaisant le critère de non chute des panneaux pour les différentes amplitudes de déplacements imposées.

C.3.1.2. Protocole 2

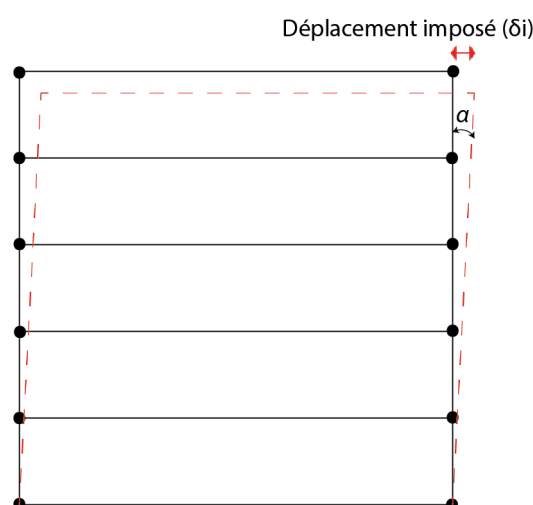
En alternative, le protocole suivant est aussi utilisable.

C.3.1.2.1. Essais de mise en parallélogramme

C.3.1.2.1.1. Objet

L'essai consiste à appliquer une déformation monotone croissante du support de la maquette, suivie par une phase de chargement cyclique.

Le but de l'essai est d'observer la déformation de la maquette et de mesurer les efforts lorsque le support est mis en parallélogramme, tel que décrit sur la (Figure C.7).



▲ Figure C.7 : Mise en parallélogramme du support

C.3.1.2.1.2. Sollicitations appliquées

Le support est déformé progressivement en 6 phases dans son plan (en parallélogramme) par un déplacement statique alterné, puis dynamique appliqué en tête selon les niveaux définis dans le Tableau C.4.

Phase	1	2	3	4	5	6
Déplacement statique	± 10 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 20 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 30 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 40 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 50 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 60 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$
Déplacement dynamique	± 10 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 20 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 30 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 40 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 50 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$	± 60 mm 20 cycles $0,2 \leq f \leq 1 \text{ Hz}$
Déplacement statique	± 10 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 20 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 30 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 40 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 50 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$	± 60 mm 1 cycle $f = 0,02 \text{ Hz}$

▲ Tableau C.4 : Sollicitations à appliquer lors de chaque phase

C.3.2. Essais horizontaux dans le plan des panneaux

Les essais sont effectués suivant les principes exposés ci-dessous.

La maquette d'essai est montée conformément aux conditions finales d'utilisation sur un bâti de 3 m × 3 m minimum (Figure C.8).

Pour couvrir des portées supérieures à celle du bâti d'essai, il convient de ne pas dépasser le résultat des essais c'est-à-dire les angles résultants de la mise en parallélogramme de la structure porteuse dans son plan ne doivent pas excéder les angles de la maquette d'essai déformée dans son plan lors des essais décrits ci-dessous.

Note 1

Les angles α sont établis comme indiqués ci-dessous en fonction de la hauteur de maquette testée, et du déplacement maxi sismique imposé (correspondant au déplacement imposé δ_{lim} par la structure au bardage dans son plan en situation sismique).

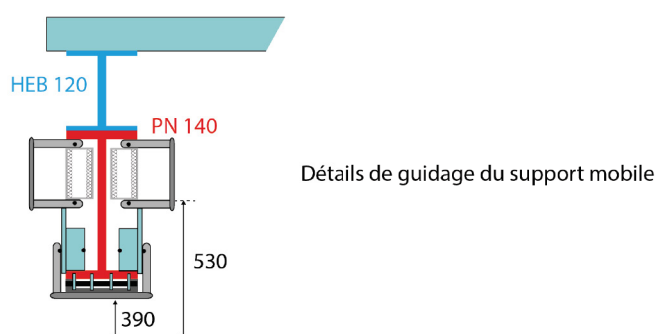
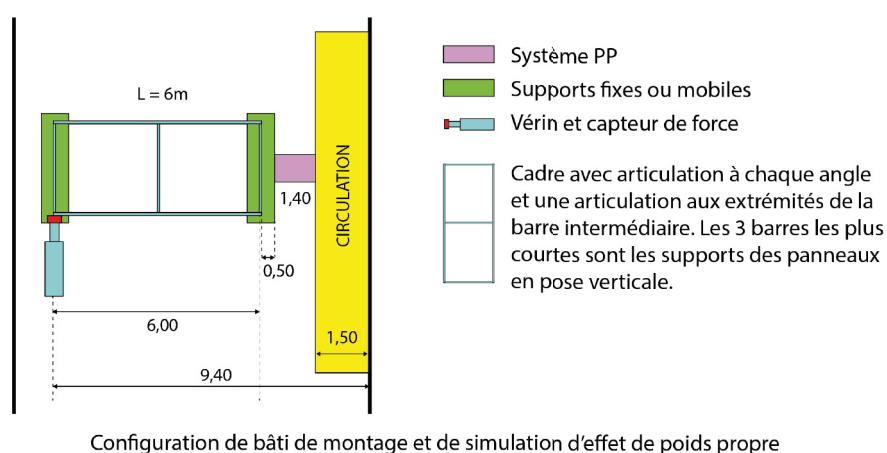
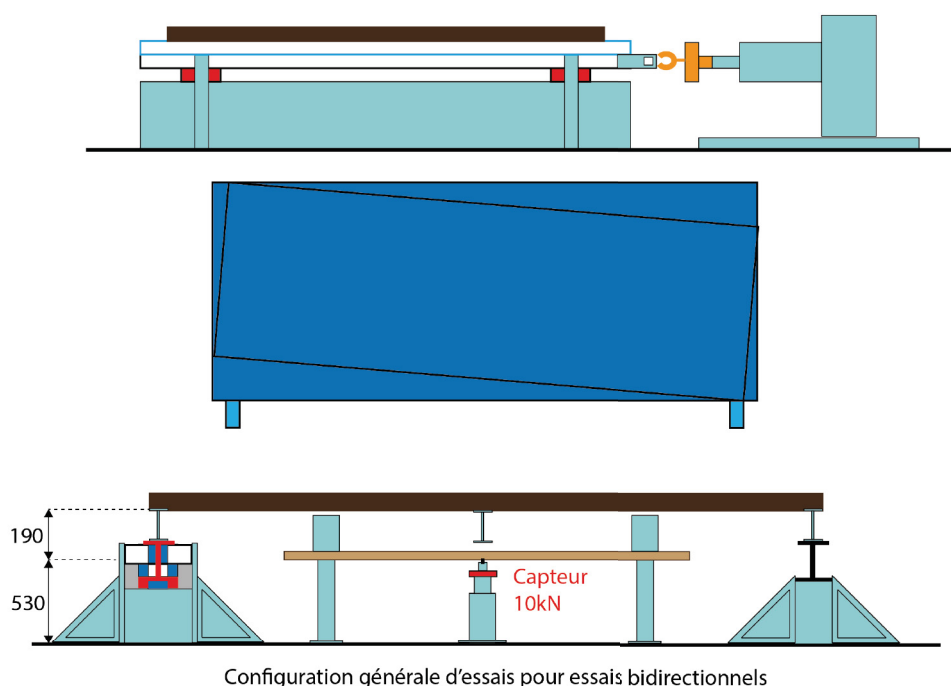
$$\tan \alpha = \frac{\text{déplacement max}(=\delta_{lim})(m)}{h(=3m)}$$

Afin de vérifier la concomitance des déplacements dans le plan et perpendiculairement au plan, des pressions sont appliquées sur les panneaux entre chaque cycle de déplacement imposé dans le plan.

Les efforts perpendiculaires au plan correspondent à 30 % des masses mises en mouvement dans le plan des panneaux.

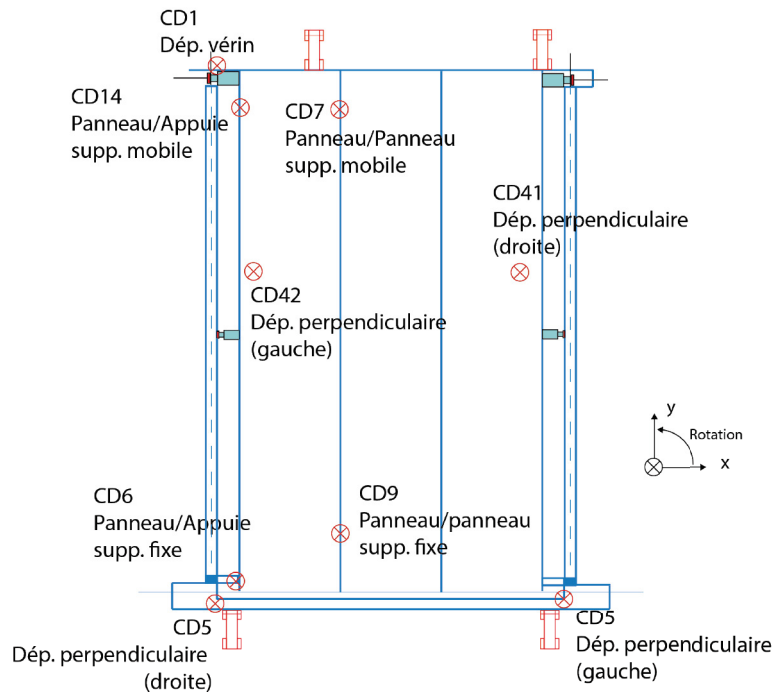
Note 2

Tester l'épaisseur maximale de panneaux avec les épaisseurs de parements minimum permet de valider toute la gamme.



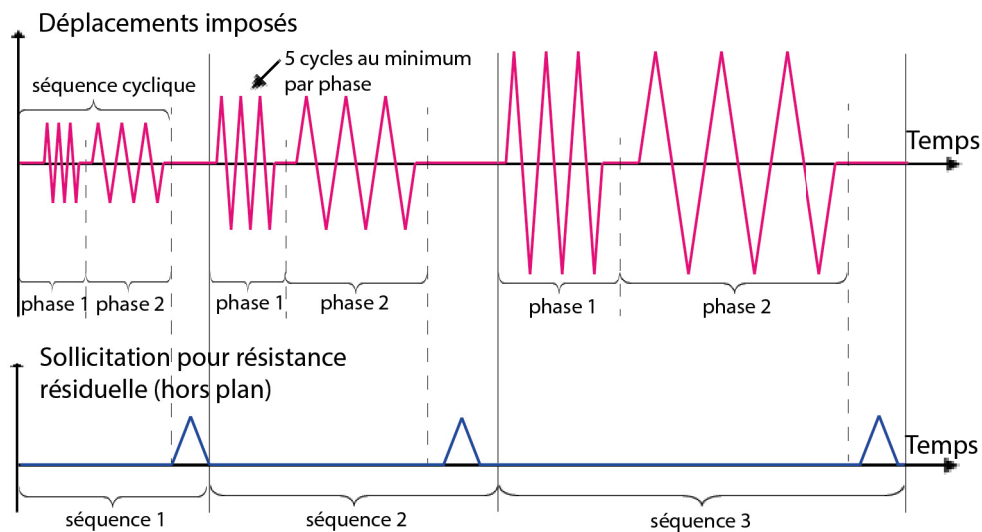
▲ Figure C.8. Dispositif d'essai sous déplacements imposés dans le plan des panneaux sur 3 appuis

Les capteurs de déplacements sont montés conformément à la (Figure C.9).



▲ Figure C.9. Positionnement des capteurs de déplacement

Afin de couvrir les différents départements français, différentes amplitudes de déplacements sont appliquées (Figure C.10).



▲ Figure C.10. Cycles de chargement

C.4. Tenue perpendiculairement au plan

Les essais sont effectués suivant les principes exposés ci-dessous :

- le comportement perpendiculairement au plan pour les panneaux à parements acier et à fixations cachées est étudié lors des essais de fatigue des panneaux ;
- pour les panneaux à parements acier, à fixations traversantes, les essais ont déjà été effectués et ont validé la tenue des assemblages courants moyennant le respect de pince de 20 mm minimum. Il n'y a pas lieu de les référer pour ces types de panneaux, assemblages et pinces.

C.5. Application étendue des essais

Toute application étendue est possible dans la mesure où l'ensemble des éléments ci-dessous sont tous vérifiés :

- l'on ne dépasse pas par attache :
 - la masse maxi par attache associée à l'accélération testée ;
 - les angles maxi imposés lors des essais associés au rapport déplacement imposé/hauteur de la maquette testée ;
- les fixations (et plaquettes éventuelles) utilisées sont identiques aux fixations testées en dynamique et déplacement imposé (diamètre mini, qualité, matériaux, performances mécanique P_k traction, P_k cisaillement, flexion) ;
- le nombre de fixations n'est pas inférieur à celui testé par appui ;
- le panneau a des parements de mêmes matériaux, de limite d'élasticité supérieure ou égale à celles testées et d'épaisseur supérieure ou égale à celle testée en dynamique et déplacements imposés ;
- le matériau d'âme a été testé via un test sur panneau en dynamique et déplacement imposé, (PUR ou PIR) ;
- le panneau est du même type que celui testé (fixations traversantes ou fixations cachées) et emboîtement associé ;
- les pinces sont supérieures ou égales à celles testées en dynamique et en déplacement imposé ;
- aucun élément autre que les accessoires de finition n'est fixé sur les parements du panneau.

En conséquence :

- le test d'un panneau en pose verticale valide le même panneau en pose horizontale à fixations et pinces identiques (nombre, type, qualité, diamètre, performances mécaniques en traction, cisaillement, flexion) ;
- un test sur une épaisseur de parement mini valide une épaisseur de parement égale ou supérieure ;
- un test sur une limite d'élasticité garantie du parement valide une limite d'élasticité garantie égale ou supérieure ;
- un test en dynamique sur une épaisseur de panneau la plus importante valide des épaisseurs plus petites du même panneau (parement, isolant, type) sans pouvoir réduire les épaisseurs mini testées en parallélogramme ;
- un test en déformation imposée sur une épaisseur de panneau la plus petite valide des épaisseurs plus grandes du même panneau (parement, isolant, type) sans pouvoir dépasser les épaisseurs maxi testées en dynamique ;
- un test de mise en parallélogramme sur une épaisseur de parement la plus faible valide des épaisseurs de parement plus



grandes, toutes caractéristiques mécaniques étant au moins égales par ailleurs ;

- une portée testée peut être augmentée si on ne dépasse pas la masse accélérée par attache et si on ne dépasse pas les angles de déformations testés par attache, toutes caractéristiques ci-dessous étant identiques ou meilleures par ailleurs :
 - fixations (nombre par appui, type, qualité, diamètre, performances mécaniques en traction, cisaillement, flexion) ;
 - parements (épaisseur, limite d'élasticité, matériau), hors revêtements métalliques et organiques ;
 - isolant (type, densité) ;
 - type de panneaux (fixation traversante ou cachée).
- une vis de diamètre \emptyset mm testée avec un panneau PU ou PIR valide la même vis de diamètre \emptyset mm d'un panneau PU ou PIR non testée si la masse de celui-ci ne dépasse pas la masse du panneau PU ou PIR testée, le nombre de vis, les caractéristiques de la vis et les pinces étant égales par ailleurs ;
- un test sur acier de limite d'élasticité S_{xxx} GD valide le parement INOX de limite d'élasticité supérieures ou égales à celles de la densité testée ;
- une densité d'isolant plus grande que celle testée est valide si les performances CE sont supérieures ou égales à celle testée ;
- un test sur un nombre de fixations donné par appuis valide des poses avec un nombre de fixations supérieur ou égal à celui testé (les fixations étant identiques par ailleurs) ;
- une pince augmentée par rapport à une pince testée est admise.

C.6. Détermination de l'action sismique agissante dans le plan des bardages

C.6.1. Principe

Elle est déterminée à partir de l'Eurocode 8 et du guide Eléments non structuraux.

Note

Les actions dynamiques sont établies conformément aux formules 4.24 et 4.25 éléments non structuraux paragraphe 4.3.5.2 de la NF EN 1998-1 données ci-dessous également décrites à l'article 2.2.1 du guide ENS.

$$F_a = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a \quad (4.24)$$

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \left(1 + \frac{Z}{H} \right)}{\left(1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_1} \right)^2 \right)} - 0,5 \right] \quad (4.25)$$

Il est également possible d'utiliser la méthode de justification enveloppe définie à l'article 2.2.2 du guide ENS

C.6.2. Détermination pratique

Le Tableau C.6 donne forfaitairement les coefficients à prendre en compte en fonction de la zone sismique, de la catégorie de bâtiment, et des classes de sol pour établir l'action sismique dans le plan du bardage :

$$F_a (N) = (\text{accélération du Tableau C1}) \times M,$$

avec M la masse de bardage en kg

Les accélérations sont établies en supposant la période propre des bardages égale à la période d'excitation sismique, en se positionnant en $z = H$ et en prenant un coefficient de comportement $q_a = 2$.

Il est toujours possible de faire un calcul exact des actions sismiques lorsque les paramètres de calcul F_a et S_a sont connus précisément (période propre de vibration des panneaux et du bâtiment dans la direction considérée, hauteur de calcul etc.).

Les sollicitations sismiques sur les fixations (flexion concomitante au cisaillement en interaction avec l'arrachement) peuvent être établies à partir des expressions ci-dessus. La tenue des assemblages en dynamique doit être établie par essais en grande dimension (cf. Annexe C du présent document).



Accélération [m/s²]							
$2,75 \gamma_I a_{gr} S$		Catégorie d'importance de bâtiment et coefficient d'importance γ_i				Classe de sol S	
		I (0.8)	II (1.0)	III (1.2)	IV (1.4)		
Zones sismiques	2	1,54	1,93	2,31	2,70	A	Classes de sol
		2,08	2,60	3,12	3,64	B	
		2,31	2,89	3,47	4,04	C	
		2,46	3,08	3,70	4,31	D	
		2,77	3,47	4,16	4,85	E	
	3	2,42	3,03	3,63	4,24	A	
		3,27	4,08	4,90	5,72	B	
		3,63	4,54	5,45	6,35	C	
		3,87	4,84	5,81	6,78	D	
		4,36	5,45	6,53	7,62	E	
	4	3,52	4,40	5,28	6,16	A	
		4,75	5,94	7,13	8,32	B	
		5,28	6,60	7,92	9,24	C	
		5,63	7,04	8,45	9,86	D	
		6,34	7,92	9,50	11,09	E	

▲ Tableau C.5. Valeur forfaitaire des coefficients permettant d'établir l'action sismique dans le plan des panneaux de bardage

C.7. Contenu du rapport d'étude

Le contenu du rapport d'étude sismique est le suivant :

C.7.1. Objet

Le rapport d'étude a pour objet de définir l'interprétation des résultats d'essais sismiques (mandataire, laboratoire d'essai, n° de rapport d'essai) et de donner le domaine d'emploi, conformément à la réglementation sismique en vigueur, des systèmes de panneaux sandwich de bardages à 2 parements acier et à âme polyuréthane, à fixation traversante ou cachée en pose verticale ou horizontale.

Le rapport d'étude est réalisé conformément à la réglementation sismique actuelle encadrée par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

C.7.2. Documents de références

- Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Norme NF EN 1998-1, dite Eurocode 8, « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes ».



- Rapport d'essais selon la présente Annexe C.
- Cahier du CSTB 3533 et son modificatif 3533-V2 « Stabilité en zones sismiques, Systèmes de bardages rapportés sur ossature bois faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de Traditionalité ».
- Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment » à risque normal », DGALN/DHUP, juillet 2014.
- Cahier du CSTB 3725 stabilité en zone sismique – systèmes de bardage rapporté faisant l'objet d'un AT.

C.7.3. Hypothèses générales

C.7.3.1. Description du système

Cette partie comprend la description du panneau sandwich et de ses fixations et accessoires, les portées testées.

Elle confirme la ductilité des systèmes de panneaux sandwich de bardages à 2 parements acier $q_a = 2$.

C.7.3.2. Caractéristiques géométriques

Cette partie comprend la description :

- du panneau sandwich (épaisseur de panneau, épaisseur de parements acier ;
- du type d'isolant (densité, référence) ;
- des types de parements acier ;
- la description des organes de fixations (diamètre, vis, rondelle, type, fournisseur) ;
- les masses rajoutées pour les essais d'excitations pour couvrir des portées plus grandes, épaisseur de parements plus grande, épaisseur de panneau plus grande que celles testées et de ses fixations et accessoires.

C.7.3.3. Caractéristiques mécaniques

Les performances mécaniques des panneaux testés sont précisées (cf. NF EN 14509).

Elle confirme la ductilité des systèmes de bardages de panneaux sandwich à parements acier $q_a = 2$.

C.7.4. Interprétation des résultats d'essais

Cette partie donne pour les systèmes testés selon la présente Annexe C :

- les zones, catégories d'importance, classes de sol validées ;
- les dispositions constructives à respecter pour chacune de ces zones, catégories d'importances et classes de sol (conditions de pinces, vis validées (diamètre type fournisseur) ;

- les dispositions éventuelles sur les panneaux d'angle et/ou au droit des ouvertures (chevêtre).

Note

En vertu de la réglementation actuelle, la validation peut couvrir tout ou partie des champs suivants :

- les bâtiments de catégories d'importance I à IV ;
- les zones de sismicité 1 à 4 ;
- les sols de classes A à E.

C.7.5. Sollicitations sismiques**C.7.5.1. Calcul des sollicitations**

Cette partie établit de manière générale le calcul des sollicitations sismiques conformément à la NF EN 1998-1.

C.7.5.2. Effets des sollicitations sismiques sur les panneaux et fixations

Cette partie donne les valeurs des sollicitations agissantes et résistantes sismiques sur les panneaux et fixations des maquettes testées selon l'Annexe C du présent document.

Note

- sont visées les sollicitations dans le plan et perpendiculairement au plan des panneaux ;
- le calcul des fixations doit tenir compte du cisaillement et de la flexion des vis ainsi que de la concomitance de ces efforts avec les efforts d'arrachement.

C.7.6. Conclusion

Cette partie conclut sur le domaine d'emploi des panneaux sandwich de bardage conformément à la réglementation sismique en vigueur.

Elle comporte la date de validation, les mandataires et procédés bénéficiant de cette validation.



ANNEXE D – DÉTERMINATION FORFAITAIRE DES ACTIONS DU VENT SUR LES BARDAGES EN PANNEAUX SANDWICH SELON LA NF EN 1991-1-4 ET SON ANNEXE NATIONALE ET CORRIGENDUM

D. 1. Référentiel

Pour mémoire, le référentiel pour déterminer les actions du vent est le suivant :

NF EN 1991-1-4

NF EN 1991-1-4/NA

NF EN 1991-1-4/NA/A1

NF EN 1991-1-4/NA/A2

Corrigendum

D. 2. Catégorie de terrain

0 :	Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km.
II :	Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur.
IIIa :	Campagne avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé.
IIIb :	Zones urbanisées ou industrielles, bocage dense, vergers.
IV :	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouvertes de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts (Zone non retenue en général).

Le rayon R dans lequel la rugosité de terrain est à qualifier (m) est défini dans le Tableau D. 1 ci-dessous :

h (m)	10	15	20	30	50
R (m)	365	593	837	1362	2515

▲ Tableau D. 1 – Rayon R (en m) à considérer pour le calcul de l'orographie

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) préciseront la catégorie de terrain de l'ouvrage.

A défaut, on peut prendre en compte, par simplification, les catégories de terrains suivantes selon la topographie du site de l'ouvrage :

- Mer ou zone côtière exposée aux vents de mers, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km : catégorie de terrain 0 ;
- Campagne : catégorie de terrain II ;
- Zones urbaines ou industrielles : catégorie de terrain IIIb.



D. 3. Principales hypothèses

Les hypothèses sont les suivantes :

Surface chargée :	$A = 10 \text{ m}^2$	Disposition forfaitaire
Coefficient d'orographie :	$C_o(z) = 1$	En terrain plat (coefficient pris en compte dans le tableau D. 4)
	$C_{o(z)} = 1,15$	Forfaitairement, si l'orographie est à considérer
Coefficient de direction :	$C_{dir} = 1$	Disposition forfaitaire
Coefficient de saison :	$C_{season} = 1$	Disposition forfaitaire
Coefficient de probabilité :	$C_{prob} = 1$	Correspond à une période de retour de 50 ans
Coefficient structural :	$C_s C_d = 1$	cf. note ci-dessous

Note

L'orographie est la prise en compte du relief sur les vitesses de vent.

Le coefficient $C_s C_d$ peut être optimisé précisément selon l'article de la revue Construction métallique n°4, 2011 : valeur du coefficient structural $C_s C_d$ pour un bâtiment en acier.

D. 4. Détermination de la pression/dépression aérodynamique W_k agissant sur les bardages

La pression aérodynamique W_k agissant sur les surfaces est donnée par l'expression suivante :

$$W_k = c_{pnet} \times q_p$$

où :

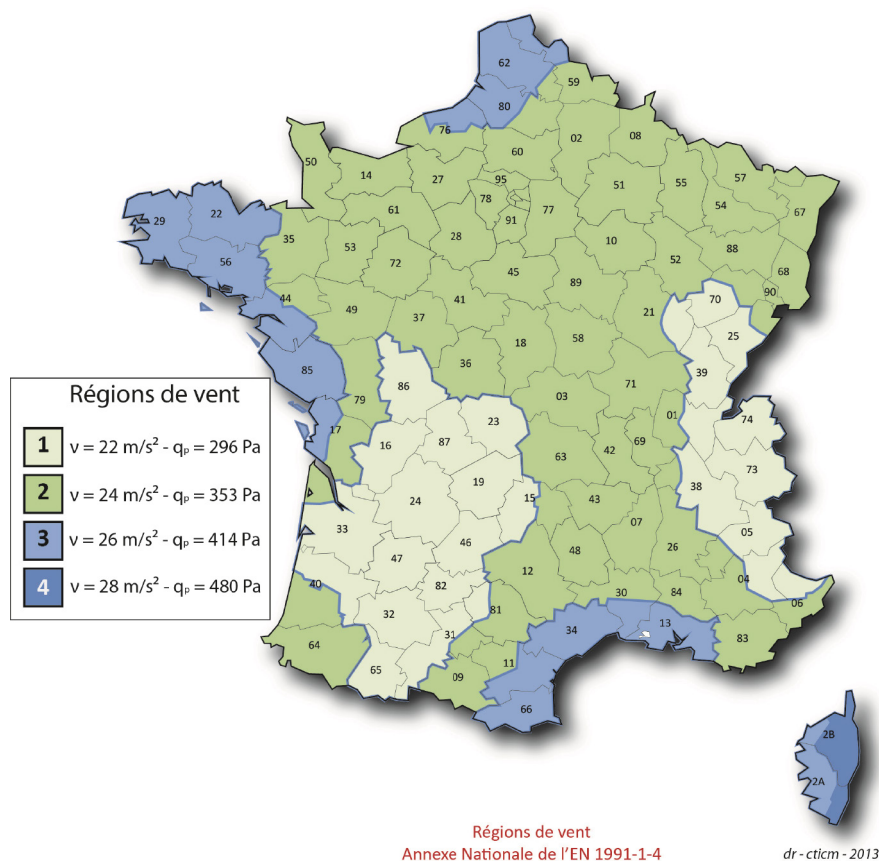
- W_k : est la pression aérodynamique agissant sur les surfaces ($k = 50$ pour une période de retour de 50 ans on obtient W_{50}) ;
- c_{pnet} : est le coefficient de pression net défini dans le Tableau D. 2 (tenant compte du coefficient de pression intérieure et du coefficient de pression extérieure) ;
- q_p : est la pression de vent sous combinaisons à l'ELS (cf. Tableau D. 3).

Les Tableaux D. 4 et D. 5 donnent la charge de vent W_k aux ELS en partie courante avec une période de retour de 50 ans pour les panneaux avec un coefficient d'orographie $C_o(z) = 1$:

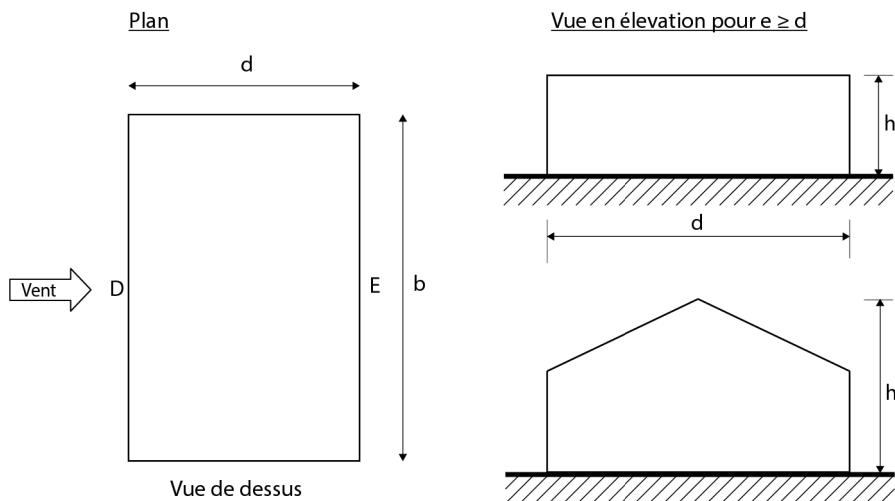
$$W_{50} = q_p \times c_{pnet}$$

	Bâtiments fermés		Bâtiments ouverts	
	Panneaux	Fixations	Panneaux	Fixations
$e < 2,5d$	+1,1/-1,0	-1,4	+1,4/-1,4	-1,8
$e \geq 2,5d$	+1,1/-1,4	-1,4	+1,4/-1,8	-1,8
Bâtiments fermés : $c_{pi} + 0,2/-0,3$ Bâtiments ouverts : $c_{pi} \pm 0,6$ ($c_{pi} = 0,75 c_{pe}$) Avec le signe + pour la pression et le signe - pour la dépression				

▲ Tableau D. 2. Valeurs des coefficients de pression $c_{pe} - c_{pi} = c_{pnet}$ à considérer pour les bardages



▲ Figure D. 1 : Carte de vent



e = la plus petite des dimensions suivantes: b ou $2h$

b : dimension du côté perpendiculaire au vent

▲ Figure D. 2 : Données géométriques pour le calcul des actions caractéristiques du vent

Pression de vent de référence $q_p(1)$ sous combinaison à l'ELS (daN/m ²)						
(2)	Catégorie de rugosité de terrain	≤ 10 m	>10 et ≤15 m	>15 et ≤20 m	>20 et ≤ 30 m	>30 et ≤50 m
Région 1	0	86	93	98	106	116
	II	70	77	83	91	103
	IIIa	54	62	68	77	88
	IIIb	42	50	55	64	75
	IV	38	38	44	52	63
Région 2	0	102	111	117	126	138
	II	83	92	99	109	122
	IIIa	65	74	81	91	105
	IIIb	50	59	66	76	90
	IV	46	46	52	62	75
Région 3	0	120	130	137	148	162
	II	97	108	116	128	143
	IIIa	76	87	95	107	123
	IIIb	58	69	77	89	105
	IV	53	53	61	73	88
Région 4	0	139	151	159	172	187
	II	113	125	135	148	166
	IIIa	88	101	110	124	143
	IIIb	68	80	90	103	122
	IV	62	62	71	84	102

(1) La pression aérodynamique W_k agissant sur les surfaces est donnée par $W_k = c_{pnet} \times q_p$; c_{pnet} étant défini au Tableau D. 1 ci-avant.

(2) La définition des catégories de terrain est donnée dans l'annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA.

▲ Tableau D. 3. Valeurs de la pression de vent caractéristiques de référence q_p

Valeurs de la pression de vent de référence W_{50} sous combinaisons ELS (en daN/m ²) pour un bâtiment fermé						
	Catégorie de rugosité de terrain	≤ 10 m	>10 et ≤15 m	>15 et ≤20 m	>20 et ≤ 30 m	>30 et ≤50 m
Région 1	0	95	102	108	116	127
	II	76	85	91	101	113
	IIIa	60	69	75	85	97
	IIIb	46	54	61	70	83
	IV	42	42	48	57	69
Région 2	0	113	122	129	139	152
	II	91	101	109	120	134
	IIIa	71	82	89	101	116
	IIIb	55	65	72	84	99
	IV	50	50	57	68	82
Région 3	0	132	143	151	163	178
	II	107	119	128	141	158
	IIIa	84	96	105	118	136
	IIIb	64	76	85	98	116
	IV	59	59	67	80	97



Valeurs de la pression de vent de référence W_{50} sous combinaisons ELS (en daN/m ²) pour un bâtiment fermé						
	Catégorie de rugosité de terrain	≤ 10 m	>10 et ≤15 m	>15 et ≤20 m	>20 et ≤30 m	>30 et ≤50 m
Région 4	0	153	166	175	189	206
	II	124	138	148	163	183
	IIIa	97	111	122	137	157
	IIIb	75	88	99	114	134
	IV	68	68	78	93	112

▲ Tableau D. 4. Exemples de valeurs de la pression de vent caractéristique de référence W_{50} pour une combinaison aux ELS avec une période de retour de 50 ans, bâtiment fermé, c_{pnet} (pression) = 1,1

Valeurs de la dépression de vent de référence W_{50} sous combinaisons ELS (en daN/m ²) pour un bâtiment fermé						
	Catégorie de rugosité de terrain	≤ 10 m	>10 à ≤15 m	>15 à ≤20 m	>20 à ≤30 m	>30 à ≤50 m
Région 1	0	-86	-93	-98	-106	-116
	II	-70	-77	-83	-91	-103
	IIIa	-54	-62	-68	-77	-88
	IIIb	-42	-50	-55	-64	-75
	IV	-38	-38	-44	-52	-63
Région 2	0	-102	-111	-117	-126	-138
	II	-83	-92	-99	-109	-122
	IIIa	-65	-74	-81	-91	-105
	IIIb	-50	-59	-66	-76	-90
	IV	-46	-46	-52	-62	-75
Région 3	0	-120	-130	-137	-148	-162
	II	-97	-108	-116	-128	-143
	IIIa	-76	-87	-95	-107	-123
	IIIb	-58	-69	-77	-89	-105
	IV	-53	-53	-61	-73	-88
Région 4	0	-139	-151	-159	-172	-187
	II	-113	-125	-135	-148	-166
	IIIa	-88	-101	-110	-124	-143
	IIIb	-68	-80	-90	-103	-122
	IV	-62	-62	-71	-84	-102

▲ Tableau D. 5. Exemples de valeurs de la dépression de vent caractéristique de référence W_{50} pour une combinaison aux ELS avec une période de retour de 50 ans, bâtiment fermé, c_{pnet} (dépression) = 1,0

ANNEXE E – DÉTERMINATION FORFAITAIRE DES ACTIONS THERMIQUES DANS LE CADRE D'UN DIMENSIONNEMENT PAR CALCUL SELON L'ANNEXE E DE LA NORME NF EN 14509

E.1. Préambule

Pour des parois de couleur claire (groupe de couleur I selon la NF EN 14509), l'effet du gradient thermique est négligé quel que soit le mode de dimensionnement retenu pour les ouvrages.

Lorsqu'un dimensionnement des ouvrages est effectué par calculs selon l'annexe E de la NF EN 14509 ou selon le complément national, le gradient thermique est à prendre en compte explicitement en plus des actions du vent et du poids propre pour les groupes de couleur II et III. De plus, le gradient thermique est à prendre en compte si les DPM le spécifient. Dans ce cas, il doit être établi dans les DPM un gradient thermique d'été et un gradient thermique d'hiver (cf. E.3) :

- Pour les panneaux sandwich faiblement nervurés fixés sur 2 appuis, la vérification du gradient thermique consiste à vérifier le non dépassement de la flèche limite à mi-portée aux ELS.
- Pour les panneaux sandwich fixés sur 3 appuis, la vérification du gradient thermique consiste à vérifier que les moments, réactions d'appui et effort tranchant agissant ne dépassent pas les sollicitations et réactions résistantes aux ELU et que la flèche à mi-portée ne dépasse pas la flèche limite aux ELS.

Note 1

Parement faiblement nervuré : parement au profil laminé ou profilé dont la profondeur ne dépasse pas 5 mm.

Note 2

En fonction des méthodes utilisées il peut y avoir des tableaux de charges/portées en fonction de la couleur du parement extérieur.

E.2. Définition du gradient thermique

Les Documents Particuliers du Marché doivent définir s'il y a lieu de considérer un gradient thermique ΔT .

On rappelle que :

$$\Delta T = T_{\text{extérieure de surface}} - T_{\text{intérieure de surface}}$$

Note 3

Le complément national XP P34 900/CN de la norme NF EN 14509 donne les orientations en termes d'application du gradient thermique.



E.2.1. Cas où le gradient thermique agit sur des systèmes isostatiques

Le gradient thermique se caractérise par une déformation du panneau sandwich perpendiculairement à son plan.

E.2.2 Cas où les effets hyperstatiques d'un gradient thermique ne sont pas à prendre en compte

Lorsque les dispositions technologiques permettent de fait de relâcher les déformations générées par le gradient thermique (panneau sur 2 appuis), les effets hyperstatiques générés par celui-ci ne sont plus à prendre en compte.

E.3. Détermination des températures permettant d'établir le gradient thermique

E.3.1 Détermination des températures intérieures

Les températures intérieures sont définies dans les Documents Particuliers du Marché. A défaut les valeurs définies dans le tableau E.1 ci-dessous peuvent être retenues.

Saison	Température de surface intérieure T_{int}
Été	25°
Hiver	20°

▲ Tableau E.1. Valeurs informatives de la température de surface d'ambiance intérieure T_{int}

E.3.2 Détermination des températures extérieures

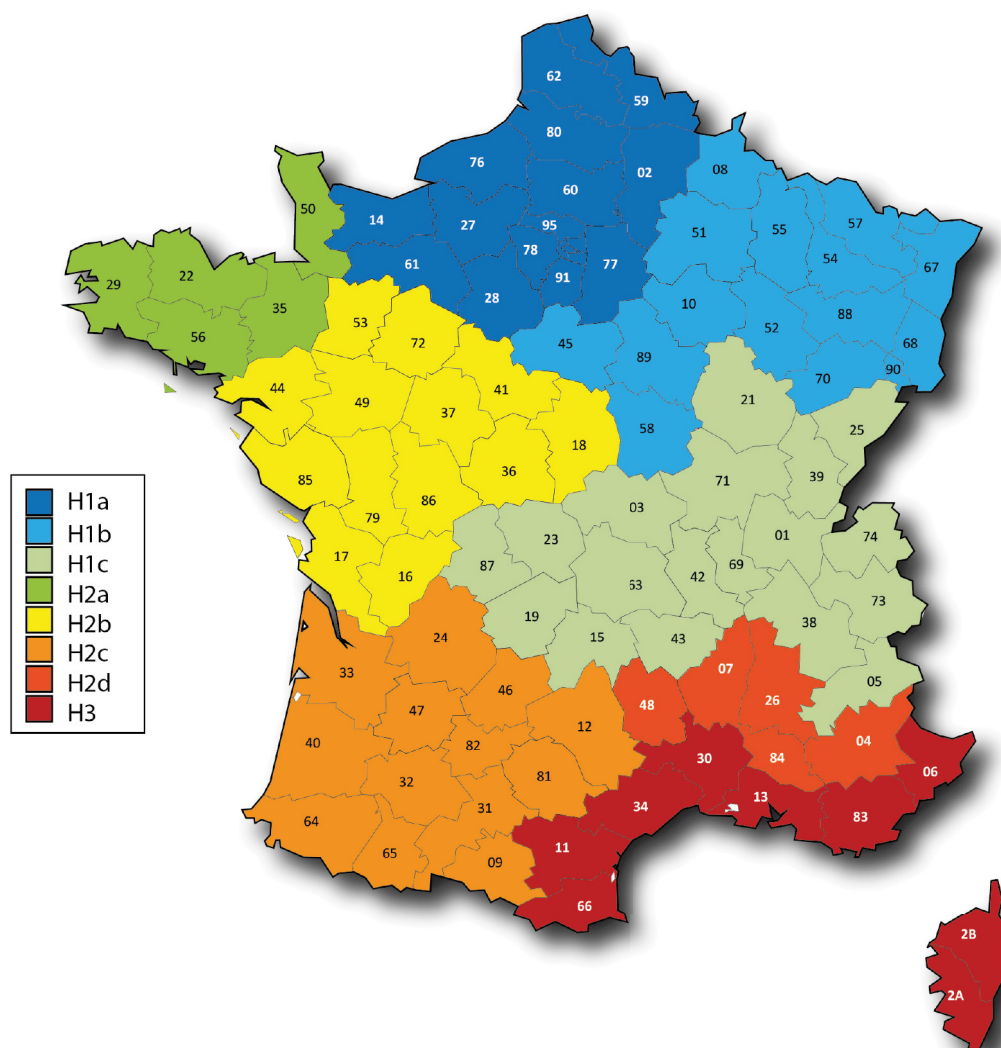
Tant dans le calcul selon la NF EN 14509 que sur spécifications des DPM, il y a lieu de se référer :

- A celles définies ci-après issues des règles Th-BCE de la RT 2012 (cf. tableau E.2),
- A celles définies dans l'annexe nationale de la NF EN 1991-1-5 (cf. tableaux E.3 et E.4),
- A celles définies en fonction de l'altitude (cf. tableau E.5),
- Au tableau RAL (cf. tableau E.6),
- Au chapitre E 3.3 de la NF EN 14509. (cf. tableau E.7),
- Aux Documents Particuliers du Marché.

A défaut, il peut être retenu les valeurs informatives données dans les tableaux E.2 à E.7 ci-après lorsque les pièces du marché recommandent de prendre en compte un gradient thermique sans fixer de valeurs.

Zone climatique telle que définie dans l'arrêté d'application de la réglementation thermique en vigueur	Température moyenne d'été (°C) T_{\min}		Température moyenne d'hiver (°C) T_{\max}	
H1a	Juin	18,1	Décembre	5,5
	Juillet	19,5	Janvier	5,6
	Août	19,8	Février	7,1
	Septembre	15,6	Mars	8,0
H1b	Juin	18,7	Décembre	3,9
	Juillet	20,6	Janvier	4,5
	Août	19,7	Février	5,6
	Septembre	15,1	Mars	6,5
H1c	Juin	18,3	Décembre	4,5
	Juillet	22,2	Janvier	4,4
	Août	22,5	Février	6,9
	Septembre	16,7	Mars	8,9
H2a	Juin	16,8	Décembre	6,6
	Juillet	18,3	Janvier	7,9
	Août	19,6	Février	6,7
	Septembre	17,4	Mars	9,2
H2b	Juin	19,0	Décembre	7,5
	Juillet	20,9	Janvier	7,8
	Août	20,3	Février	7,2
	Septembre	16,9	Mars	9,2
H2c	Juin	19,4	Décembre	5,5
	Juillet	21,1	Janvier	6,3
	Août	22,2	Février	7,1
	Septembre	16,8	Mars	11,3
H2d	Juin	22,0	Décembre	5,7
	Juillet	24,0	Janvier	6,1
	Août	23,0	Février	8,8
	Septembre	19,1	Mars	10,7
H3	Juin	21,0	Décembre	9,1
	Juillet	23,3	Janvier	8,8
	Août	25,0	Février	9,2
	Septembre	21,8	Mars	11,7

▲ Tableau E.2. Valeurs indicatives de T_{\min} et T_{\max} selon les TH-BCE



Carte RT 2012

dr - cticm - 2013

Saison	Facteur significatif		Température de surface extérieure T _{out} en °C	
			Exposition	T _{out} (*)
Été	Absorptivité relative dépendant de la couleur de surface	α _p = 0.4 à 0.6	Nord et est	T _{max} + 0°C
			Sud et ouest	T _{max} + 18°C
		α _p =0.6 à 0.8	Nord et est	T _{max} + 2°C
			Sud et ouest	T _{max} + 30°C
		α _p = 0.8 à 1.0	Nord et est	T _{max} + 4°C
			Sud et ouest	T _{max} + 42°C
Hivers			T _{min}	

T_{max} et T_{min} correspondent aux températures annuelles minimale et maximale de l'air sous abri avec une probabilité annuelle de dépassement de 0.02.

(*) La valeur de la température globale T_{out} est obtenue en prenant les valeurs de T_{max} données dans le tableau E4 ci-dessous et en leur ajoutant les valeurs complémentaires de température données dans le tableau E1.

$T_{out} = T_{max} + T$, avec T donnée dans le tableau ci-dessus et T_{max} donnée dans le tableau ci-dessous.

▲ Tableau E.3. Valeurs informatives de la température de surface d'atmosphère extérieure selon l'annexe nationale de la NF EN 1991-1-5



Pour la France métropolitaine, les valeurs à utiliser sont données dans le tableau ci-dessous.

Pour les Départements et Régions d'Outre-Mer, les valeurs à utiliser sont les suivantes :

- $T_{\max} = +40\text{ °C}$,
- $T_{\min} = +10\text{ °C}$.

Lorsque des conditions climatiques locales spécifiques le justifient, les documents particuliers du marché peuvent spécifier des valeurs différentes. La valeur spécifiée pour T_{\max} ne devra pas alors être inférieure à la valeur donnée par la présente norme, ni la valeur spécifiée pour T_{\min} être supérieure à la valeur donnée par la présente norme.

Département	T_{\max}	T_{\min}	Département	T_{\max}	T_{\min}	Département	T_{\max}	T_{\min}
Ain	40	-30	Gers	40	-20	Pyrénées-Atlantiques	40	-20
Aisne	40	-25	Gironde	40	-15	Hautes-Pyrénées	40	-20
Allier	40	-30	Hérault	40	-20	Pyrénées-Orientales	40	-20
Alpes-de-Haute-Provence	40	-15	Ille-et-Vilaine	35	-15	Bas-Rhin	40	-30
Hautes-Alpes	40	-25	Indre	40	-25	Haut-Rhin	40	-30
Alpes-Maritimes	40	-15	Indre-et-Loire	40	-20	Rhône	40	-30
Ardèche	40	-25	Isère	40	-30	Haute-Saône	40	-30
Ardennes	40	-25	Jura	40	-30	Saône-et-Loire	40	-25
Ariège	40	-20	Landes	40	-20	Sarthe	40	-20
Aube	40	-30	Loir-et-Cher	40	-20	Savoie	40	-30
Aude	40	-20	Loire	40	-30	Haute-Savoie	40	-30
Aveyron	40	-20	Haute-Loire	40	-25	Ville de Paris	40	-20
Bouches-du-Rhône	40	-15	Loire-Atlantique	40	-15	Seine-Maritime	35	-20
Calvados	35	-20	Loiret	40	-20	Seine-et-Marne	40	-25
Cantal	40	-25	Lot	40	-20	Yvelines	40	-20
Charente	40	-20	Lot-et-Garonne	40	-20	Deux-Sèvres	40	-20
Charente-maritime	40	-15	Lozère	40	-25	Somme	35	-20
Cher	40	-25	Maine-et-Loire	40	-20	Tam	40	-20
Corrèze	40	-25	Manche	35	-15	Tarn-et-Garonne	40	-20
Corse-sud	40	-10	Marne	40	-25	Var	40	-15
Haute-Corse	40	-10	Haute-Marne	40	-25	Vaucluse	40	-15
Côte-d'Or	40	-25	Mayenne	40	-20	Vendée	40	-15
Côtes-d'Armor	35	-15	Meurthe-et-Moselle	40	-30	Vienne	40	-20
Creuse	40	-25	Meuse	40	-25	Haute-Vienne	40	-25
Dordogne	40	-20	Morbihan	35	-15	Vosges	40	-30
Doubs	40	-30	Moselle	40	-30	Yonne	40	-25
Drôme	40	-25	Nièvre	40	-25	Territoire de Belfort	40	-30
Eure	35	-20	Nord	35	-25	Essonne	40	-20
Eure-et-Loir	40	-20	Oise	40	-20	Hauts-de-Seine	40	-20
Finistère	35	-15	Orne	40	-20	Seine Saint-Denis	40	-20
Gard	40	-15	Pas-de-Calais	35	-20	Val-de-Marne	40	-20
Haute-Garonne	40	-20	Puy-de-Dôme	40	-25	Val-d'Oise	40	-20

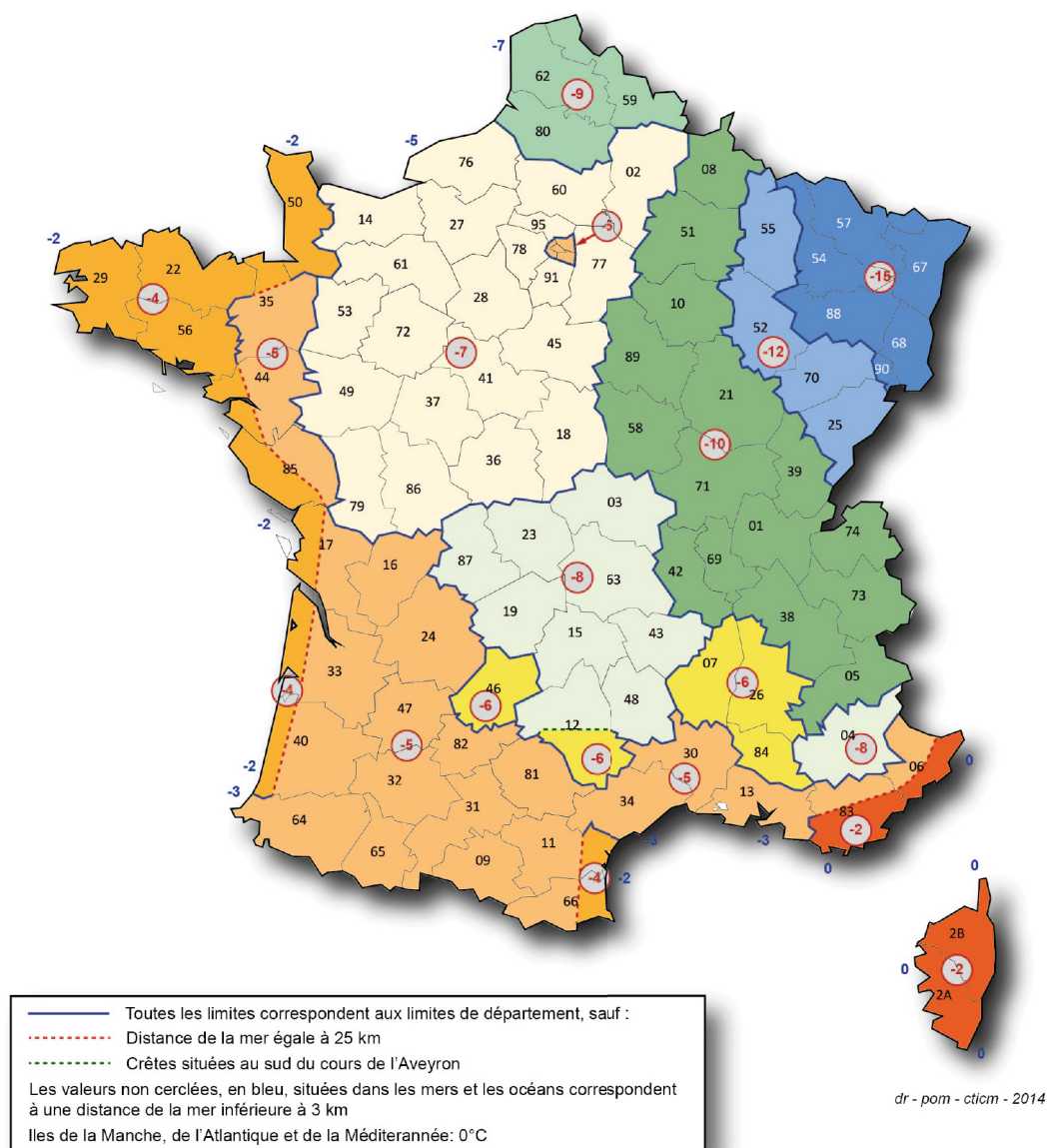
Températures extrêmes de l'air sous abri, par département
métropolitain (en °C)

▲ Tableau E.4. Températures maximales et minimales en France issue de l'annexe nationale de la NF EN 1991-1-5

On détermine d'abord la température de base au niveau de la mer en utilisant la carte ci-dessous.

On passe ensuite de la température de base au niveau de la mer à la température de base à l'altitude du lieu considéré en utilisant le tableau E.5, ci-après.

Pour les versants ensoleillés, on ne prendra jamais de température de base inférieure à -25 °C .



▲ Figure E.2. Carte de températures de base ramenées au niveau de la mer

Altitude (m)	Températures extérieures de base (°C) pour des températures de base au niveau de la mer (Te0) de:							
	-4 °C	-5 °C	-6 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-12 °C	-15 °C
0 à 200	-4	-5	-6	-8	-9	-10	-12	-15
201 à 400	-5	-6	-7	-9	-10	-11	-13	-15
401 à 500	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-16
501 à 600	-6	-7	-9	-11	-11	-13	-15	-17
601 à 700	-7	-8	-10	-12	-12	-14	-16	-18
701 à 800	-7	-8	-11	-13	-	-15	-17	-19
801 à 900	-8	-9	-12	-14	-	-16	-18	-20
901 à 1000	-9	-9	-13	-15	-	-17	-19	-21
1 001 à 1 100	-	-10	-14	-16	-	-18	-20	-22
1 101 à 1 200	-	-10	-	-17	-	-19	-21	-23
1 201 à 1 300	-	-11	-	-18	-	-20	-22	-24
1 301 à 1 400	-	-11	-	-19	-	-21	-23	-25
1 401 à 1 500	-	-12	-	-20	-	-22	-24	-25

Altitude (m)	Températures extérieures de base (°C) pour des températures de base au niveau de la mer (Te0) de:							
	-4 °C	-5 °C	-6 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-12 °C	-15 °C
1 501 à 1 600	-	-12	-	-21	-	-23	-	-
1 601 à 1 700	-	-13	-	-22	-	-24	-	-
1 701 à 1 800	-	-13	-	-23	-	-25	-	-
1 801 à 1 900	-	-14	-	-24	-	-26	-	-
1 901 à 2 000	-	-14	-	-25	-	-27	-	-
2 001 à 2 100	-	-15	-	-26	-	-28	-	-
2 101 à 2 200	-	-15	-	-27	-	-29	-	-
2 201 à 2 400	-	-16	-	-28	-	-30	-	-
2 401 à 2 600	-	-17	-	-29	-	-30	-	-
2 601 à 2 800	-	-18	-	-30	-	-30	-	-
2 801 à 3 000	-	-19	-	-30	-	-30	-	-
plus de 3 000	-	-20	-	-30	-	-30	-	-

▲ Tableau E.5. Détermination des températures extérieures en fonction de l'altitude

Les valeurs suivantes sont informatives. Les températures de surface peuvent aussi provenir d'autres documentations techniques considérant des références RAL complémentaires.

RAL	Coloris	R _G	Température	Groupe de couleur
RAL 1000	Beige vert	72	56	2
RAL 1001	Beige	68	57	2
RAL 1002	Jaune sable	67	57	2
RAL 1003	Jaune de sécurité	70	57	2
RAL 1004	Jaune or	64	58	2
RAL 1005	Jaune miel	57	60	2
RAL 1006	Jaune maïs	63	58	2
RAL 1007	Jaune narcisse	57	59	2
RAL 1011	Beige brun	50	62	2
RAL 1012	Jaune citron	69	57	2
RAL 1013	Blanc perlé	85	54	1
RAL 1014	Ivoire	76	55	2
RAL 1015	Ivoire clair	82	54	1
RAL 1016	Jaune soufre	78	55	1
RAL 1017	Jaune safran	70	57	2
RAL 1018	Jaune zinc	80	54	1
RAL 1019	Beige gris	54	61	2
RAL 1020	Jaune olive	53	61	2
RAL 1021	Jaune colza	73	56	2
RAL 1023	Jaune signalisation	72	56	2
RAL 1024	Jaune ocre	57	59	2
RAL 1026	Jaune brillant	99	50	1
RAL 1027	Jaune curry	47	63	2
RAL 1028	Jaune melon	68	57	2
RAL 1032	Jaune genêt	65	58	2
RAL 1033	Jaune dahlia	67	58	2



RAL	Coloris	R _G	Température	Groupe de couleur
RAL 1034	Jaune pastel	68	58	2
RAL 2000	Orangé jaune	51	61	2
RAL 2001	Orangé rouge	40	65	2
RAL 2002	Orangé sang	37	67	3
RAL 2003	Orangé pastel	55	60	2
RAL 2004	Orangé pur	43	64	2
RAL 2005	Orangé brillant	63	58	2
RAL 2007	Orangé clair brillant	84	53	1
RAL 2008	Orangé rouge clair	53	61	2
RAL 2009	Orangé signalisation	44	64	2
RAL 2010	Orangé de sécurité	45	63	2
RAL 2011	Orangé foncé	53	61	2
RAL 2012	Orangé saumon	48	63	2
RAL 3000	Rouge feu	31	70	3
RAL 3001	Rouge de sécurité	28	71	3
RAL 3002	Rouge carmin	28	71	3
RAL 3003	Rouge rubis	23	74	3
RAL 3004	Rouge pourpre	20	76	3
RAL 3005	Rouge vin	20	76	3
RAL 3007	Rouge noir	18	60	3
RAL 3009	Rouge oxyde	28	71	3
RAL 3011	Rouge brun	23	74	3
RAL 3012	Rouge beige	55	61	2
RAL 3013	Rouge tomate	27	71	3
RAL 3014	Vieux rose	51	62	2
RAL 3015	Rose clair	66	58	2
RAL 3016	Rouge corail	32	68	3
RAL 3017	Rosé	43	64	2
RAL 3018	Rouge fraise	40	65	2
RAL 3020	Rouge signalisation	32	69	3
RAL 3022	Rouge saumon	48	62	2
RAL 3024	Rouge brillant	48	63	2
RAL 3026	Rouge clair brillant	54	61	2
RAL 3027	Rouge framboise	31	69	3
RAL 3031	Rouge oriental	31	69	3
RAL 4001	Lilas rouge	37	66	3
RAL 4002	Violet rouge	29	70	3
RAL 4003	Violet bruyère	46	63	2
RAL 4004	Violet bordeaux	20	76	3
RAL 4005	Lilas bleu	39	65	2
RAL 4006	Pourpre signalisation	30	69	3
RAL 4007	Violet pourpre	18	79	3
RAL 4008	Violet de sécurité	33	68	3
RAL 4009	Violet pastel	51	62	2
RAL 4010	Telemagenta	36	67	3
RAL 5000	Bleu violet	26	72	3

RAL	Coloris	R _G	Température	Groupe de couleur
RAL 5001	Bleu vert	23	74	3
RAL 5002	Bleu outremer	20	76	3
RAL 5003	Bleu saphir	19	78	3
RAL 5004	Bleu noir	15	86	3
RAL 5005	Bleu de sécurité	26	72	3
RAL 5007	Bleu brillant	33	69	3
RAL 5008	Bleu gris	21	76	3
RAL 5009	Bleu azur	28	71	3
RAL 5010	Bleu gentiane	22	75	3
RAL 5011	Bleu acier	18	80	3
RAL 5012	Bleu clair	43	64	2
RAL 5013	Bleu cobalt	15	80	3
RAL 5014	Bleu pigeon	40	65	2
RAL 5015	Bleu ciel	40	65	2
RAL 5017	Bleu signalisation	28	71	3
RAL 5018	Bleu turquoise	44	64	2
RAL 5019	Bleu capri	28	71	3
RAL 5020	Bleu océan	19	78	3
RAL 5021	Bleu d'eau	36	67	3
RAL 5022	Bleu nocturne	19	78	3
RAL 5023	Bleu distant	36	67	3
RAL 5024	Bleu pastel	52	61	2
RAL 6000	Vert patine	37	66	3
RAL 6001	Vert émeraude	32	70	3
RAL 6002	Vert feuillage	29	71	3
RAL 6003	Vert olive	28	71	3
RAL 6004	Vert bleu	21	76	3
RAL 6005	Vert mousse	21	76	3
RAL 6006	Olive gris	20	77	3
RAL 6007	Vert bouteille	18	79	3
RAL 6008	Vert brun	16	79	3
RAL 6010	Vert herbe	37	67	3
RAL 6011	Vert réséda	43	64	2
RAL 6012	Vert noir	21	76	3
RAL 6013	Vert jonc	41	65	2
RAL 6014	Olive jaune	23	74	3
RAL 6015	Olive noir	22	75	3
RAL 6016	Vert turquoise	31	69	3
RAL 6017	Vert mai	41	65	2
RAL 6018	Vert jaune	50	62	2
RAL 6019	Vert blanc	76	55	1
RAL 6020	Vert oxyde chromique	23	75	3
RAL 6021	Vert pâle	55	60	2
RAL 6022	Olive brun	20	77	3
RAL 6024	Vert signalisation	39	66	3
RAL 6025	Vert fougère	36	67	3





RAL	Coloris	R _G	Température	Groupe de couleur
RAL 6026	Vert opale	26	72	3
RAL 6027	Vert clair	66	58	2
RAL 6028	Vert pin	26	72	3
RAL 6029	Vert menthe	32	69	3
RAL 6032	Vert de sécurité	37	66	3
RAL 6033	Turquoise menthe	44	64	2
RAL 6034	Turquoise pastel	62	59	2
RAL 7000	Gris petit-gris	48	62	2
RAL 7001	Gris argent	52	61	2
RAL 7002	Gris olive	44	64	2
RAL 7003	Gris mousse	41	65	2
RAL 7004	Gris de sécurité	57	60	2
RAL 7005	Gris souris	38	66	3
RAL 7006	Gris beige	37	66	3
RAL 7008	Gris kaki	34	68	3
RAL 7009	Gris vert	30	70	3
RAL 7010	Gris tente	30	69	3
RAL 7011	Gris fer	30	70	3
RAL 7012	Gris basalte	31	69	3
RAL 7013	Gris brun	27	72	3
RAL 7015	Gris ardoise	28	71	3
RAL 7016	Gris anthracite	21	76	3
RAL 7021	Gris noir	19	78	3
RAL 7022	Gris terre d'ombre	26	72	3
RAL 7023	Gris béton	45	63	2
RAL 7024	Gris graphite	25	73	3
RAL 7026	Gris granit	23	74	3
RAL 7030	Gris pierre	52	61	2
RAL 7031	Gris bleu	36	67	3
RAL 7032	Gris silex	67	57	2
RAL 7033	Gris ciment	46	63	2
RAL 7034	Gris jaune	50	62	2
RAL 7035	Gris clair	75	55	1
RAL 7036	Gris platine	55	61	2
RAL 7037	Gris poussière	45	63	2
RAL 7038	Gris agate	67	57	2
RAL 7039	Gris quartz	35	67	3
RAL 7040	Gris fenêtre	59	60	2
RAL 7042	Gris signalisation A	54	61	2
RAL 7043	Gris signalisation B	27	71	3
RAL 7044	Gris soie	69	57	2
RAL 7045	Telegris 1	54	61	2
RAL 7046	Telegris 2	47	63	2
RAL 7047	Telegris 4	75	55	2
RAL 8000	Brun vert	39	66	3
RAL 8001	Brun terre de Sienne	39	65	2

RAL	Coloris	R _G	Température	Groupe de couleur
RAL 8002	Brun de sécurité	30	70	3
RAL 8003	Brun argile	40	65	2
RAL 8004	Brun cuivré	33	69	3
RAL 8007	Brun fauve	27	72	3
RAL 8008	Brun olive	28	70	3
RAL 8011	Brun noisette	22	75	3
RAL 8012	Brun rouge	21	76	3
RAL 8014	Brun sépia	19	77	3
RAL 8015	Marron	23	74	3
RAL 8016	Brun acajou	18	78	3
RAL 8017	Brun chocolat	18	79	3
RAL 8019	Brun gris	22	75	3
RAL 8022	Brun noir	14	88	3
RAL 8023	Brun orangé	40	65	2
RAL 8024	Brun beige	30	69	3
RAL 8025	Brun pâle	34	68	3
RAL 8028	Brun terre	22	75	3
RAL 9001	Blanc crème	84	53	1
RAL 9002	Blanc gris	83	54	1
RAL 9003	Blanc de sécurité	89	52	1
RAL 9004	Noir de sécurité	14	89	3
RAL 9005	Noir foncé	13	95	3
RAL 9006	Aluminium blanc	66	57	2
RAL 9007	Aluminium gris	48	63	2
RAL 9010	Blanc pur	90	52	1
RAL 9011	Noir graphite	15	84	3
RAL 9016	Blanc signalisation	88	52	1
RAL 9017	Noir signalisation	13	95	3
RAL 9018	Blanc papyrus	76	55	2

▲ **Tableau E.6** : Température de surface des parements associée aux couleurs de référence RAL

Catégorie	Couleur	Valeur de α_p
claire	blanc, jaune, orange, rouge clair	inférieur à 0,4
moyenne	rouge sombre, vert clair, bleu clair, gris clair	0,4 à 0,6
sombre	brun, vert sombre, bleu vif, gris moyen	0,6 à 0,8
noire	noir, brun sombre, bleu sombre, gris sombre	0,8 à 1

▲ **Tableau E.7** : Valeurs de α_p ($\alpha_p = 1 - (R_G/100)$)

Lorsque la couleur RAL exacte n'est pas identifiée, les valeurs de R_G peuvent être déterminées à partir des valeurs de α_p données dans le Tableau E.6, en utilisant la formule suivante :

$$R_G = (1 - \alpha_p) \times 100$$

Avec R_G le degré de réflexion par rapport à l'oxyde de magnésium = 100 %.

ANNEXE F – RÉGLEMENTATION THERMIQUE – PERFORMANCES THERMIQUES DE SOLUTIONS TECHNIQUES TRADITIONNELLES

F.1. Méthodes de calcul

Dans le présent document, le coefficient U_p d'un bardage en panneaux sandwich peut se calculer selon l'une des trois méthodes suivantes :

- selon les Règles Th-bât (version de 2012) ;
- selon la norme NF EN 14509 ;
- selon la norme NF EN ISO 10211.

a) Calcul selon les Règles Th-bât (version de 2012)

Le coefficient U_p se calcule en fonction du coefficient surfacique en partie courante U_c (hors ponts thermiques intégrés) et des coefficients linéiques et ponctuels des ponts thermiques intégrés à la paroi, selon la formule suivante :

$$U_p = U_c + \frac{\Psi \times L_p + n \times \chi}{A} \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

avec :

- U_c : coefficient de transmission surfacique en partie courante du panneau sandwich (sans ponts thermiques intégrés) :

$$U_c = \frac{1}{(R_{se} + R_{si}) + \left(\frac{e}{\lambda}\right)} \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

- R_{si} : résistance superficielle côté intérieur de la paroi $((\text{m}^2.\text{K})/\text{W})$,
- R_{se} : résistance superficielle côté extérieur de la paroi $((\text{m}^2.\text{K})/\text{W})$,
- e : épaisseur nominale de l'âme du panneau (m),
- λ : conductivité thermique de l'isolant (W/m.K) ,
- ψ : coefficient linéique du pont thermique au niveau de l'emboîtement entre panneaux (W/m.K) ,
- L_p : longueur d'emboîtement entre panneaux (m),
- n : nombre de fixations des panneaux,
- χ : coefficient ponctuel du pont thermique dû à une fixation (W/K) ,
- A : surface totale de la paroi (m^2) .

Le suivi de la valeur de la conductivité thermique λ est assuré :

- soit via une marque de qualité type ACERMI ou ACERMI Tremplin (contrôle ITT et FPC par laboratoire notifié) ;
- soit c'est la valeur forfaitaire des règles Th-bât de la réglementation thermique en vigueur (0.032 W/m K) .



En l'absence de calcul détaillé selon la NF EN ISO 10211 ou de valeurs tabulées dans les règles Th-bât de la réglementation thermique, il convient de prendre :

Fixations apparentes

Épaisseur nominale de l'âme du panneau (mm)	Ψ (W/m.K)	χ (W/K)
≤ 40	0.120	0,01
60	0.040	
80	0.020	
≥ 100	0.010	

Fixations cachées

Épaisseur nominale de l'âme du panneau (mm)	Ψ (W/m.K)	χ (W/K)
≤ 40	0.350	0,01
60	0.120	
80	0.040	
≥ 100	0.020	

b) Calcul selon la norme NF EN 14509

Dans la norme NF EN 14509, le coefficient $U_{d,s}$ tient compte uniquement de la géométrie du panneau et du pont thermique au niveau de l'assemblage longitudinal de panneaux (Ψ). Dans ce cas, le coefficient U_p se calcule selon la formule suivante :

$$U_p = U_{d,s} + \frac{n \times \chi}{A} \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

avec :

- χ : coefficient ponctuel du pont thermique dû à une fixation (W/K),
- A : surface totale de la paroi (m^2).
- $U_{d,s}$: coefficient de transmission thermique du panneau. Selon la NF EN 14509 (méthode A. 10.3), on a :

$$U_{d,s} = U_{n,s} + \Delta U_j \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

avec :

$U_{n,s}$: coefficient de transmission thermique du panneau, incluant la géométrie du profil du panneau.

$$U_{n,s} = \frac{1}{(R_{se} + R_{si}) + \left(\frac{d_c + \Delta e}{\lambda_c} \right) + \frac{t_{ni}}{\lambda_{fi}} + \frac{t_{ne}}{\lambda_{fe}}} \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

- R_{si} : résistance superficielle côté intérieur de la paroi ($(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$),
- R_{se} : résistance superficielle côté extérieur de la paroi ($(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$),



- d_c : épaisseur nominale de l'âme du panneau (m),
- Δe : épaisseur supplémentaire due aux profils des deux parements (m),
- t_{ni} : épaisseur nominale du parement intérieur (m),
- t_{ne} : épaisseur nominale du parement extérieur (m),
- λ_{fi} : conductivité thermique de calcul du parement intérieur (W/m.K),
- λ_{fe} : conductivité thermique de calcul du parement extérieur (W/m.K),

ΔU_j : influence thermique de l'assemblage longitudinal,

$$\Delta U_j = \frac{\Psi_j}{B} \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

- Ψ_j : coefficient linéique du pont thermique des assemblages (W/m.K),
- B : largeur hors tout du panneau (m).

En l'absence de calcul détaillé selon la NF EN ISO 10211 ou de valeurs tabulées dans les règles Th-bât de la réglementation thermique, il convient de prendre :

Fixations apparentes

Épaisseur nominale de l'âme du panneau (mm)	Ψ (W/m.K)	χ (W/K)
≤ 40	0.120	0,01
60	0.040	
80	0.020	
≥ 100	0.010	

Fixations cachées

Épaisseur nominale de l'âme du panneau (mm)	Ψ (W/m.K)	χ (W/K)
≤ 40	0.350	0,01
60	0.120	
80	0.040	
≥ 100	0.020	

c) Calcul selon la norme NF EN ISO 10211

Le coefficient U_p se calcule par une méthode numérique (Éléments Finis) conformément à la norme NF EN ISO 10211.



F.2. Coefficient $U_c/U_{n,s}$ pour différentes configurations

a) Calcul selon les Règles Th-bât

Le tableau F.1 donne le coefficient U_c pour différentes configurations de panneaux sandwich à parements en acier avec isolation à base de mousse de polyuréthane (PUR) ou de polyisocyanurate (PIR). Le coefficient U_c ne prend pas en compte la géométrie du panneau (nervuration).

Conductivité thermique de l'isolant (W/m.K)	Épaisseur nominale de l'âme du panneau (mm)	U (W/m ² .K)
0,023	80	0,274
0,023	100	0,221
0,023	120	0,186
0,023	150	0,149
0,025	80	0,297
0,025	100	0,24
0,025	120	0,201
0,025	150	0,162
0,028	80	0,330
0,028	100	0,267
0,028	120	0,224
0,028	150	0,181
0,032	80	0,375
0,032	100	0,303
0,032	120	0,255
0,032	150	0,206
– $R_{si} = 0.13$ (m ² .K)/W – $R_{se} = 0.04$ (m ² .K)/W		

▲ Tableau F.1 : Coefficient U_c pour différentes configurations de panneaux sandwich

Note

Pour des configurations intermédiaires, le coefficient U_c peut être obtenu par interpolation linéaire.

b) Calcul selon la norme NF EN 14509

Le tableau F.2 donne le coefficient $U_{n,s}$ pour différentes configurations de panneaux sandwich à parements en acier avec isolation à base de mousse de polyuréthane (PUR) ou de polyisocyanurate (PIR). $U_{n,s}$ prend en compte la forme du panneau (nervuration).



Conductivité thermique de l'isolant (W/m.K)	Épaisseur du Panneau ($d_c + \Delta e$) (mm)	$U_{n,s}$ (W/m ² .K)
0,023	82	0,268
0,023	102	0,217
0,023	122	0,183
0,023	152	0,148
0,025	82	0,290
0,025	102	0,235
0,025	122	0,198
0,025	152	0,160
0,028	82	0,323
0,028	102	0,262
0,028	122	0,221
0,028	152	0,179
0,032	82	0,366
0,032	102	0,298
0,032	122	0,251
0,032	152	0,203

– $\Delta e = 2$ mm (pour une géométrie courante, trapézoïdale)
 – $\lambda_{fi} = \lambda_{fe} = 50$ W/m.K
 – $t_{ni} \leq 0,5$ mm
 – $t_{ne} \leq 0,5$ mm
 – $R_{si} = 0.13$ (m².K)/W
 – $R_{se} = 0.04$ (m².K)/W

▲ Tableau F.2 : Coefficient $U_{n,s}$ pour différentes configurations de panneaux sandwich

Note

Pour des configurations intermédiaires, le coefficient $U_{n,s}$ peut être obtenu par interpolation linéaire.

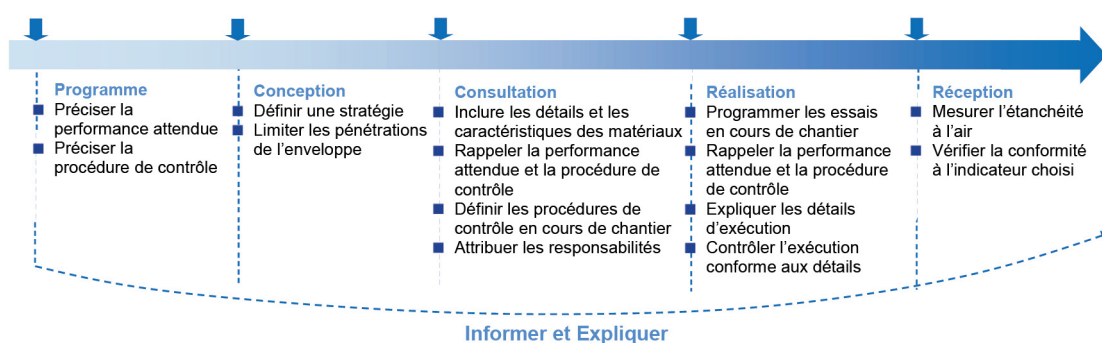
ANNEXE G – TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS – PONTS THERMIQUES DE LIAISON ET ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Cette annexe donne des exemples de solutions d'amélioration de l'étanchéité à l'air et de correction de ponts thermiques aux niveaux des liaisons :

- Bardage / plancher bas
- Bardage / façade
- Bardage / menuiserie
- Bardage / toiture (Acrotère)
- Bardage / couverture
- Autres points singuliers

Les fiches qui suivent illustrent des dispositions de correction des ponts thermiques et d'amélioration de l'étanchéité à l'air. Elles ne sont pas des détails de mise en œuvre notamment pour ce qui concerne la mécanique et l'étanchéité à l'eau.

Pour réduire la perméabilité à l'air de l'enveloppe, il est impératif de la prendre en compte dès la phase conception d'un projet neuf avec une vision globale jusqu'à la réception.



▲ Figure G.1. Principes d'une démarche pour améliorer l'étanchéité à l'air

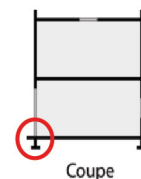
Note

Cette annexe n'est pas exhaustive.

Les solutions d'amélioration de l'étanchéité à l'air et de correction des ponts thermiques sont valables pour les locaux à faible ou moyenne hygrométrie.



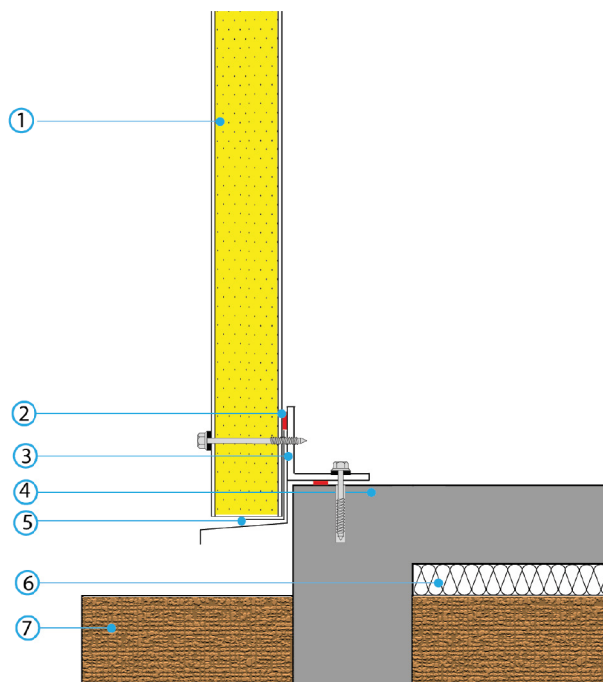
Liaison bardage / plancher bas: Cas 1



Coupe

Désignation

1. Panneau sandwich de bardage
2. Joint d'étanchéité
3. Appui
4. Dallage
5. Pièce support
6. Isolation horizontale
7. Sol



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (2).

Travaux de correction du pont thermique

Pas de travaux.

Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

0.50

Valable pour :

- panneaux de bardage ≥ 8 cm.
- panneaux recouvrant au moins 5 cm le nez de la dalle.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K).
- isolation horizontale de 6 cm.

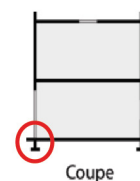


Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

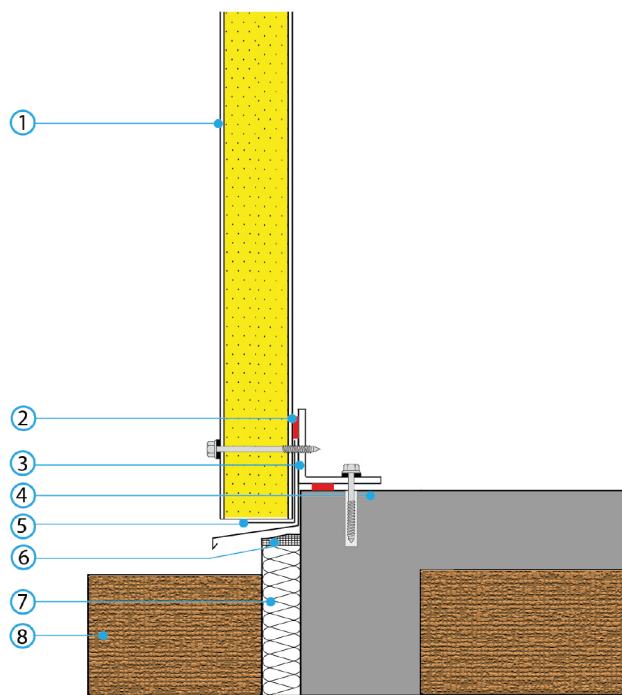
Liaison bardage / plancher bas :

Cas 2



Désignation

1. Panneau sandwich de bardage
2. Joint d'étanchéité
3. Appui
4. Dallage
5. Pièce support
6. Isolant rigide
7. Isolation verticale avec protection mécanique
8. Sol



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (2).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'une isolation périphérique verticale extérieure devant la longrine et le soubassement (7) :

- Épaisseur ≥ 6 cm.
- Profondeur au-dessous du niveau du dallage (face inférieure) ≥ 50 cm.
- Espace entre le bas des panneaux et l'isolation périphérique ≤ 5 cm.

Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

0.40

Valable pour :

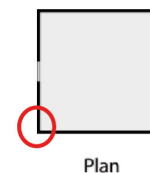
- panneaux de bardage ≥ 8 cm.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K).



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

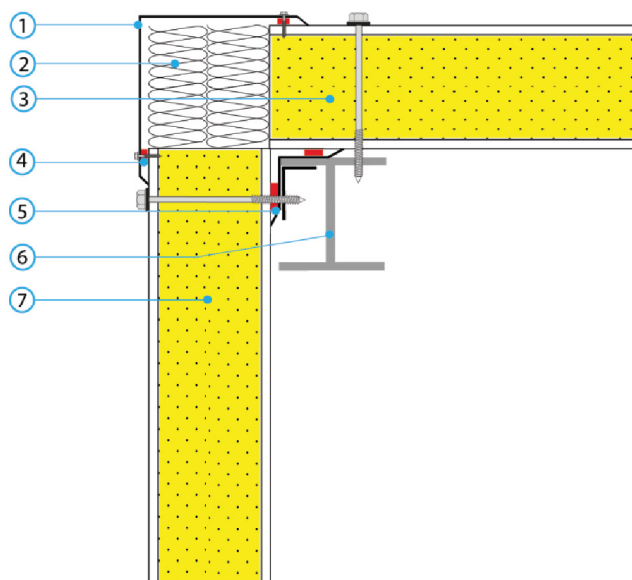
ABL

Liaison bardage / bardage - angle sortant: cas 1



Désignation

1. Façonné d'angle
2. Complément d'isolation
3. Panneau sandwich de bardage
4. Joint d'étanchéité
5. Cornière d'angle interne
6. Poteau
7. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (4).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/(m.K)}$) au niveau de l'angle (2).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.02

Valable pour :

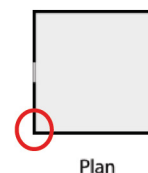
- panneaux de bardage $\geq 8 \text{ cm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$.



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

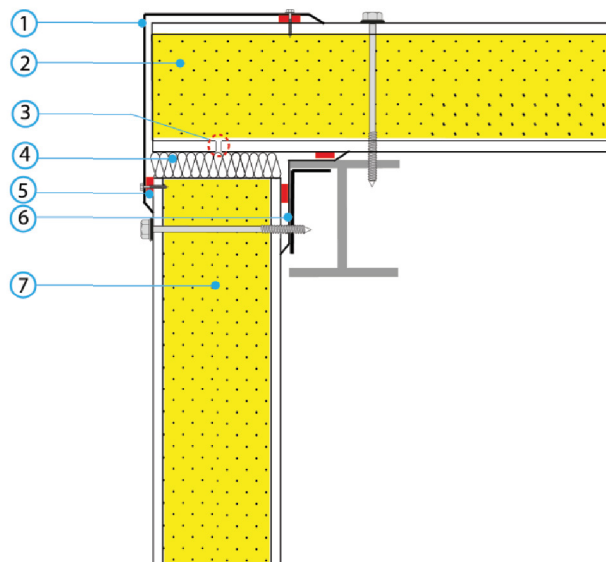
Liaison bardage / bardage - angle sortant: cas 2



Plan

Désignation

1. Façonné d'angle
2. Panneau sandwich de bardage
3. Trait de scie
4. Complément d'isolation
5. Joint d'étanchéité
6. Cornière d'angle interne
7. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (5).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) à la jonction de panneaux (4) + éventuellement un trait de scie (3).

Caractéristiques thermiques

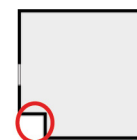
$\Psi \text{ (W/(m.K))}$
0.10 (avec trait de scie)
0.25 (sans trait de scie)
<i>Valable pour :</i> - panneaux de bardage $\geq 8 \text{ cm}$. - conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$.



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

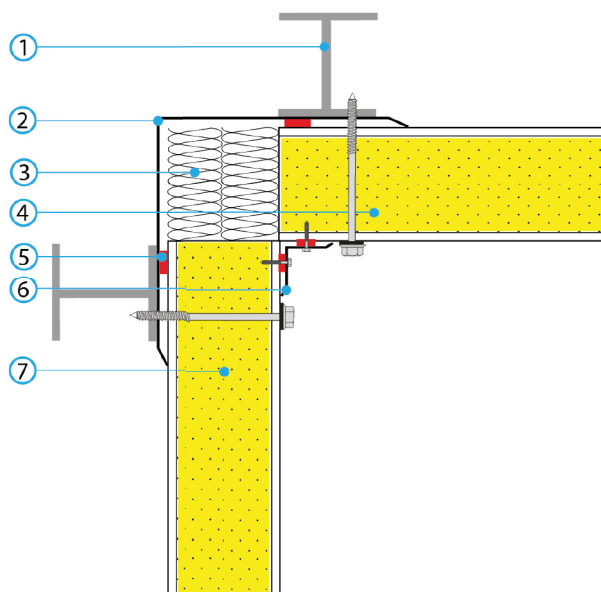
Liaison bardage / bardage - angle rentrant



Plan

Désignation

1. Poteau
2. Façonné d'angle
3. Complément d'isolation
4. Panneau sandwich de bardage
5. Joint d'étanchéité
6. Façonné d'angle
7. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (5).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) à la jonction de panneaux sandwich (3).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0

Valable pour :

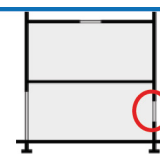
- panneaux de bardage $\geq 8 \text{ cm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$.



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

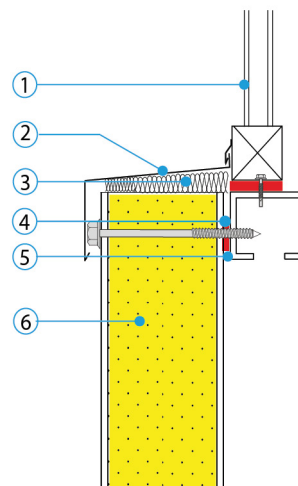
Liaison bardage / fenêtre – appui



Coupe

Désignation

1. Vitrage
2. Bavette fixé sur le jambage
3. Complément d'isolation
4. Joint d'étanchéité
5. Chevêtre
6. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (3).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/(m.K)}$) (2).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.10

Valable pour :

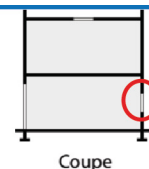
- panneaux de bardage $\geq 8 \text{ cm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$.



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

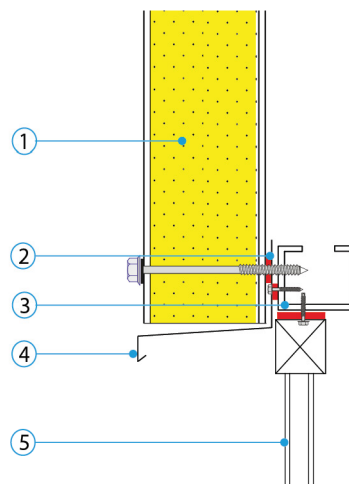
Liaison bardage / fenêtre – linteau



Coupe

Désignation

1. Panneau sandwich de bardage
2. Joint d'étanchéité
3. Chevêtre
4. Bavette de rejet d'eau
5. Vitrage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (2).

Travaux de correction du pont thermique

Sans correction.

Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

0.45

Valable pour :

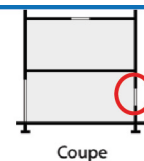
- panneaux de bardage ≥ 8 cm.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K).



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

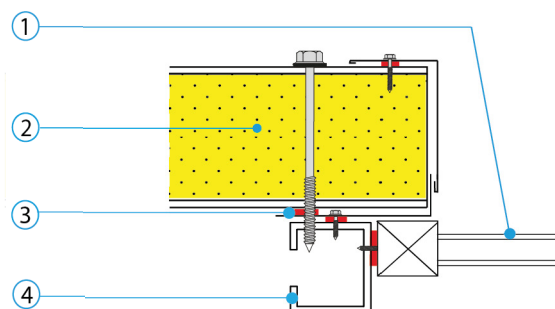
Liaison bardage / fenêtre – tableau



Coupe

Désignation

1. Vitrage
2. Panneau sandwich de bardage
3. Joint d'étanchéité
4. Chevêtre



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (3).

Travaux de correction du pont thermique

Sans correction.

Caractéristiques thermiques
Ψ (W/(m.K))
0.35
<i>Valable pour :</i> - panneaux de bardage ≥ 8 cm. - conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K).



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

Liaison bardage / toiture (Acrotère) :



Coupe

Désignation

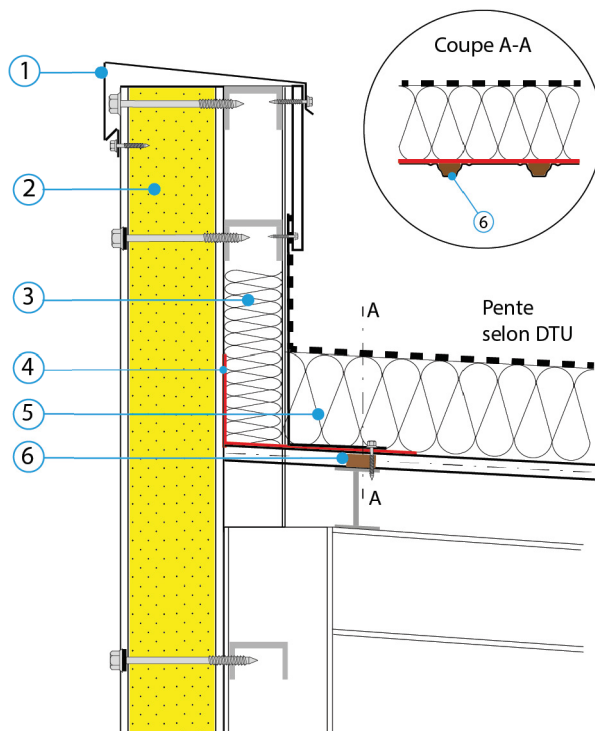
1. Couvertine
2. Panneau sandwich de bardage
3. Complément d'isolation
4. Pare-vapeur au lot étanchéité et assemblé aux panneaux
5. Isolant toiture
6. Closoir

Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de pare-vapeur + closoirs (4 et 6).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/(m.K)}$) le long de l'acrotère (3).



Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.45

Valable pour :

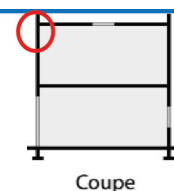
- panneaux de bardage $\geq 8 \text{ cm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$.
- isolation toiture : $\geq 13 \text{ cm}$.



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

Liaison bardage / couverture (Acrotère) : Cas 1



Désignation

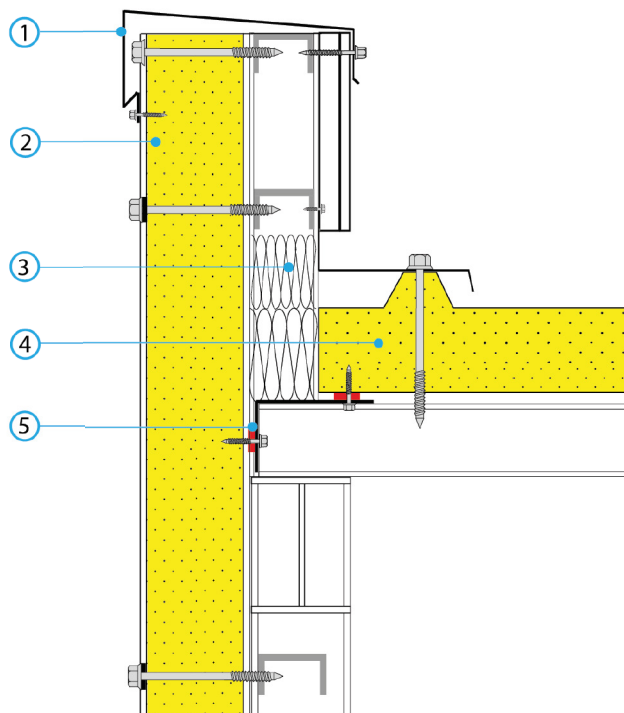
1. Couvertine
2. Panneau sandwich de bardage
3. Complément d'isolation
4. Panneau sandwich de couverture
5. Joint d'étanchéité

Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (5).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (3).



Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.20

Valable pour :

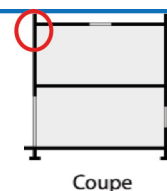
- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- panneaux de couverture $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

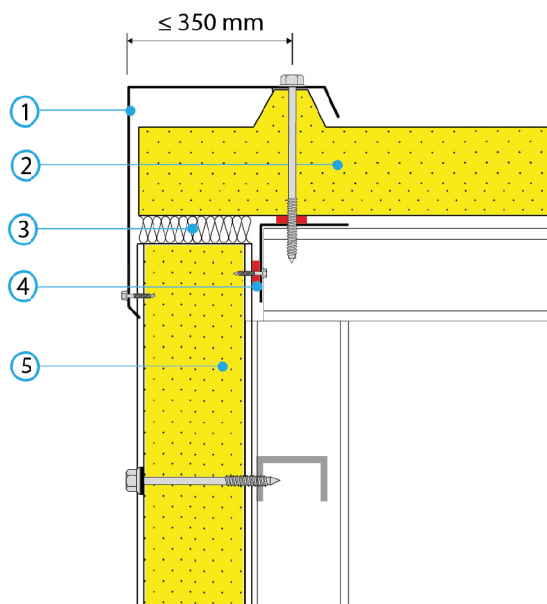
Liaison bardage / couverture: Cas 2



Coupe

Désignation

1. Bande de rive en saillie
2. Panneau sandwich de couverture
3. Complément d'isolation
4. Joint d'étanchéité
5. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (4)

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en
Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (3).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.30

Valable pour :

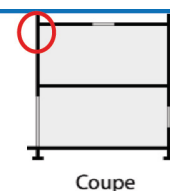
- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- panneaux de couverture $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des
panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

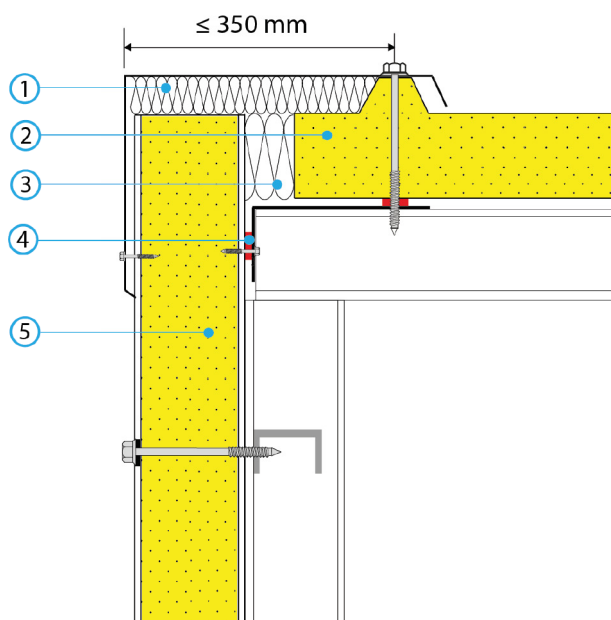
Liaison bardage / couverture: Cas 3



Coupe

Désignation

1. Complément d'isolation
2. Panneau sandwich de couverture
3. Complément d'isolation
4. Joint d'étanchéité
5. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (4)

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre de deux compléments d'isolation
(en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (1 et 3).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.05

Valable pour :

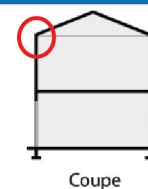
- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- panneaux de couverture $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

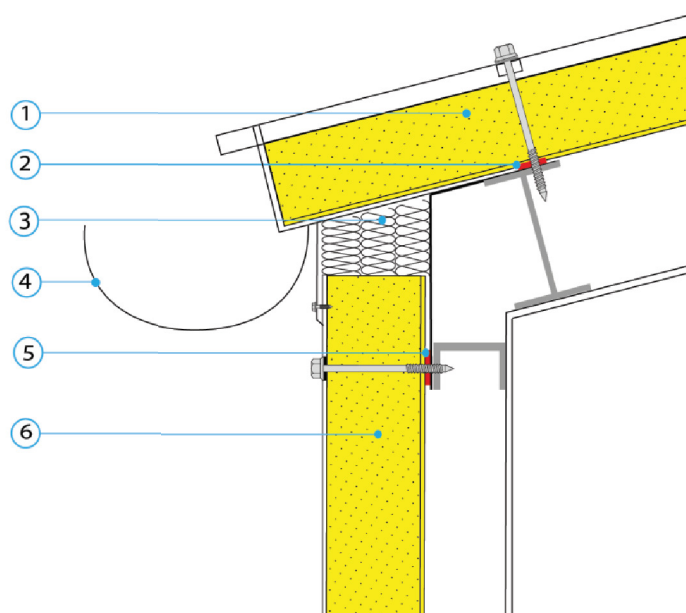
Liaison bardage / couverture: Cas 4



Coupe

Désignation

1. Panneau sandwich de couverture
2. Joint d'étanchéité
3. Complément d'isolation
4. Gouttière
5. Joint d'étanchéité
6. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (2 + 5).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en
Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (3).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.55

Valable pour :

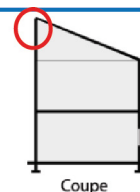
- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- panneaux de couverture $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des
panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

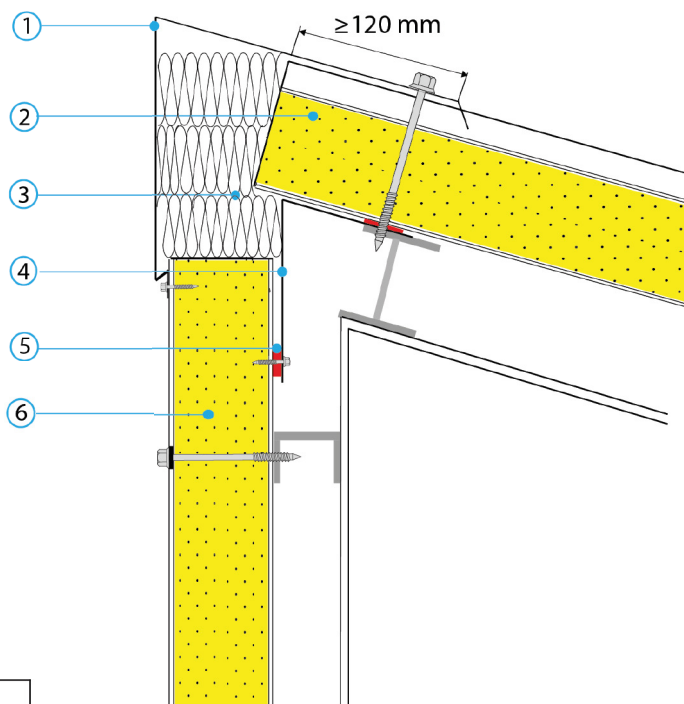
ABL

Liaison faîtage simple:



Désignation

1. Bandeau de faîtage à saillie
2. Panneau sandwich de couverture
3. Complément d'isolation
4. Cornière
5. Joint d'étanchéité
6. Panneau sandwich de bardage



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (5)

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (3).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.10

Valable pour :

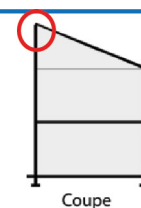
- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- panneaux de couverture $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

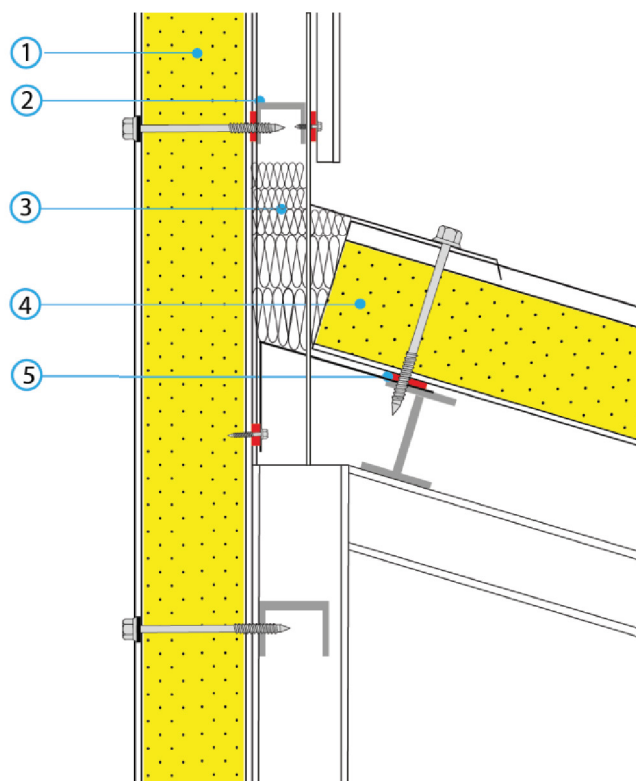
Liaison faîtage contre mur



Coupe

Désignation

1. Panneau sandwich de bardage
2. Profilé U
3. Complément d'isolation
4. Panneau sandwich de couverture
5. Joint d'étanchéité



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (5)

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation
(en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (3).

Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.45

Valable pour :

- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- panneaux de couverture $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$



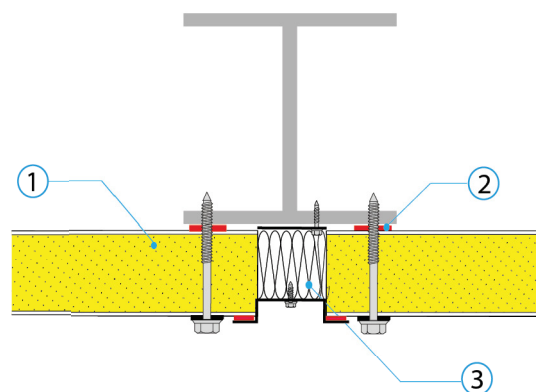
Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

Pose horizontale – jonction verticale entre panneaux

Désignation

1. Panneau sandwich de bardage
2. Joint d'étanchéité
3. Complément d'isolation



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (2).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation entre les panneaux (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042$ W/m.K) (3)

Caractéristiques thermiques
Ψ (W/(m.K))
0.05
Valable pour : - panneaux de bardage ≥ 80 mm. - conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K).



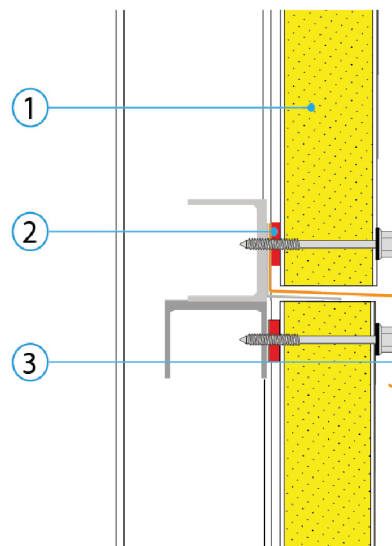
Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

Pose verticale – jonction horizontale entre panneaux : Cas 1

Désignation

1. Panneau sandwich de bardage
2. Joint d'étanchéité
3. Bavette



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (2).

Travaux de correction du pont thermique

Pas de travaux.

Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

1.00

Valable pour :

- panneaux de bardage ≥ 80 mm.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K).



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

Pose verticale – jonction horizontale entre panneaux : Cas 2

Désignation

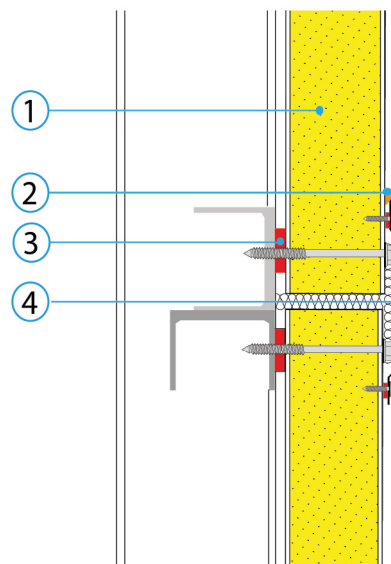
1. Panneau sandwich de bardage
2. Joint silicone
3. Joint d'étanchéité
4. Complément d'isolation en LM

Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (3).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation
(en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (4).



Caractéristiques thermiques

$\Psi \text{ (W/(m.K))}$

0.03

Valable pour :

- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$.



Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

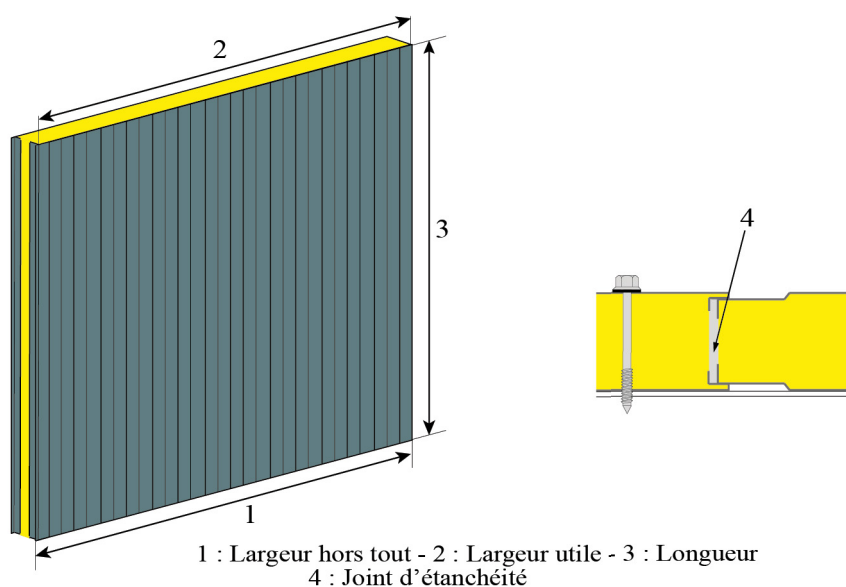
ABL

ANNEXE H – DÉTAILS D'EXÉCUTION DES POINTS SINGULIERS

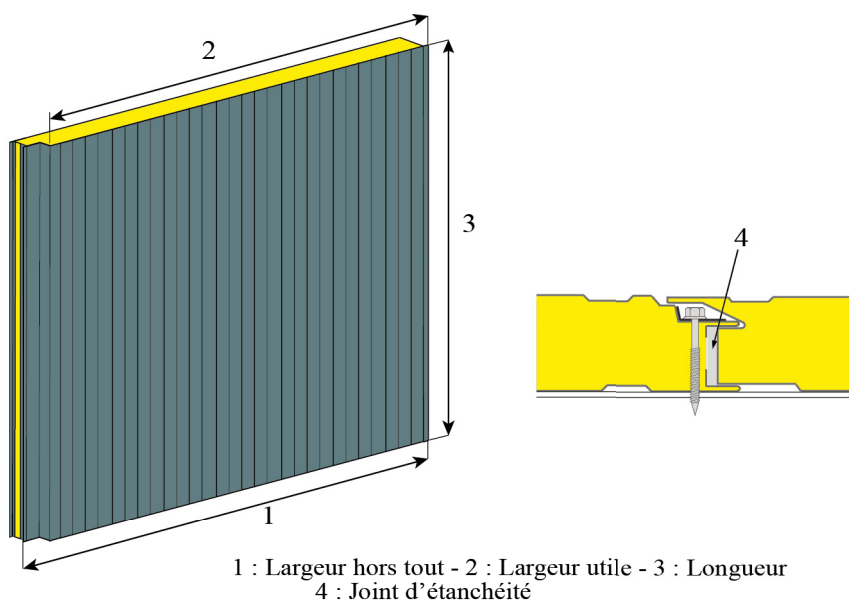
Principe d'exécution des bardages en panneaux sandwich à 2 parements acier et à âme PUR ou PIR.

H.1. Détails de type de pose des panneaux

Détail 1 : Panneau à fixation traversante en pose verticale



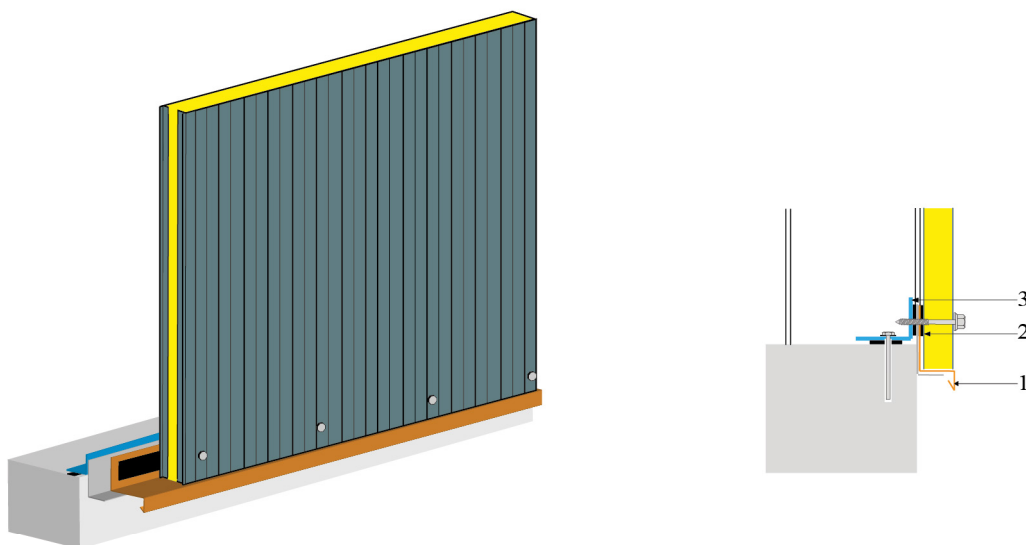
Détail 2 : Panneau à fixation cachées en pose verticale



ABL

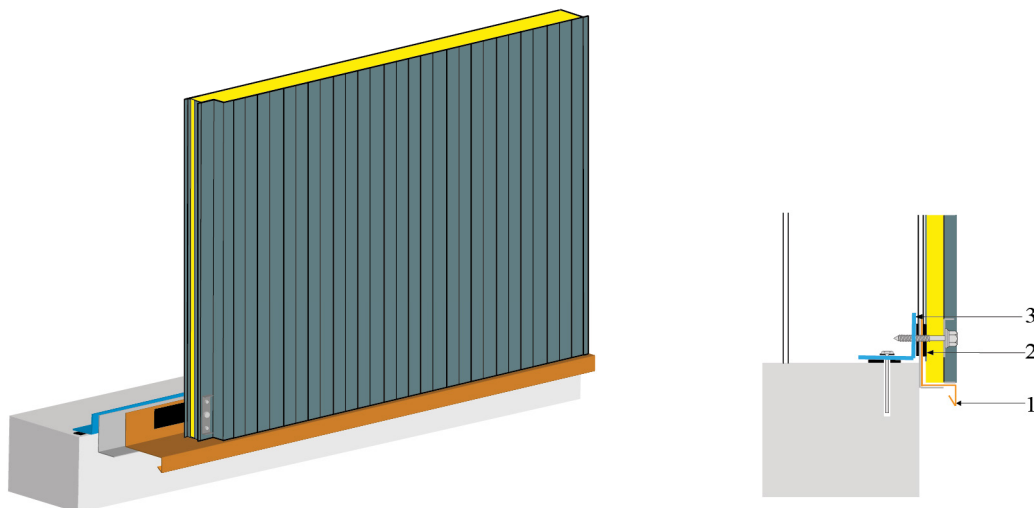
H.2. Détails des pieds de bardages

Détail 3 : Pied de bardage Panneau à fixation traversante en pose verticale sur support en acier



1 : Bavette (facultative) - 2 : Joint d'étanchéité
3 : Ossature métallique

Détail 4 : Pied de bardage Panneau à fixation cachée en pose verticale sur support en acier

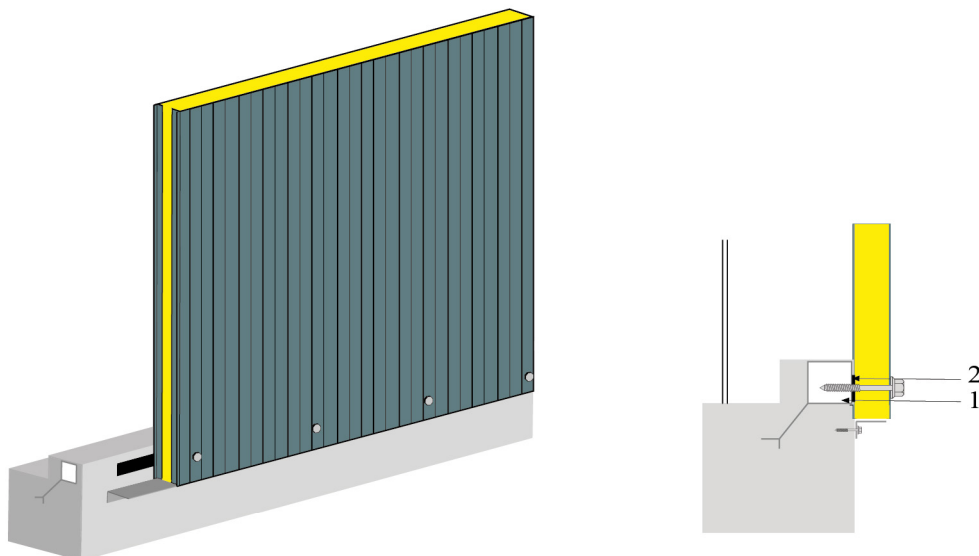


1 : Bavette (facultative) - 2 : Joint d'étanchéité
3 : Ossature métallique

ABL

Détail 5 : Pied de bardage

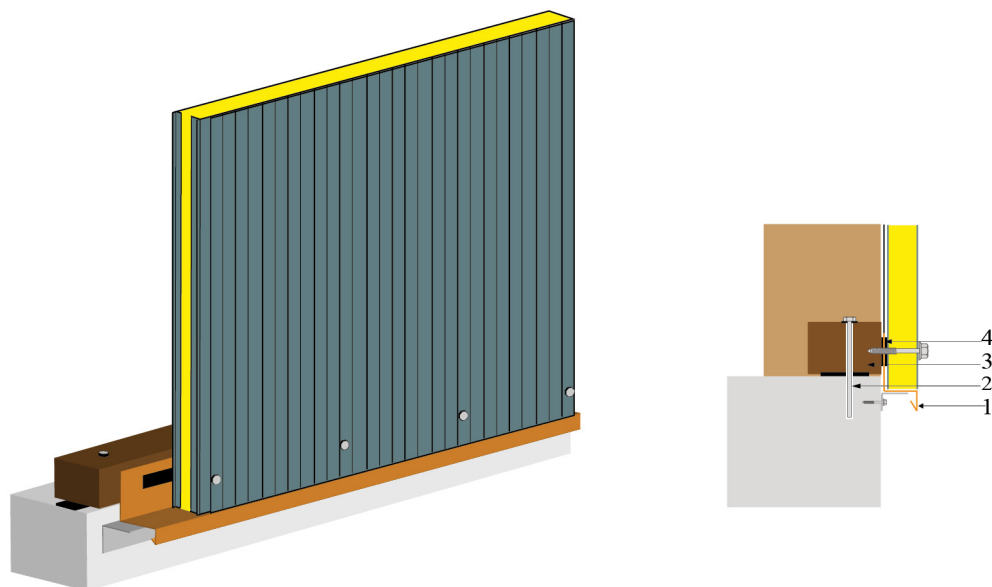
Panneau à fixation traversante en pose verticale fixé sur un support en béton via un insert en acier



1 : Insert acier - 2 : Joint d'étanchéité

Détail 6 : Pied de bardage

Panneau à fixation traversante en pose verticale fixé sur un support en bois

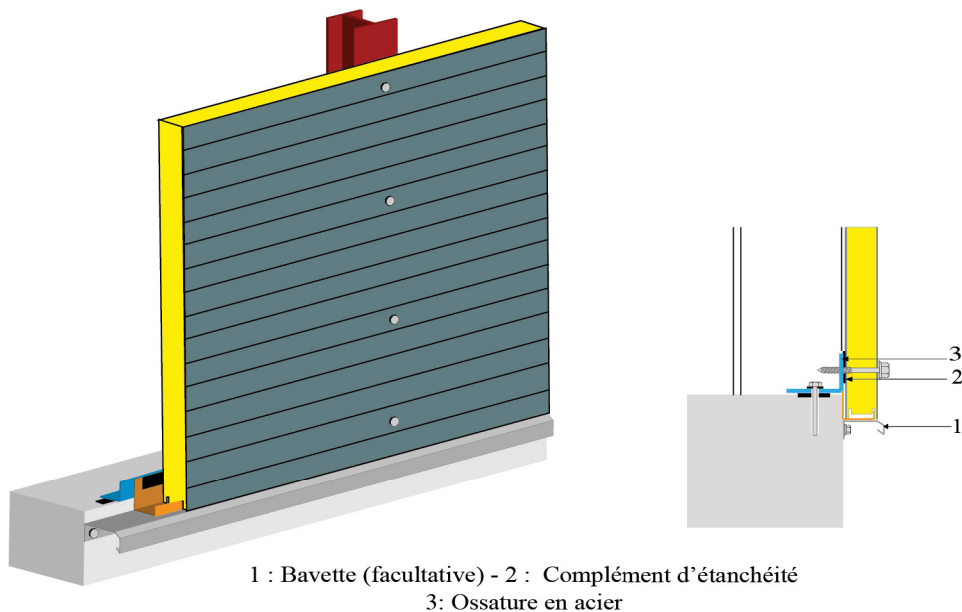


1 : Bavette (facultative) - 2 : Cheville
3 : ossature en bois - 4 : Complément d'étanchéité

ABL

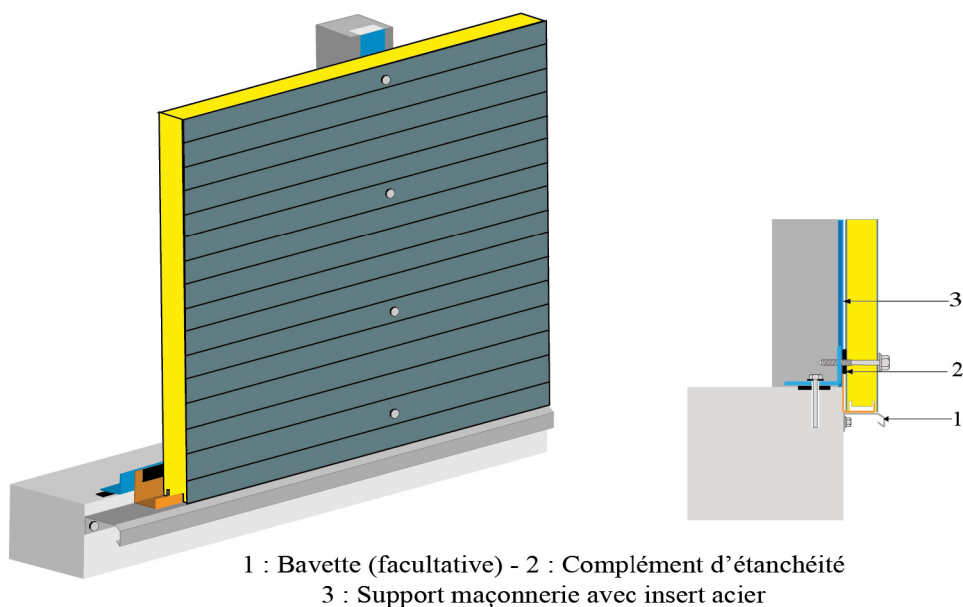
Détail 7 : Pied de bardage

Panneau à fixation transversante en pose horizontale fixé sur un support en acier



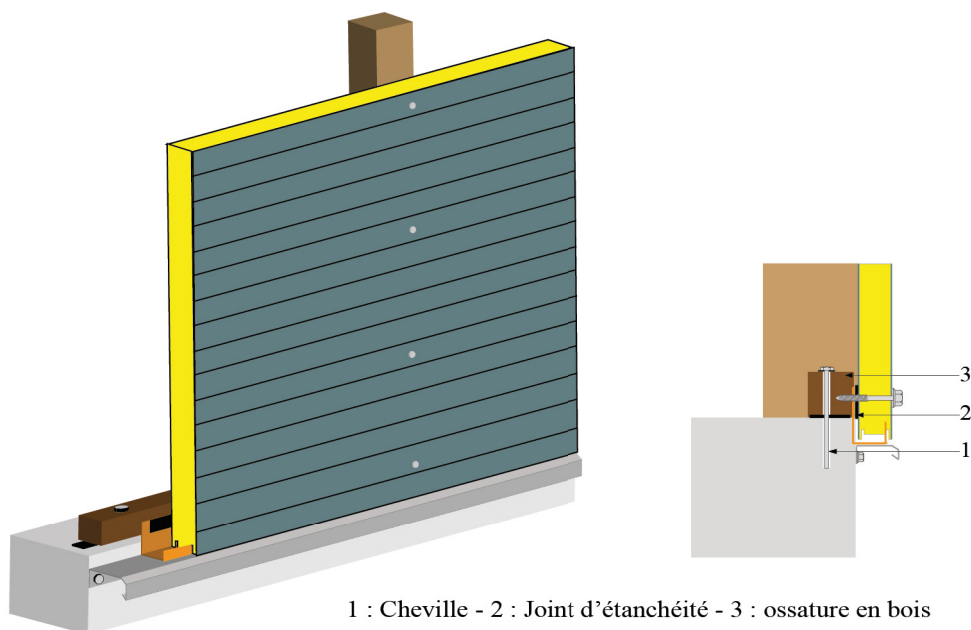
Détail 8 : Pied de bardage

Panneau à fixation transversante en pose horizontale fixé sur un support en béton via un insert en acier

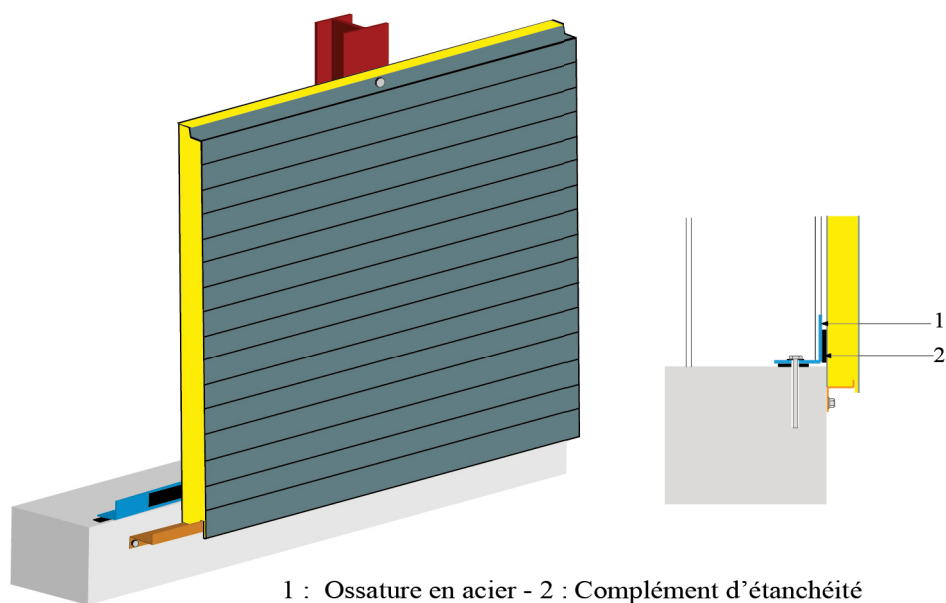


ABL

Détail 9 : Pied de bardage Panneau à fixation traversante en pose horizontale fixé sur un support en bois



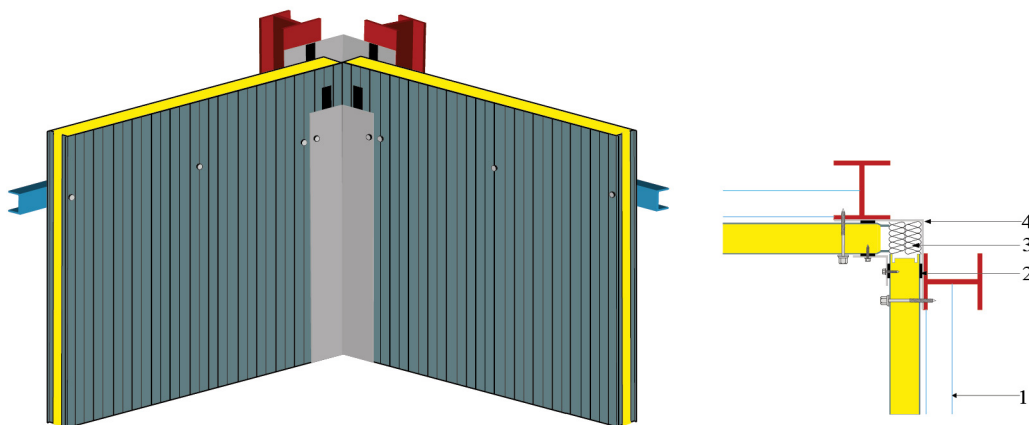
Détail 10 : Pied de bardage Panneau à fixation cachée en pose horizontale fixé sur un support en acier



ABL

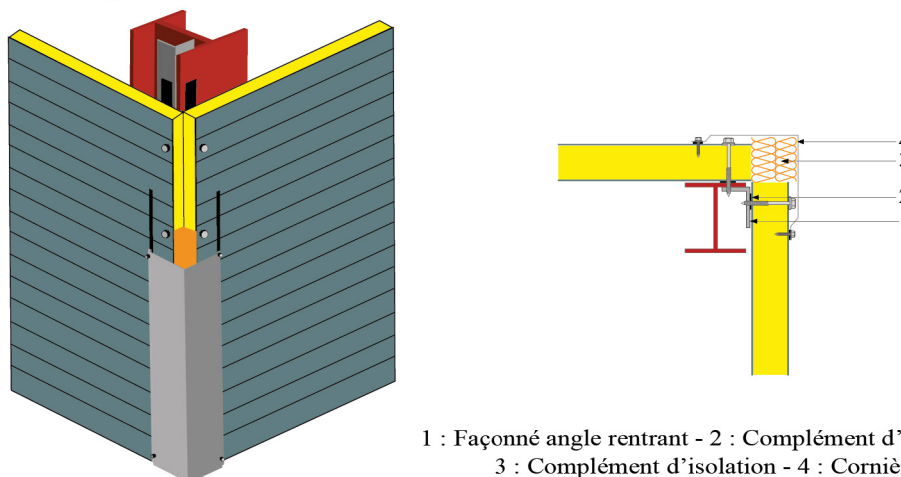
H.3. Angle rentrant ou sortant

Détail 11 : Angle rentrant - Panneau à fixation traversante en pose verticale



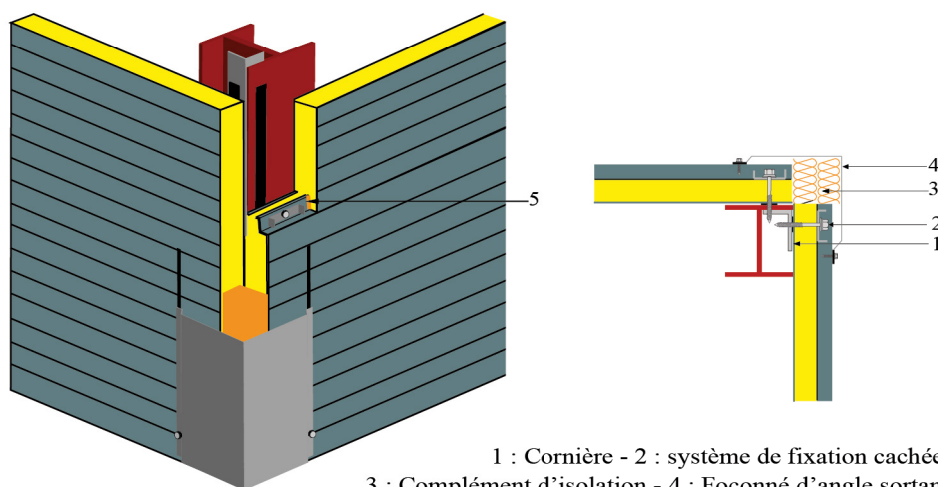
1 : Lisse - 2 : Complément d'étanchéité 3 : Complément d'isolation - 4 : Cornière

Détail 12 : Angle sortant - Panneau à fixation traversante en pose horizontale



1 : Façonné angle rentrant - 2 : Complément d'étanchéité
3 : Complément d'isolation - 4 : Cornière

Détail 13: Angle sortant - Panneau à fixation cachée en pose horizontale

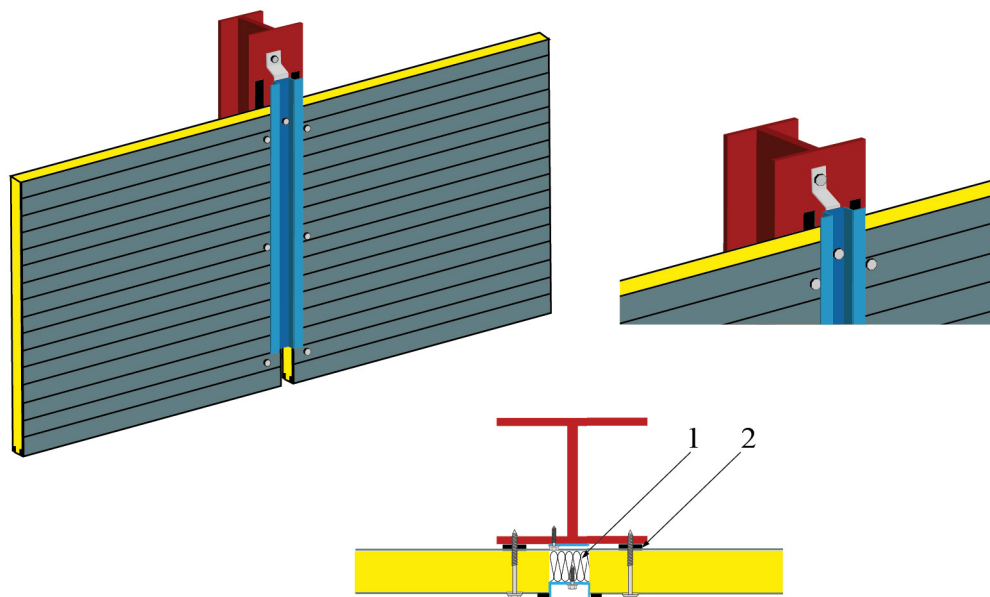


1 : Cornière - 2 : système de fixation cachée
3 : Complément d'isolation - 4 : Façonné d'angle sortant - 5 : Silicone

ABL

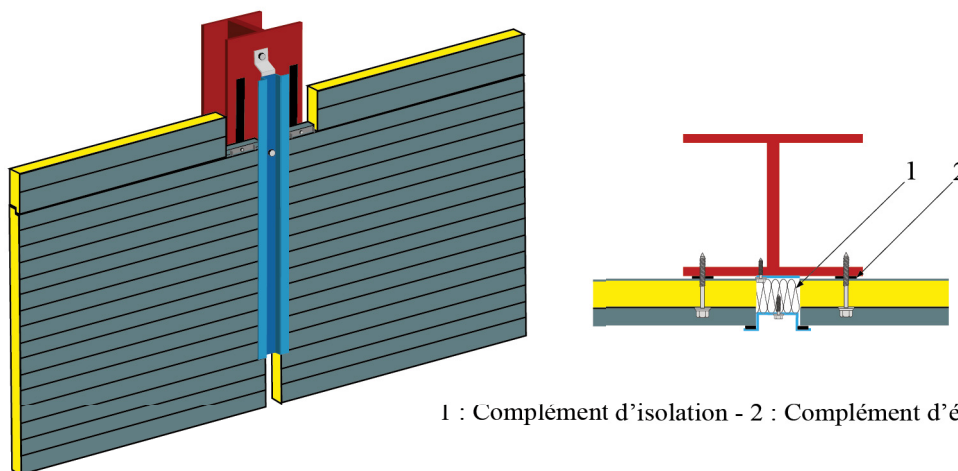
H.4. Jonction transversale

Détail 14 : Jonction transversale - Panneau à fixation traversante en pose horizontale



1 : Complément d'isolation - 2 : Complément d'étanchéité

Détail 15: Jonction transversale - Panneau à fixation cachée en pose horizontale

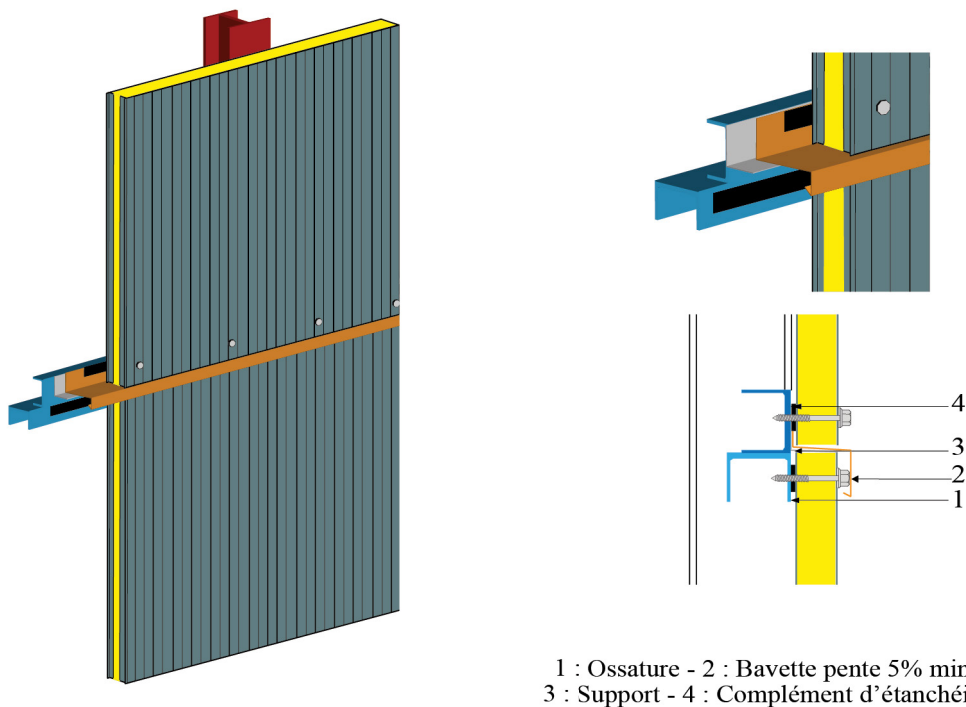


1 : Complément d'isolation - 2 : Complément d'étanchéité

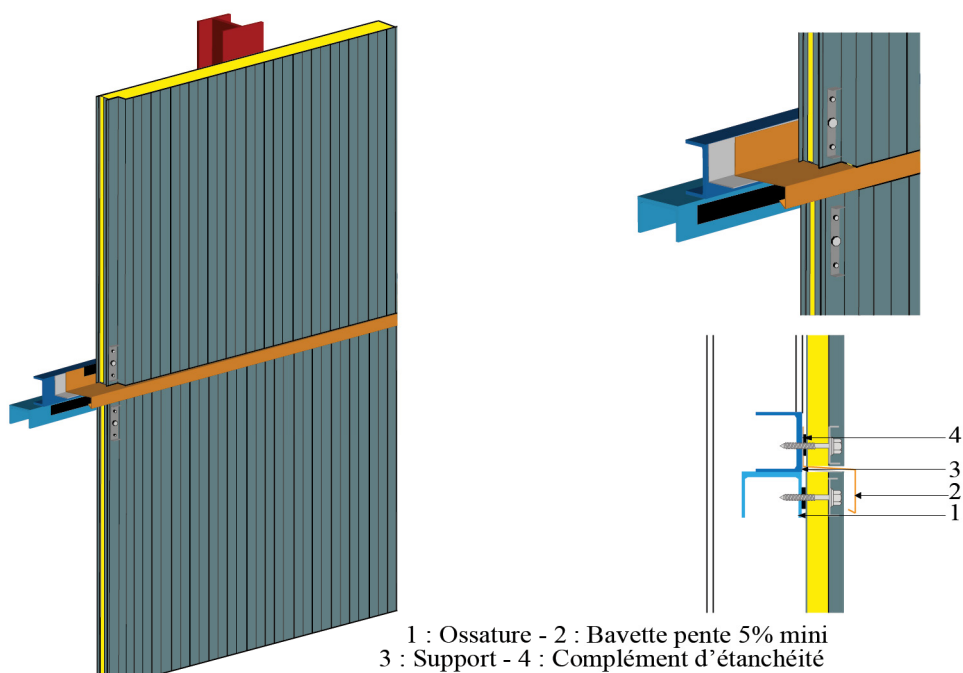
ABL

H.5. Jonction longitudinale

Détail 16 : Jonction longitudinale - Panneau à fixation traversante en pose verticale



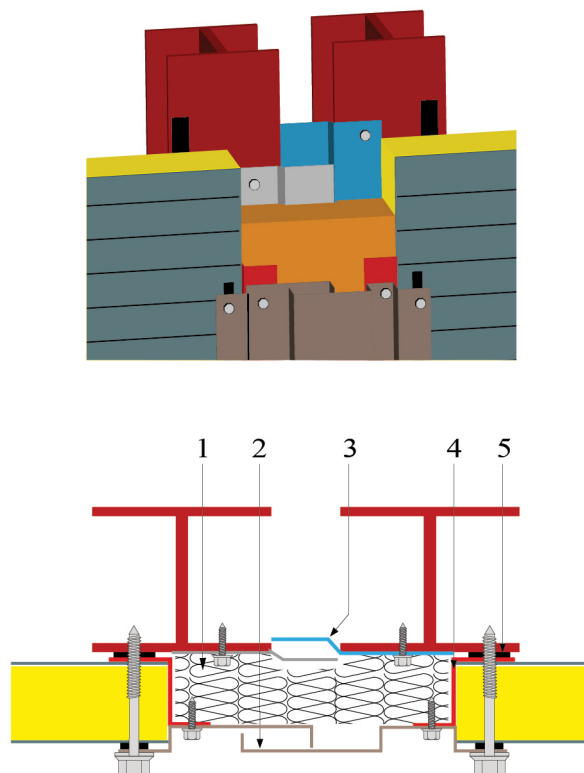
Détail 17: Jonction longitudinale - Panneau à fixation cachée en pose verticale



ABL

H.6. Joint de dilatation

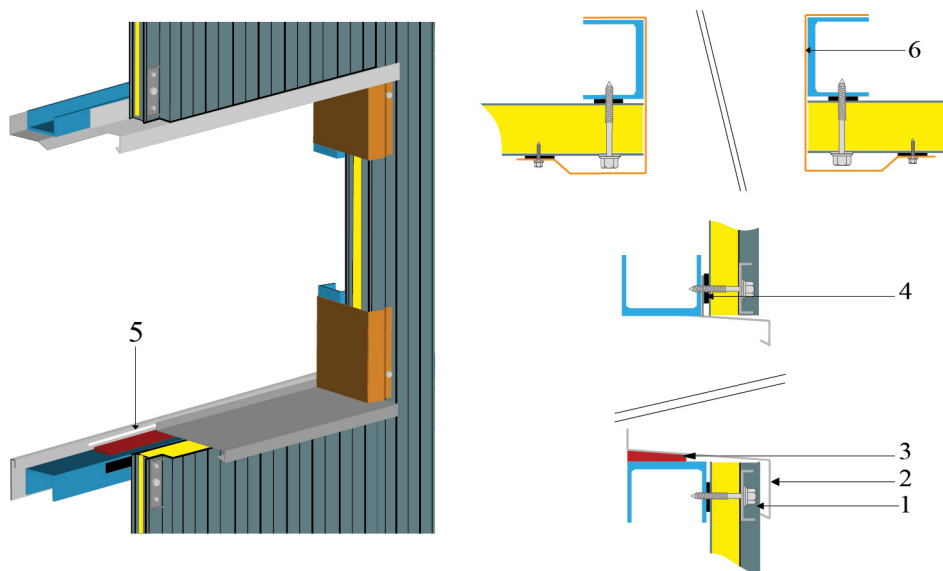
Détail 18 : Joint de dilatation



- 1 : Complément d'isolation - 2 : Façonné extérieur
3 : Façonné intérieur - 4 : Zed support
5 : Complément d'étanchéité

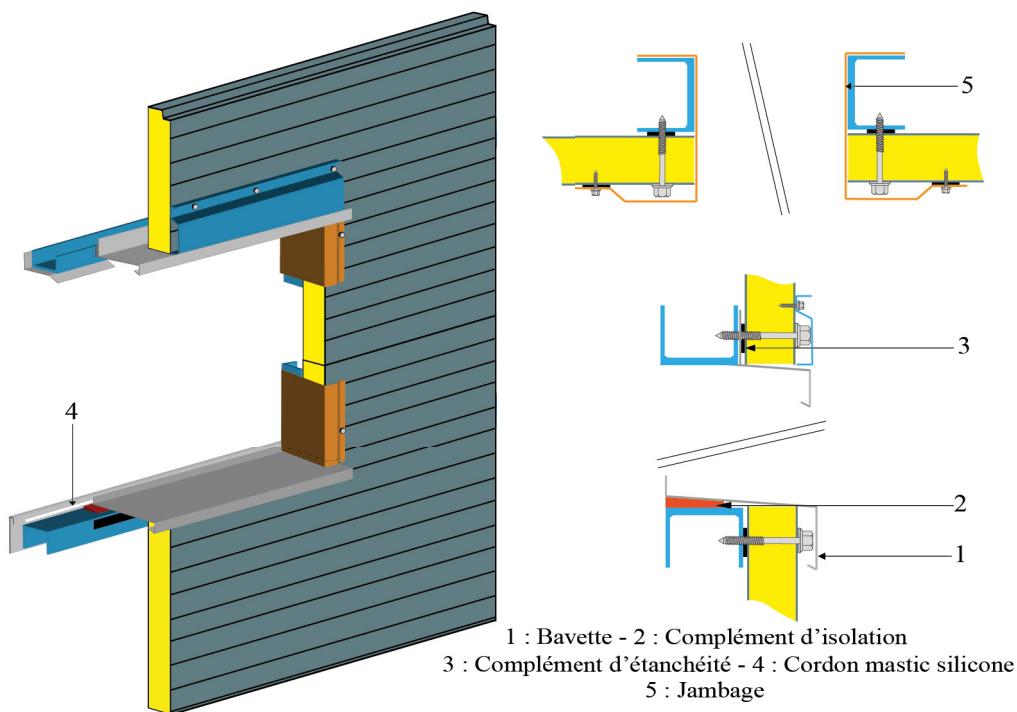
H.7. Ouvertures (Hauteur maximale limitée à 20 m)

Détail 19 : Ouvertures - Panneau à fixation cachée en pose verticale



- 1 : Système de fixation cachée - 2 : Bavette
3 : Complément d'isolation - 4 : Complément d'étanchéité
5 : Cordon mastic silicone - 6 : Jambage

Détail 20: Ouvertures - Panneau à fixation cachée en pose horizontale

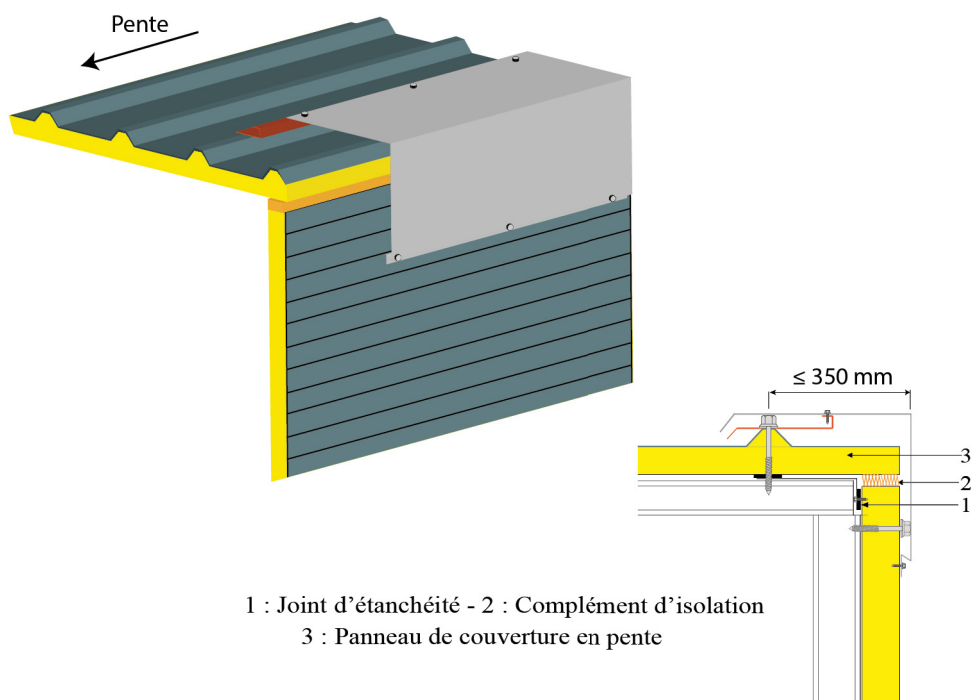


- 1 : Bavette - 2 : Complément d'isolation
3 : Complément d'étanchéité - 4 : Cordon mastic silicone
5 : Jambage

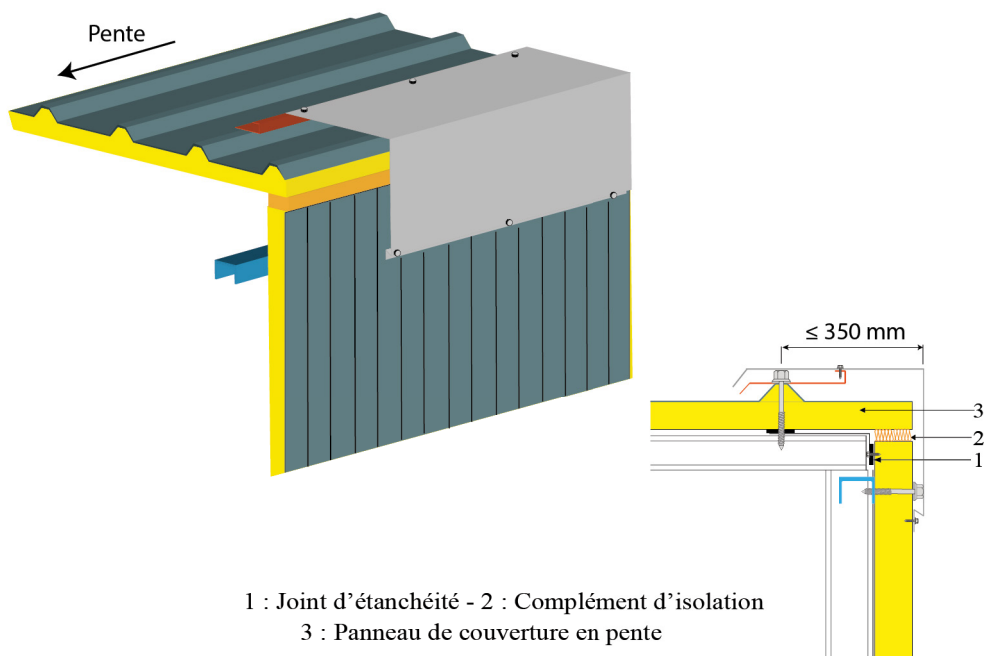
ABL

H.8. Haut de bardage

Détail 21 : Haut de bardage - Panneaux en pose horizontale

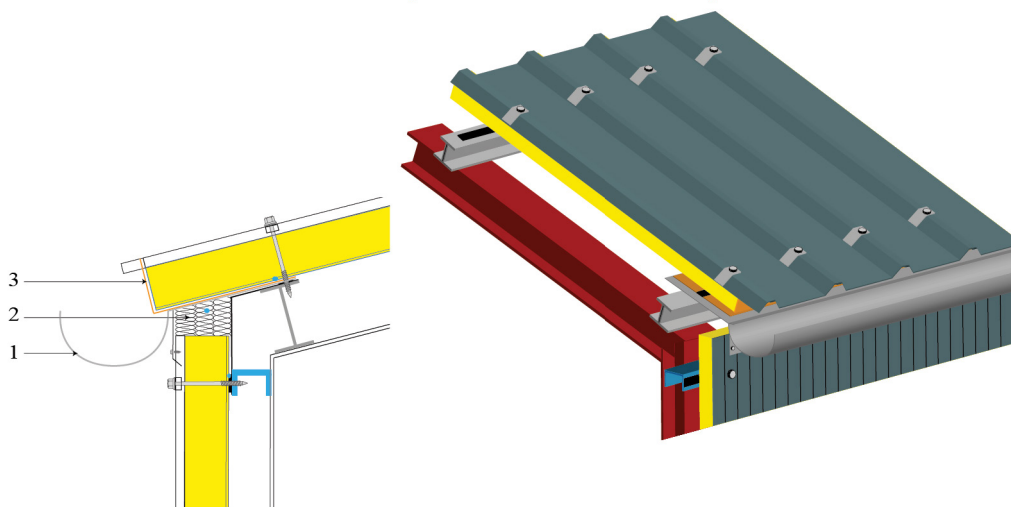


Détail 22 : Haut de bardage - Panneaux en pose verticale



H.9. Gouttière pendante

Détail 23 : Gouttière pendante - Panneau en pose verticale

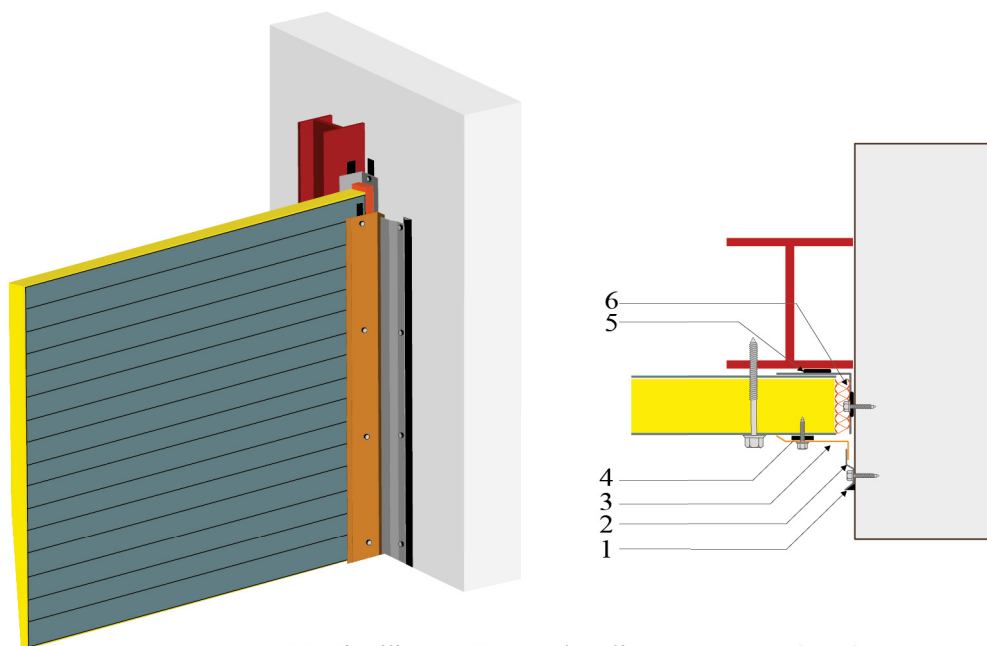


- 1 : Gouttière supportée par la charpente - 2 : Complément d'isolation
3 : Closoir

ABL

H.10. Raccord sur maçonnerie

Détail 24 : Raccord sur maçonnerie - Panneau en pose horizontale

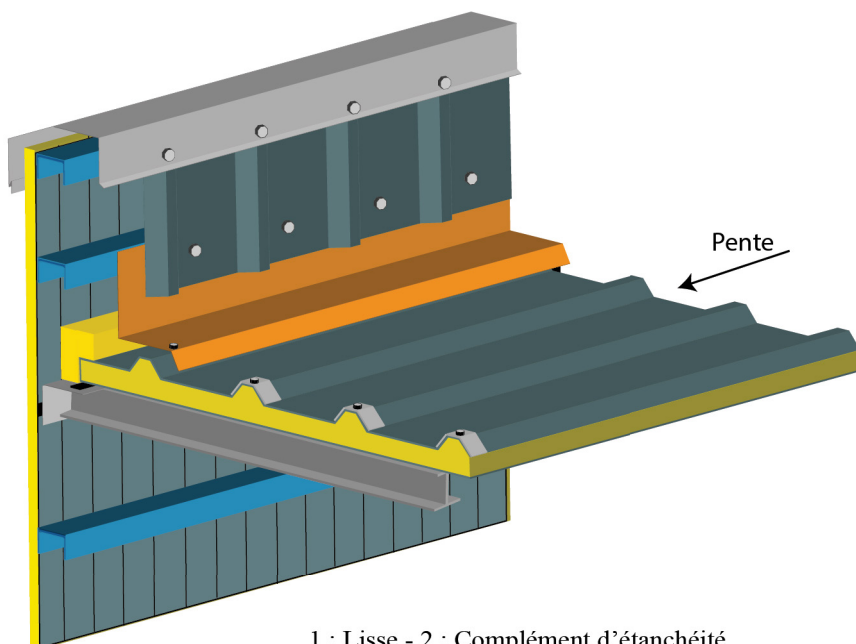


- 1 : Mastic silicone - 2 : Bande solin - 3 : Façonné d'angle
4 : Complément d'étanchéité - 5 : Calfeutrement - 6 : Complément d'isolation

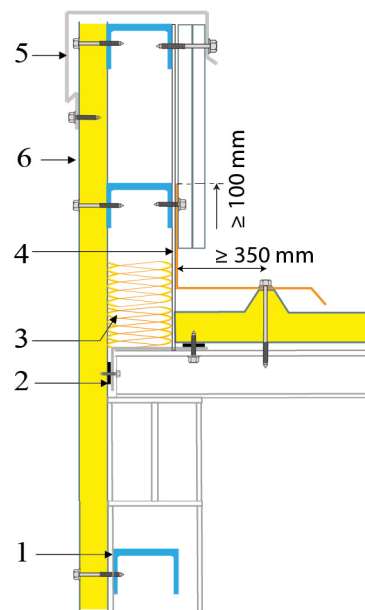
ABL

H.11. Acrotère avec bardage en pose verticale

Détail 25 : Acrotère avec bardage en pose verticale



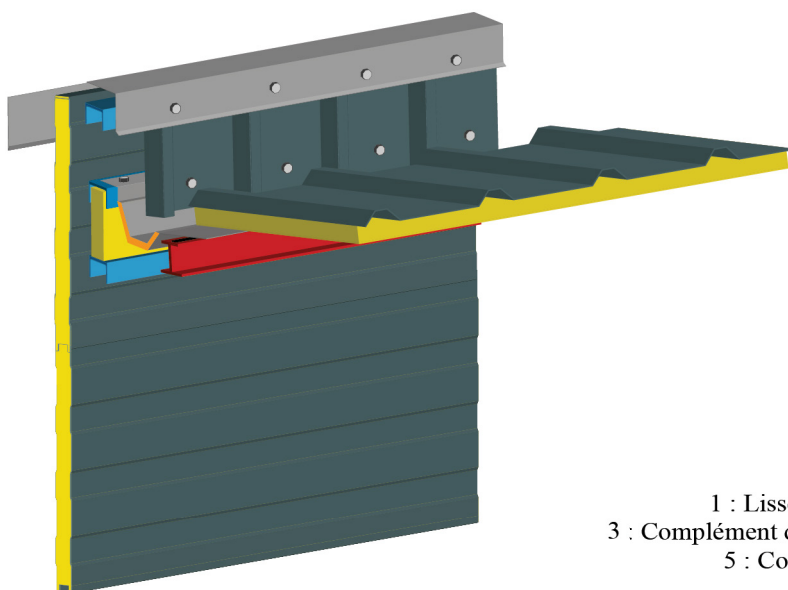
- 1 : Lisse - 2 : Complément d'étanchéité
3 : Complément d'isolation - 4 : Plaque de rive
5 : Couronnement d'acrotère avec contre bardage
6 : Panneau en appui sur des lisses en acrotère



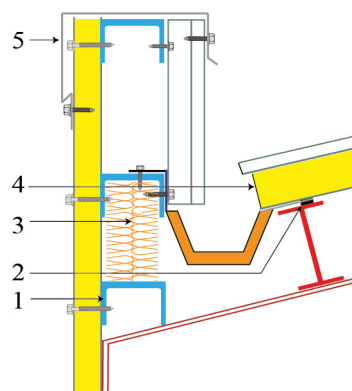
ABL

H.12. Acrotère avec bardage en pose horizontale

Détail 26 : Acrotère avec bardage posé horizontalement

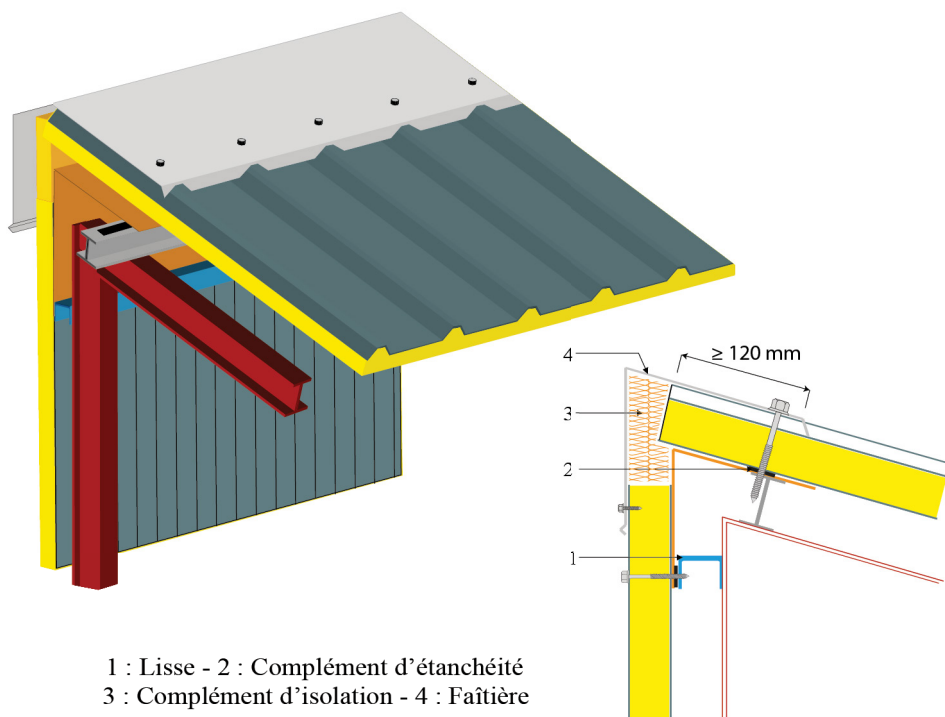


- 1 : Lisse - 2 : Joint d'étanchéité
3 : Complément d'isolation - 4 : Closoir métallique
5 : Couronnement d'acrotère



H.13. Faîtage simple

Détail 27 : Faîtage simple





ANNEXE I – CAPACITÉ RÉSISTANTE DES ASSEMBLAGES

I.1. Préambule

Cette annexe s'adresse au poseur qui peut bénéficier du soutien de l'assistance technique du fabricant de panneaux sandwich.

Les capacités résistantes des assemblages s'effectuent selon 3 méthodes possibles :

- Selon le complément national (cf. I.2)
- Selon la méthode alternative par essai (cf. I.3)
- Selon les principes de la NF EN 14509 complétée par les recommandations ECCS (cf. I.4)

La capacité résistante des assemblages résulte de la valeur minimale de la capacité résistante de la fixation à la traction, de la capacité résistante d'ancrage des fixations sur leurs supports, de la capacité résistante de l'assemblage panneau/fixation par déboutonnage.

Il est rappelé que :

- Les actions caractéristiques dues au vent sont :
 - soient issues des NV 65 modifiées 2009, notées W_k . Elles sont obtenues en multipliant par 1,20 les actions du vent normal :

$$W_k = 1.20 \times q_{10} \times (c_i - c_e) \times \delta \times 2.5 \frac{(z+18)}{(z+60)} \times K_s \times K_m \times \beta$$

Note 1

Pour les symboles utilisés, confère NV65.

- soit issues du vent caractéristique Eurocode :

$$W_k = q_{p(z)} \times c_{p,net}$$

- Les actions dues au gradient thermique sont issues de l'[Annexe E] du présent document et sont à prendre en compte si un calcul conforme à l'annexe E de la norme NF EN 14509 est effectué ou si les DPM le demandent.
- La pondération de W_k est 1,5 aux ELU et 1,0 aux ELS.
- Pour les panneaux à fixations cachées, la vérification selon le paragraphe I.5 est obligatoire.

Note 2

Selon les NV 65 modifiées 2009, le vent NV normal est multiplié par 1,2 forfaitairement de façon à ce qu'aux ELU on retrouve la pondération du vent extrême ($1.5 \times 1.2 = 1.8$ (pour 1.75)). Les panneaux sont vérifiés aux ELU et ELS de résistance et les fixations aux ELU de résistance.

Les panneaux sont vérifiés au ELU et ELS de résistance et les fixations aux ELU de résistance.

1.2. Utilisation du complément national

La démarche de justification est donnée au paragraphe 13.2 du complément national XP P34-900/CN.

Les Tableaux I.1 et I.2 ci-dessous donnent des valeurs de résistance au déboutonnage des assemblages noté $F_{RE\ deb\ Rd}$ avec et sans cavalier à l'ELS et à l'ELU :

- γ_F : sont définis au tableau 7 de la XP P34-900/CN ;
- ψ_0 : sont définis au tableau 5 de la XP P34-900/CN ;
- γ_M : sont définis au tableau 9 art 12.1 de la XP P34-900/CN ;

Les efforts agissant sont établis à partir du tableau E.10.1 ou E.10.2 de la norme NF EN 14509 ;

Les efforts résistants sont issus des essais sur 2 et 3 appuis en dépression (panneaux fixés au support, tels que définis dans la XP P34-900/CN ou à défaut des valeurs mini forfaitaires de déboutonnage et d'ancrage des assemblages.

Les efforts de vent à considérer sont établis dans le cahier 3732 et les présentes Recommandations Professionnelles. Un calcul exact selon l'Eurocode vent est toujours possible.

1.2.1. Valeurs forfaitaires de $F_{RE\ deb\ Rd}$

Les valeurs forfaitaires ci-dessous (cf. Tableaux I.1 et I.2) sont valables sous l'action du vent en prenant en compte l'effet de la fatigue pour des fixations en acier traversante et visible de diamètre 5,5 ou 6,3 mm avec une rondelle de 19 mm et une limite d'élasticité minimale du parement de $f_y = 320$ MPa et pour $f_y = 250$ MPa.

Épaisseur nominale du parement acier en mm	$F_{RE\ deb\ Rd}$ (daN) $f_y = 320$ MPa	$F_{RE\ deb\ Rd}$ (daN) $f_y = 250$ MPa
0,50	75	58
0,63 ou 0,60	150	117
0,75 ou 0,80	180	141

▲ Tableau I.1. Valeur de $F_{RE\ deb\ Rd}$ aux ELS sans cavalier

Épaisseur nominale du parement acier en mm	$F_{RE\ deb\ Rd}$ (daN) $f_y = 320$ MPa	$F_{RE\ deb\ Rd}$ (daN) $f_y = 250$ MPa
0,50	165	129
0,63 ou 0,60	235	184
0,75 ou 0,80	260	203
0,88	290	227

▲ Tableau I.2. Valeur de $F_{RE\ deb\ Rd}$ aux ELS avec cavalier

Pour des valeurs inférieures de f_y , il convient de déterminer $F_{RE\ deb\ Rd}$ sans cavalier au prorata du rapport des limites d'élasticité inférieures des parements. Lorsque $f_y > 320$ MPa, il n'y a pas de correction à effectuer.



La valeur de la résistance au déboutonnage aux ELU vaut $1.5 \times F_{REdeb Rd}$ aux ELS.

1.2.2. Valeurs de $F_{RU anc Rd}$ et $F_{RE anc Rd}$

Les valeurs sont données par les fabricants de fixations sous la forme d'un P_K / γ_M .

1.3. Utilisation de la méthode alternative par essai (forfaitaire)

La méthode forfaitaire est donnée dans le cahier 3731 du CSTB.

Elle ne prend pas en compte les gradients thermiques.

Les γ_M à utiliser sont donnés dans ce cahier.

Les justifications au déboutonnage, ancrage et capacité des fixations sont à effectuer.

Les efforts de vent à considérer sont établis dans le cahier 3732 et les présentes recommandations.

Dans le cas où les efforts de vent sont établis à partir des NV 65 modifiées 2009 x 1.20, il faut considérer :

- pour les panneaux, les efforts en partie courantes ;
- pour les fixations, sur 1/10^{ème} le long du bâtiment un effort le long des arrêtes verticales.

A défaut d'un calcul précis de la répartition de la charge, la méthode simplifiée suivante peut être utilisée :

En pose verticale : les panneaux de bardage situés sur l'arête verticale et les fixations seront dimensionnés en tenant compte du vent en rive.

- En pose horizontale, avec L la distance entre 2 appuis consécutifs :

Effet de la dépression en rive	Fixation		Panneau
	En rive	En partie courante	
< L/2	Vent en rive	Vent en partie courante	Vent en partie courante
> L/2	Vent en rive	Vent en rive	Vent en rive

Enfin il est toujours possible de faire un calcul exact prenant en compte la véritable distribution des efforts de vent selon les NV 65.

Les justifications au déboutonnage, ancrage, et capacités des fixations sont à effectuer.

1.3.1. Vérification de l'ancrage des fixations

Une vérification de l'ancrage des fixations doit être effectuée en fonction de la nature de l'appui.

Cette vérification consiste à déterminer les valeurs de P_K / γ_M en fonction de la valeur de charge du vent Eurocode W', de la portée L et du cas de pose 2 ou 3 appuis envisagé.



Les efforts agissants et vérifications sont effectués comme indiqués ci-après (cf. cahier 3731 du CSTB).

- Panneaux isolés avec pose sur 2 appuis :

$$\frac{P_k}{\gamma_m} = \left(\frac{1,5 \times W' \times L \times \ell}{2 \times n} \right)$$

- Panneaux posés sur 3 appuis :

$$\frac{P_k}{\gamma_m} = \left(\frac{1,25 \times 1,5 \times W' \times L \times \ell}{n} \right)$$

Les valeurs de γ_M sont prises égales à :

- 1,15 pour les ossatures acier d'épaisseurs supérieures ou égales à 3,00 mm.
- 1,35 pour les ossatures bois et les ossatures acier d'épaisseurs comprises entre 1,50 mm et 3,00 mm.

I.3.2. Vérification au déboutonnage

Les résistances forfaitaires des fixations au déboutonnage à prendre en compte pour la détermination de la valeur de charge du vent Eurocode sont indiquées dans les Tableaux I.3 (a) et I.3 (b) ci-dessous.

Épaisseur du parement de nuance S320 GD en contact avec la rondelle d'appui	0,50 mm	0,63 mm	≥ 0,75 mm
Résistance caractéristique à ELS R_{cs} par vis munie d'une rondelle d'appui de diamètre 19 mm	105 daN	210 daN	250 daN
Résistance caractéristique à ELU R_{cu} par vis munie d'une rondelle d'appui de diamètre 19 mm	145 daN	290 daN	350 daN
Si la nuance de parement est inférieure à S320 GD, on prendra des valeurs corrigées par proportionnalité, soit nuance nominale du parement divisée par 320. Pour des nuances d'acier plus élevées, on prendra les mêmes valeurs que le tableau ci-dessus.			

▲ Tableau I.3 (a). Valeurs forfaitaires de déboutonnage sans cavalier

Épaisseur du parement de nuance S320 GD	0,50 mm	0,63 mm	≥ 0,75 mm
Résistance caractéristique à ELS R_{cs}	165 daN	235 daN	260 daN
Résistance caractéristique à ELU R_{cu}	230 daN	330 daN	365 daN
Si la nuance de parement est inférieure à S320 GD, on prendra des valeurs corrigées par proportionnalité, soit nuance nominale du parement divisée par 320. Pour des nuances d'acier plus élevées, on prendra les mêmes valeurs que le tableau ci-dessus.			

▲ Tableau I.3 (b). Valeurs forfaitaires de déboutonnage avec cavalier

I.4. Utilisation de l'annexe E de la NF EN 14509 avec les recommandations ECCS

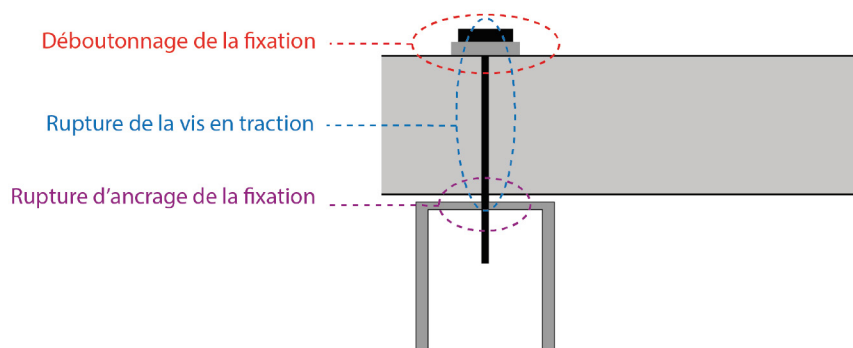
I.4.1. Dispositions générales

Note 1

Il est fait référence aux recommandations ECCS car l'annexe E de la norme NF EN 14509 n'explique pas comment dimensionner les assemblages.

Dans le cas de panneaux à fixations cachées, le paragraphe I.5 s'applique (essais et justification à la fatigue à effectuer).

Pour établir la résistance de l'assemblage, les différents modes de ruine à considérer sont donnés à la (Figure I.1).



▲ Figure I.1. Différents modes de ruine à considérer

La résistance caractéristique de l'assemblage $F_{R,tk}$ est établie à partir des essais et des données des fabricants via l'expression ci-dessous :

$$F_{R,tk} = \min (F_{Rt,vis,k} ; F_{Rt,ancrage,k} ; F_{Rt,déboulonnage,k})$$

La résistance de l'assemblage est donnée via l'expression ci-dessous :

Données fabricant avec $\gamma_{M2} = 1,50$:

- $F_{Rt,vis,k}$ est la résistance caractéristique de la vis ou du tire fond à la traction (cf. fiche technique du fabricant de fixations) ;
- $F_{Rt,ancrage,k}$ est la résistance caractéristique de l'assemblage à l'ancrage dans le support = P_k (fourni par le fabricant de vis) ;
- $F_{Rt,déboulonnage,k}$ est la résistance caractéristique de l'assemblage au déboulonnage obtenue par essais du fabricant de panneau sandwich.

Note 2

Cette méthode est utilisable en alternative au cahier 3731 du CSTB. Cependant, afin d'être compatible avec les dimensionnements traditionnels des panneaux, le coefficient de sécurité γ_{M2} a été augmenté à 1,5. Les performances au déboulonnage des panneaux sont issues, soit des essais grandeur de flexion, soit des valeurs forfaitaires.

Note 3

Le fabricant de panneaux sandwich doit faire les essais de déboulonnage avec une analyse statistique appropriée pour établir cette performance de l'assemblage (cf. XP P34 900/CN).

Les efforts agissant et les vérifications à effectuer aux ELU sont donnés dans les tableaux I.4 en 2 appuis et I.5 en 3 appuis ci-dessous. Les

efforts de vent à considérer sont établis dans le cahier 3732 du CSTB et les présentes recommandations.

Dans le cas où les efforts de vent sont établis à partir des NV 65 modifiées 2009 x 1.20 (ELU), il faut considérer :

- pour les panneaux, les efforts en rive avec un vent parallèle aux génératrices.
- pour les fixations, sur 1/10^{ème} le long du bâtiment un effort en rive perpendiculaire aux génératrices.

1.4.2. Panneaux sandwich sur 2 appuis

Les vérifications à mener sont données dans le Tableau I.4 ci-dessous.

	Appui de rive
Action du vent dépression	$F_{1,w,k} = \frac{W_k L}{2}$
Action due au gradient thermique	0
Combinaison d'actions aux ELU	$F_{1,d1} = \gamma_F F_{1,w,k}$ avec $\gamma_F = 1.5$
Nombre de fixations par appui et par mètre de largeur de panneau	$n_{\text{vi}(\text{é rive})} = \frac{ F_{1,d1} }{F_{R,td}} \geq 2$

▲ Tableau I.4. Efforts agissants au niveau des appuis aux ELU

1.4.3. Panneaux sandwich sur 3 appuis

Les vérifications à mener sont données dans le Tableau I.5 ci-dessous.

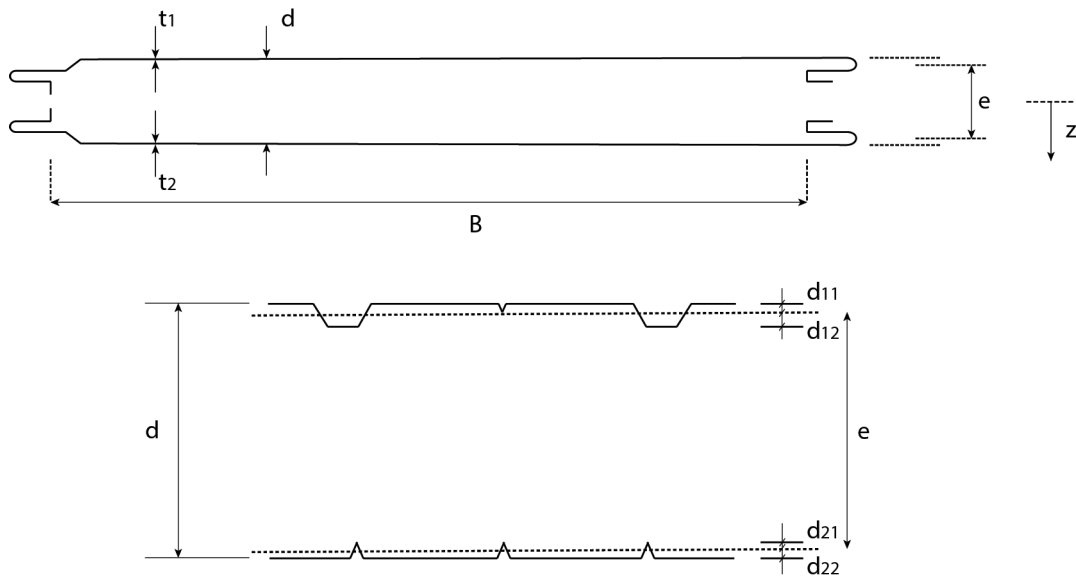


	Appui de rive	Appui central
Paramètre K	$K = \frac{3 \cdot B_s}{G_c \cdot A_c \cdot L^2}$	
Action du vent dépression	$F_{1.w,k} = \frac{W_k L}{2} \left(1 - \frac{1}{4(1+K)} \right)$	$F_{2.w,k} = W_k L \left(1 + \frac{1}{4(1+K)} \right)$
Action due au gradient thermique	$F_{1.\Delta T,k} = \frac{3B_s \cdot \alpha \cdot \Delta T_{hiver}}{2 \cdot L \cdot e} \left(\frac{1}{1+K} \right)$	$F_{2.\Delta T,k} = \frac{3B_s \cdot \alpha \cdot \Delta T_{été}}{L \cdot e} \left(\frac{1}{1+K} \right)$
Combinaison d'actions aux ELU	$F_{1.d1} = \gamma_F F_{1.w,k} + \gamma_F \psi_{0.\Delta T} F_{1.\Delta T,k}$ $F_{1.d2} = \gamma_F F_{1.\Delta T,k} + \gamma_F \psi_{0.w} F_{1.w,k}$ <p>avec $\gamma_F = 1.5$ et $\psi_0 = 0.6$</p>	$F_{2.d1} = \gamma_F F_{2.w,k} + \gamma_F \psi_{0.\Delta T} F_{2.\Delta T,k}$ $F_{2.d2} = \gamma_F F_{2.\Delta T,k} + \gamma_F \psi_{0.w} F_{2.w,k}$ <p>avec $\gamma_F = 1.5$ et $\psi_0 = 0.6$</p>
Nombre de fixations par appui et par mètre de largeur de panneau	$n_{vis(rive)} = \frac{ \max F_{1.di} }{F_{Rtd}} \geq 2$	$n_{vis(central)} = \frac{ \max F_{2.di} }{F_{Rtd}} \geq 2$

▲ Tableau I.5. Efforts agissants au niveau des appuis aux ELU

Notations :

- L : portée du panneau entre appuis
- B_s : rigidité de flexion (cf. fiche technique en [Annexe N] du présent document)
- $G_c A_c$: rigidité de cisaillement (cf. fiche technique en [Annexe N])
- W_k : Action caractéristique de vent (cf. 4.2.2.1)
- α : coefficient de dilation thermique de l'acier (12 E-6 K^{-1})
- ΔT : gradient thermique à prendre en compte lorsque les calculs sont selon NF EN 14509 ou sur spécifications des DPM
- F_{Rtd} : résistance de l'assemblage
- e : distance entre axes des parements telle que définie sur la figure ci-dessous.

**Note**

Il est fait référence aux recommandations ECCS car l'annexe E de la norme NF EN 14509 n'explique pas comment dimensionner les assemblages. Des capacités résistantes d'assemblage peuvent découler de l'essai A. 7 de la norme NF EN 14509 (figure A. 14)

1.5. Cas des panneaux à fixations cachées (applicable à toutes les méthodes de calculs)

Les panneaux font l'objet d'un essai spécifique de fatigue en dépression conformément à l'[Annexe M] du présent document supervisé par une tierce partie extérieure au cours duquel on valide la charge admissible de l'assemblage C_F .

Cette validation dépend du moment où la ruine se produit :

- Si la maquette a supporté les 78000 cycles sans ruiner, la charge admissible de l'assemblage est C_F .
- Si la ruine se produit lors des 8000 derniers cycles, la charge admissible de l'assemblage est $(2/3) \times C_F$.

La résistance ultime R_{cu} de l'assemblage est prise forfaitairement à :

- $2 \times C_F$ lorsque la maquette a supporté les 78000 cycles.
- $(4/3) \times C_F$ lorsque la ruine se produit lors des 8000 derniers cycles.

Utilisation des essais de fatigue définis à l'[Annexe M] du présent document pour établir la résistance de l'assemblage à la fatigue.

$F_{RtRd} = \min(\text{valeur d'ancrage et valeur de } C_F).$

Cette validation dépend du moment où la ruine se produit.

ANNEXE J – EXEMPLES DE FICHES TECHNIQUES / TABLEAUX DE CHARGES DE PANNEAUX SANDWICH DE BARDAGE

J.1. Généralités

Trois modèles de fiches techniques sont possibles en fonction de la méthode de dimensionnement choisie.

La vérification de l'ancrage et au déboutonnage des fixations doit être effectuée systématiquement en fonction des efforts du vent et éventuellement du gradient thermique, lorsque nécessaire.

Les tableaux J1 à J4 ci-après donne des exemples de fiches de valeurs caractéristiques des panneaux en pression et dépression en fonction des 3 méthodes employées.

La justification de l'emploi des panneaux en zone sismique fait l'objet d'un document officiel de validation établis à partir d'essai selon l'annexe C par un laboratoire compétent dans le domaine sismique.

Dans le cas de panneaux à fixations cachées, les performances des panneaux à la fatigue sont établis à partir d'essai selon l'annexe M.

J.2. Exemples de fiches techniques

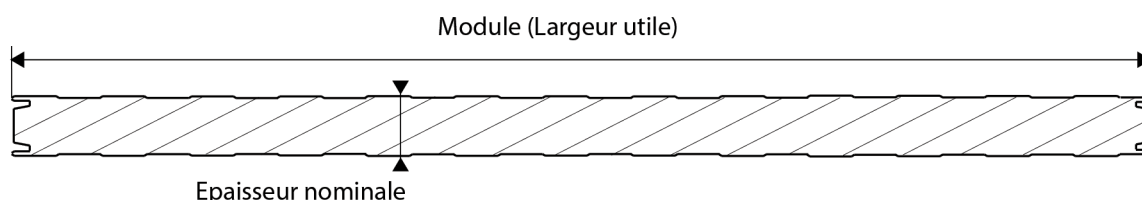
Le contenu minimal d'une fiche technique ainsi que des exemples de tableau de charges sont donnés ci-après :

J.2.1. Données techniques garanties du panneau

Exemple de fiche technique établie conformément aux présentes Recommandations pour le dimensionnement et la mise en œuvre des bardages en panneaux sandwich à âme polyuréthane (PUR ou PIR) et à 2 parements acier.

Appellation commerciale :

Le nom du fabricant ou du distributeur :



▲ Figure J : Détails d'un panneau sandwich de bardage – le schéma de la section droite

Panneau sandwich à deux parements acier marqué CE selon : ...

Usine de production :

Masse du panneau en kg/m^2 (présenté sous forme d'un tableau en fonction de l'épaisseur) : ...

Épaisseurs des parements :



La nuance d'acier des parements :

La classe de tolérance d'épaisseur utilisée pour les parements :

Revêtement des parements selon :

Type de mousse (PUR/PIR) avec sa référence:.....

Densité de la mousse :

Sollicitations résistantes (cf. Tableaux J1, J2 ou J3) :

Classement de réaction au feu :, selon rapport de classement :

Niveau d'EVCP(*)

Classement de résistance au feu :, selon rapport de classement : ...

Coefficient U_c ou $U_{d,s}$ /épaisseur :, pont thermique linéique ψ :,
pont thermique ponctuel χ : ...

N° de certificat ACERMI (tremplin) :, (*)

Performance acoustique : R_w :, selon PV :

Dans le cas d'un dimensionnement par calcul :

- Sollicitations résistantes
- Rigidité de flexion par effet sandwich B_s dans le cas d'un dimensionnement selon le complément national ou annexe E.
- Rigidité de flexion du parement seul B_f dans le cas d'un dimensionnement selon l'annexe E de la NF EN 14509.
- Rigidité de cisaillement $G_c A_c$ dans le cas d'un dimensionnement selon annexe nationale ou l'annexe E de la NF EN 14509.

N° de certification EPAQ : ...(*)

(*) Note

La référence des marques de qualités EPAQ niveau 1, ACERMI/ACERMI tremplin, ainsi que le niveau d'EVCP 1 pour la réaction au feu doit figurer sur la fiche technique, si ces marques de qualité sont revendiquées.

Exemple de tableau de charges

	Panneau sur 2 appuis						Portées	Panneau sur 3 appuis					
	Épaisseur nominale de l'âme							Épaisseur nominale de l'âme					
	x	y	z	x	y	z		x	y	z	x	y	z
Charge de vent en pression													
Charge de vent en dépres- sion													
Charge de vent en pression													
Charge de vent en dépres- sion													



La méthode de dimensionnement utilisée :

(Annexe E de la norme NF EN 14509 + Annexe I du présent document, ou Complément national de la norme NF EN 14509 et Annexe I, ou méthode forfaitaire du Cahier 3731 du CSTB + Annexe I)

PV xxxxx des essais émis par.....le

Validé en zone de sismicité.....catégorie d'importanceclasse de sol selon rapport d'essai et document de validation (si essais réalisés).....

Performances environnementales : FDES COV.....TVOC

J.2.2. Exemple de tableaux de charges dans le cas d'utilisation du référentiel Eurocode

Exemple de Tableau – Action du vent caractéristique W_k ou $W_{ad}^{()}$ en pression en daN/m^2 (référentiel NF EN 1991) des panneaux sandwich isolants du procédé xxx de la société yyyy*

Portée (m)	Epaisseur des panneaux en mm							
	40		60		80		
	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus
1,50								
2,00								
...								

(*) W_k : action caractéristique de vent donnée dans l'EN 1991-1-4 complétée par son annexe nationale française

(*) W_{ad} : action caractéristique accidentelle de vent donnée dans l'EN 1991-1-4 complétée par son annexe nationale française (**)

Exemple de Tableau – Action du vent caractéristique W_k ou $W_{ad}^{()}$ en dépression en daN/m^2 (référentiel NF EN 1991-1-4) des panneaux sandwich isolants du procédé xxx de la société yyyy*

Portée (m)	Epaisseur des panneaux en mm							
	40		60		80		
	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus
1,50								
2,00								
...								

(*) W_k : action caractéristique du vent donnée dans l'EN 1991-1-4 complétée par son annexe nationale française

(*) W_{ad} : action caractéristique accidentelle du vent donnée dans l'EN 1991-1-4 complétée par son annexe nationale française (**)

(**) Situation à considérer uniquement si demandé dans les Documents Particuliers du Marché



Exemple de Tableau xx – Action du vent caractéristique W_k ou W_{ad} en dépression en daN/m² (référentiel NF EN 1991-1-4) de l'assemblage des panneaux sandwich isolant

Portées (m)	Largeur utile du panneau			
	1000 mm		autre	
	Pose sur 2 appuis	Pose sur 3 appuis ou plus	Pose sur 2 appuis	Pose sur 3 appuis ou plus
1,50				
2,00				
...				

Ce tableau est valable pour des fixations autotaraudeuse de diamètre minimal Φ xx mm en acier ou autoperceuse de diamètre minimal Φ yy mm dont la résistance caractéristique à l'arrachement P_k/γ_m est \geq xxx daN.

Pour un support présentant une caractéristique d'assemblage $\frac{P_k}{\gamma_m} < \text{xxx daN}$, la charge maximale caractéristique peut être obtenue à partir des formules suivantes :

$1,25 \times L \times \ell \times (1,5W_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui intermédiaire (panneau sur 3 appuis).

$1,25 \times L \times \ell \times (1,0W_{ad}) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui intermédiaire (panneau sur 3 appuis)(**).

$\frac{L}{2} \times \ell \times (1,5W_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui d'extrémité (hors jonction bout à bout).

$L \times \ell \times (1,5W_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui de rive en jonction bout à bout.

$\frac{L}{2} \times \ell \times (1,0W_{ad}) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui d'extrémité (hors jonction bout à bout) (**).

$L \times \ell \times (1,0W_{ad}) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui de rive en jonction bout à bout (**).

W_k : Dépression de vent caractéristique maximale en daN/m² calculée suivant l'EN 1991-1-4 suivant les différentes zones.

W_{ad} : Dépression de vent caractéristique accidentelle en daN/m² calculée suivant l'EN 1991-1-4 art 2 (4) et 7.2.9 (3) suivant les différentes zones (**).

ℓ : la largeur du panneau en m.

n : Le nombre de fixations par mètre linéaire de l'appui considéré (indiqué si fixation réduite ou toutes nervures).

P_k : La résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de l'assemblage en daN

γ_m : Le coefficient de sécurité matériau. Il est de 1,15 pour les supports en acier supérieur à 3 mm et 1,35 si l'épaisseur du support d'acier est comprise entre 1,5 et 3mm ou si support bois

g_k : poids propre du panneau en daN/m².

Note 1

Le tableau d'assemblage précédent peut être fusionné avec celui des panneaux seul pour ne constituer qu'un seul tableau intégrant les performances du panneau et de ses assemblages.

Note 2

Exemple de tableau sans prise en compte de gradient thermique au niveau de la vérification des assemblages.



J.2.3. Exemple de tableau de charges dans le cas d'utilisation du référentiel NV65

Exemple de Tableau – Charges admissibles q sous vent normal en dépression en daN/m^2 (référentiel NV 65 modifiées) des panneaux sandwich isolants du procédé xxx de la société yyyy

Portée (m)	Epaisseur des panneaux en mm							
	40		60		80		
	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus
1,50								
2,00								
...								

Exemple de Tableau – Charges admissibles q sous vent normal en pression en daN/m^2 (référentiel NV 65 modifiées) des panneaux sandwich isolants du procédé xxx de la société yyyy

Portée (m)	Epaisseur des panneaux en mm							
	40		60		80		
	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus	2 appuis	3 appuis ou plus
1,50								
2,00								
...								

Exemple de Tableau - Charges admissibles q sous vent normal en dépression en daN/m^2 (référentiel NV 65 modifiées) de l'assemblage

Portées (m)	Largeur utile du panneau			
	1000 mm		autre	
	Pose sur 2 appuis	Pose sur 3 appuis ou plus	Pose sur 2 appuis	Pose sur 3 appuis ou plus
1,50				
2,00				
2,50				
3,00				
3,50				
...				

Ce tableau est valable pour des fixations autotaraudeuse de diamètre minimal Φ xx mm en acier ou autoperceuse de diamètre minimal Φ yy mm dont la résistance caractéristique à l'arrachement P_k/γ_m est \geq xxx daN.

Pour un support présentant une caractéristique d'assemblage $\frac{P_k}{\gamma_m} < \text{xxx daN}$, la charge maximale admissible peut être obtenue à partir de la formule suivante :

$1,25 \times L \times \ell \times (1,75q) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui intermédiaire (panneau sur 3 appuis)

$\frac{L}{2} \times \ell \times (1,75q) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui de rive d'extrémité (hors jonction bout à bout)

$L \times \ell \times (1,75q) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui en jonction bout à bout

q : Dépression de vent normal en daN/m^2 calculée à partir des NV65 modifiée 2009 en partie courante ou en rive

L : la portée en m

ℓ : la largeur du panneau en m

n : Le nombre de fixations par mètre linéaire (indiqué si fixation réduite ou toutes nervures)

P_k : La résistance caractéristique l'arrachement et au déboutonnage de l'assemblage en daN

γ_m : Le coefficient de sécurité matériau. Il est de 1,15 pour les supports en acier supérieur à 3 mm et 1,35 si l'épaisseur du support d'acier est comprise entre 1,5 et 3mm ou si support bois

g : poids propre du panneau en daN/m^2



J.2.4. Exemple de tableau de valeurs caractéristiques de calcul

Valeurs caractéristiques de calcul						Epaisseur de panneau (mm)		
Epaisseur de parement extérieur (mm)		t ₁	Epaisseur de parement intérieur (mm)		t ₂	e ₁	e ₂	e ₃
Nervuration des parements								
Masse du panneau sandwich (kg/m)								
Sollicitations résistantes en pression (**)	Rigidité de flexion B _s (daN.m²) (*)		Sur 2 appuis					
			Sur 3 appuis ou plus					
	Rigidité de cisaillement G _c A _c (daN) (*)		Sur 2 appuis					
			Sur 3 appuis ou plus					
	Moment résistant de flexion (daN.m)/m	En travée simple MU2T _{Rd} et/ou ME2T _{Rd}		T = 20°C				
				Sous température (****)				
		En double travée et plus	En travée	MU3T _{Rd} et/ou ME3T _{Rd}	T = 20°C			
					Sous température(****)			
			Sur appui	MU3A _{Rd} et/ou ME3A _{Rd}	T = 20°C			
					Sous température(****)			
	Effort tranchant résistant daN/m	En travée simple		VU2T _{Rd} et/ou VE2T _{Rd}				
		En travée double et plus	En rive		VU3T _{Rd} et/ou VE3T _{Rd}			
			Sur appui		VU3A _{Rd} et /ou VE3A _{Rd}			
	Capacité résistante en réaction d'appui ***)	En travée simple		RU2T _{Rd} et/ou RE2T _{Rd}				
En travée double et plus		En rive		RU3T _{Rd} et/ou RE3T _{Rd}				
		Sur appui		RU3A _{Rd} et /ou RE3A _{Rd}				

(*) Pour 1 m de largeur de panneau sandwich

(**) Déterminé selon le complément national (cf. art. 4.3) du présent document

(***) Largeur minimum d'appui de rive conforme au paragraphe 6.5.2 du présent document

(****) Lorsque nécessaire (cf. Annexe E et §4.2.2.2) du présent document

▲ Tableau J.1 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux sandwich de bardage en pression dans le cas complément national

Valeur caractéristique de calcul							Epaisseur de panneau (mm)		
Epaisseur de parement extérieur (mm)		t ₁	Epaisseur de parement intérieur (mm)		t ₂	e ₁	e ₂	e ₃	
Nervuration des parements									
Masse du panneau sandwich (kg/m)									
Sollicitations résistantes en dépression (**)	Rigidité de flexion B's (daN.m²) (*)			Sur 2 appuis					
				Sur 3 appuis ou plus					
	Rigidité de cisaillement G'cAc (daN) (*)			Sur 2 appuis					
				Sur 3 appuis ou plus					
	Moment résistant de flexion (daN.m)/m	En travée simple M'U2TRd et/ou M'E2TRd		T = 20°C					
				Sous température (****)					
		En double travée et plus	En travée	M'U3TRd et/ou M'E3TRd	T = 20°C				
					Sous température (****)				
			Sur appui	M'U3ARd et/ou M'E3ARd	T = 20°C				
					Sous température (****)				
	Effort tranchant résistant daN/m	En travée simple			V'U2TRd et/ou V'E2TRd				
		En travée double et plus	En rive		V'U3TRd et/ou V'E3TRd				
			Sur appui		V'U3ARd et /ou V'E3ARd				
	Capacité résistante des assemblages (***)	En travée simple			F'U2TRd (= FR,ld en 2 appuis) et/ou F'E2TRd				
		En travée double et plus	En rive		F'U3TRd (= FR,ld en 3 appuis)et/ou F'E3TRd				
			Sur appui		F'U3ARd (= FR,ld en 3 appuis)et /ou F'E3ARd				

(*) Pour 1 m de largeur de panneau sandwich

(**) Déterminé selon le complément national (cf. art. 4.3) du présent document

(***) Nombre de fixations établis selon l'annexe I du présent document

(****) Lorsque nécessaire (cf. Annexe E et article 4.2.2.2) du présent document

▲ Tableau J.2 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux sandwich de bardage en dépression dans le cas du complément national

Valeurs de calcul pour une épaisseur de panneau		
En pression	2 appuis	K_{p2A} K_{m2A} K_{g2A} M_{u2a} R_{u2A}
	3 appuis	K_{p3A} K_{m3A} K_{g3A} M_{u3a} R_{u3A} R_{s3A}



Valeurs de calcul pour une épaisseur de panneau		
En dépression	2 appuis	K'_{p2A} K'_{m2A} K'_{g2A} M'_{u2a} R'_{u2A}
	3 appuis	K'_{p3A} K'_{m3A} K'_{g3A} M'_{u3a} R'_{u3A} R'_{s3A}

▲ Tableau J.3 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux sandwich de bardage en pression et dépression dans le cas de la méthode forfaitaire du cahier 3731 du CSTB

Valeur caractéristique de calcul						Epaisseur de panneau (mm)			
Epaisseur de parement extérieur (mm)		t ₁	Epaisseur de parement intérieur (mm)		t ₂	e ₁	e ₂	e ₃	
Nervuration des parements									
Masse du panneau sandwich (kg/m)									
Sollicitations résistantes en pression (**)	Rigidité de flexion B _S (daN.m²) (*)		Sur 2 appuis						
			Sur 3 appuis ou plus						
	Rigidité de cisaillement G _C A _C (daN) (*)		Sur 2 appuis						
			Sur 3 appuis ou plus						
	Moment résistant de flexion (daN.m)/m	En travée simple M _u		T = 20°C					
				Sous température (****)					
		En double travée et plus	En travée	M _u = M _{Su} + M _{Du}	T = 20°C				
				Sous température(****)					
			Sur appui	M _u = M _{Su} + M _{Du}	T = 20°C				
				Sous température(****)					
	Effort tranchant résistant daN/m	En travée simple		V _u = V _{Su} + V _{F1u} + V _{F2u}					
		En travée double et plus	En rive	V _u = V _{Su} + V _{F1u} + V _{F2u}					
			Sur appui	V _u = V _{Su} + V _{F1u} + V _{F2u}					
	Capacité résistante en réaction d'appui (***)	En travée simple		F _{R1}					
En travée double et plus		En rive	F _{R1}						
		Sur appui	F _{R2}						

(*) Pour 1 m de largeur de panneau sandwich

(**) Déterminé selon le complément national (cf. art. 4.3) du présent document

(***) largeur minimum d'appui de rive conforme au paragraphe 6.5.2 du présent document

(****) lorsque nécessaire (cf. Annexe E et article 4.2.2.2) du présent document

▲ Tableau J.4 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux sandwich de bardage en pression dans le cas de l'annexe E de la NF EN 14509

ANNEXE K – ACCESSOIRES DE FIXATION

Les différentes fixations et leurs accessoires sont définis dans les Figures K.1 à K.5.

Les principales caractéristiques des fixations et de leurs accessoires sont données dans les Tableaux K.1 à K.5.

Les vis à tête surmoulée polyamide à la fabrication, visées dans le présent document, sont conçues de façon que l'appui des rondelles se fasse sur une partie métallique et non pas sur le surmoulage.

Les emballages de conditionnement des fixations et de leurs accessoires doivent posséder une étiquette d'identification rappelant le type de fixation, sa nature et son revêtement.

Support	Type	Élément	Dimensions et caractéristiques ¹⁾	Matériau ²⁾ de protection contre la corrosion ³⁾
bois	Tire-fond à visser	Tire-fond	Diamètre minimal : 8 mm. Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 50 mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Acier selon NF A35-053 (FR 8), galvanisé à chaud selon NF A91-121 (450 g/m²) minimal). • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.
	Vis autoperceuse à bois Vis autotaraudeuse à bois	Tige des vis	Diamètre minimal : 6,3 mm. Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 50 mm.	<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF A35-551, avec revêtement métallique renforcé + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance minimale à la corrosion 12 cycles de Kesternich selon NF T30-055 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge). • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.
		Tête des vis		<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF A35-551, avec le même revêtement que la tige, et en plus : <ul style="list-style-type: none"> - surmoulage avec polyamide 6, 11 PA 6-6, ou Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille d'acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi 18-8). • Alliage d'aluminium selon NF A50-411 (AGS 6060) • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.



Support	Type	Élément	Dimensions et caractéristiques ¹⁾	Matériau ²⁾ de protection contre la corrosion ³⁾
Acier	Vis autoperceuse Vis autotaraudeuse	Tige des vis	Vis autoperceuse : diamètre minimal : 5,5 mm. longueur telle que le filetage 'de la vis soit visible sous le 'support après pose. Vis autotaraudeuse : diamètre minimal : 6,0 mm longueur telle que la longueur 'd'ancrage éventuellement augmentée du dépassement 'sous le support, soit au moins égale au diamètre.	<ul style="list-style-type: none">• Acier de cémentation selon NF A35-551, avec revêtement métallique renforcé + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance minimale à la corrosion de 12 cycles Kesternich selon NF T30-055 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge).• Acier inoxydable (austénitique A2 selon E25-033).
		Tête des vis		<ul style="list-style-type: none">• Acier de cémentation selon NF A35-551 avec le même revêtement que la tige et en plus :<ul style="list-style-type: none">- surmoulage avec polyamide 6, 11, PA 6-6, ou- sertissage d'une feuille d'acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi 18-8).• Alliage d'aluminium selon NF A50-411 (6060, anciennement AGS).• Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.

¹⁾ Le diamètre correspondant au diamètre extérieur de filetage.

²⁾ Les nuances indiquées sont des nuances minimales.

³⁾ La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

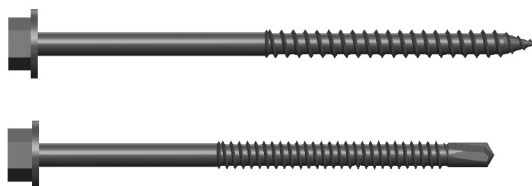
▲ Tableau K.2. Fixation pour panneaux sandwich

Type	Élément	Dimensions & caractéristiques	Matériaux
Rivet étanche	Corps du rivet	Diamètre minimal du corps : 4,8 mm. Diamètre minimal de la tête : 8 mm. Épaisseur de la tête : 1,2 mm. Longueur minimale du rivet : 12 mm	<ul style="list-style-type: none"> Corps en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1.
	Mandrin	-	<ul style="list-style-type: none"> Pour les tôles en acier : mandrin en acier inoxydable austénitique A2 (Z6CN18-09) selon NF A 35-575. Pour les tôles en aluminium : <ul style="list-style-type: none"> Mandrin en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1, ou Mandrin en acier inoxydable austénitique A2 (Z6CN18-09) selon NF A 35-575.

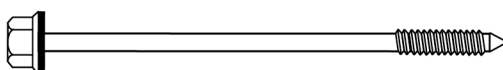
▲ Tableau K.3. Caractéristiques des rivets



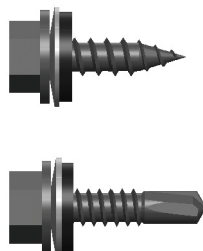
▲ Figure K.1. Tire-fond



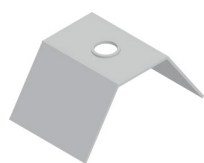
▲ Figure K.2. Vis autoperceuse et autotaradeuses



▲ Figure K.3. Vis de panneaux avec rondelle d'étanchéité



▲ Figure K.4. Vis de couture

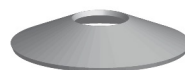


a) Cavalier



Plate

b) Rondelle d'appui

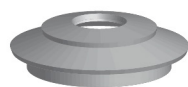


Conique

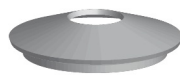


Simple

c) Rondelle d'étanchéité



Surmoulée



Vulcanisée monobloc

d) Rondelle d'appui et d'étanchéité



e) Plaquette de répartition

▲ Figure K.5. Cavalier, rondelles et plaquette



Type	Élément	Dimensions & caractéristiques	Matériaux
Rondelle d'appui + Rondelle d'étanchéité	Rondelle d'appui plate ou conique	Diamètre minimal 19mm : Épaisseur minimale : acier : 0,75 mm alliage d'aluminium : 1,0 mm	<ul style="list-style-type: none"> Acier galvanisé selon NF EN 10142 (Z 350) Acier galvanisé prélaqué selon P34-301 : 1994 Acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi 18-8) Alliage d'aluminium selon NF EN 573-1 (3003)
	Rondelle d'étanchéité	Diamètre minimal : 18 mm Épaisseur minimale : 3,0 mm Le diamètre du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation.	<ul style="list-style-type: none"> Élastomère rigide selon NF P85-301 (dureté 55 à 65 DIDC).
Rondelle vulcanisée monobloc (étanchéité rendue solidaire par vulcanisation sur une rondelle d'appui)	Rondelle d'appui conique	Diamètre minimal : 16 mm Épaisseur minimale : Acier : 0,75 mm alliage d'aluminium : 1.0 mm	<ul style="list-style-type: none"> Acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi 18-8) Acier galvanisé prélaqué selon P34-301 : 1994 Alliage d'aluminium selon NF EN 573-1 (3003).
	Rondelle d'étanchéité	Diamètre minimal : 16 mm Épaisseur minimale : 2,0 mm Le diamètre du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation.	<ul style="list-style-type: none"> Élastomère rigide selon NF P85-301 (dureté 55 à 65 DIDC).

▲ Tableau K.4. Caractéristiques des rondelles d'appui et d'étanchéité des fixations de panneaux

Type	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériau, protection contre la corrosion ²⁾
Vis autoperceuse Vis autotaraudeuse ³⁾	Tige des vis	Diamètre minimal ¹⁾ : 4,8 mm Épaisseur minimale : 19 mm et : vis autoperceuse avec pointe foret réduite telle que le filetage de la vis soit visible sous la tôle après pose. vis autotaraudeuse : longueur telle que la longueur d'ancrage éventuellement augmentée du dépassement sous la tôle soit au moins égale au diamètre.	<ul style="list-style-type: none"> Acier de cémentation selon NF A35-551, avec revêtement métallique renforcé + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance minimale à la corrosion de 12 cycles Kesternich selon NF T30-055 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge). Acier inoxydable austénitique A2 selon E25-033.
	Tête des vis		<ul style="list-style-type: none"> Acier de cémentation selon NF A35-551 avec le même revêtement que la tige et en plus : <ul style="list-style-type: none"> 'surmoulage avec ' polyamide 6, 11, PA 6-6, 'surmoulage en Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou sertissage d'une feuille d'acier inoxydable selon NF EN 10088-2(X9CrNi 18-8). 'sertissage d'une feuille d'alliage d'aluminium selon NF EN 573-1 (3003) Alliage d'aluminium selon NF A50-411 (6060, anciennement AGS). Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.

Type	Élé- ment	Dimensions et caractéris- tiques	Matériau, protection contre la corrosion ²⁾
¹⁾ Le diamètre correspondant au diamètre extérieur de filetage. ²⁾ La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations. ³⁾ Une rondelle d'appui et une rondelle d'étanchéité sont obligatoirement utilisées. Leurs caractéris- tiques sont identiques à celles données dans le Tableau K 2, avec un diamètre minimal de 14 mm.			

▲ Tableau K.5. Caractéristiques des fixations de coutures

Type	Élément	Dimensions et caractéris- tiques	Matériau
Rondelle d'appui conique avec rondelle d'étanchéité solidaire surmoulée.	Rondelle d'appui conique	Diamètre minimal : 19 mm Épaisseur minimale : 1,0 mm	Acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi 18-8).
	Rondelle d'étanchéité	Diamètre minimal : 19 mm Épaisseur minimale : 3,0 mm Le diamètre du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation.	Élastomère rigide selon NF P85-301 (dureté 55 à 65 DIDC).
Rondelle vulcanisée monobloc (étanchéité rendue solidaire sur une rondelle d'appui conique).	Rondelle d'appuis conique	Diamètre minimal : 19 mm Épaisseur minimale : 1,0 mm	Acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi 18-8).
	Rondelle d'étanchéité	Diamètre minimal : 19 mm Épaisseur minimale : 3,0 mm Le diamètre du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation.	Élastomère rigide selon NF P85-301 (dureté 55 à 65 DIDC).

▲ Tableau K.6. Caractéristiques des rondelles



ANNEXE L – MÉMENTO POUR LA RÉDACTION DU DOSSIER DE CONSULTATION ET L'ÉTABLISSEMENT DU MARCHÉ

Le dossier de consultation et les Documents Particuliers du Marché doivent comprendre notamment :

- la désignation des surfaces à traiter et la hauteur de l'ouvrage ;
- le plan général de bardage avec les indications suivantes :
 - inclinaison éventuelle de la façade vers l'extérieur du bâtiment,
 - implantation des ouvrages particuliers : angles, bas de bardage, haut de bardage, solin contre mur, joints de dilatation, aérateurs, descente d'eaux pluviales, pénétrations diverses (conduits de ventilation, crosses pour canalisations électriques, supports d'équipements lourds), etc. ;
- la destination du local, l'ambiance intérieure, l'atmosphère extérieure, la classe d'hygrométrie, W/n, la pression de vapeur.
- la prise en compte ou non du gradient thermique. Dans le cas de prise en compte, indication des températures intérieures et extérieures ;
- les dimensions géométriques du bâtiment ;
- la nature de l'ossature et les caractéristiques dimensionnelles des appuis des panneaux sandwich ;
- les données concernant le vent selon soit les NV 65 modifiées 2009 soit selon la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale ; les DPM doivent indiquer quel référentiel est retenu (vent NV 65 modifiées 2009 ou NF EN 1991-1-4) ;
- la zone de vent, le site, l'orographie et l'altitude ;
 - NV65 (zone de vent, site, bâtiment ouvert ou fermé) ;
 - Eurocode vent (rugosité, orographie, altitude nécessaire pour l'orographie, cas particulier) ;
- les données sismiques (zones, catégories d'importance de bâtiment, classe de sol).
- les coefficients de transmission thermique surfacique en partie courante de la façade U_p , la résistance thermique ou le type et l'épaisseur de l'isolant ;
- les performances d'isolement acoustiques requises ;
- les raccordements éventuels à d'autres constructions ;
- les précautions particulières éventuelles concernant les stockages et la manutention des charges ;
- l'implantation des appuis, leurs largeurs et épaisseurs sur tout le bâtiment y compris au droit des ouvrages particuliers, et dans les zones où il y a majoration de la charge de vent ;

- l'obligation éventuelle de continuité de l'isolation thermique et du pare-vapeur entre le bardage et la couverture ;
- les dispositifs éventuels de calfeutrement à l'air ;
- la conception et la nature des ouvrages particuliers tels que, contre-bardage, bande de rive (description ou coupes) ;
- l'exigence éventuelle d'une épreuve d'étanchéité à l'air ;
- les dispositifs permanents de fixation ou d'ancrage des équipements de sécurité collective ou individuelle contre les chutes de hauteur (non fixés aux panneaux).



ANNEXE M – ESSAI DE FATIGUE SUR PANNEAUX SANDWICH À FIXATIONS CACHÉES (VOIR CAHIER 3731 DU CSTB)

M.1. Conception du corps d'épreuve et du dispositif d'essai

La conception du corps d'épreuve et du dispositif d'essai est conforme aux dispositions de la norme NF P 34-503 :

- Identification (caractéristiques mécaniques des parements et du panneau) ;
- Répartition des charges par travée.

Les panneaux doivent présenter les parements de plus faibles épaisseurs et de plus faibles caractéristiques mécaniques.

La portée de l'essai et l'épaisseur du panneau doivent être choisies pour obtenir la capacité résistante C_F (daN), une flèche sensiblement égale au $1/200^{\text{ème}}$ de la portée.

Note

Généralement, on teste des panneaux d'épaisseur 60 ou 80 mm pour des portées de 3 à 4 m.

Les largeurs d'appuis doivent correspondre au minimum prévu par le Dossier Technique. La pince du panneau (Figure M3) doit correspondre à celle prévue par le Dossier Technique.

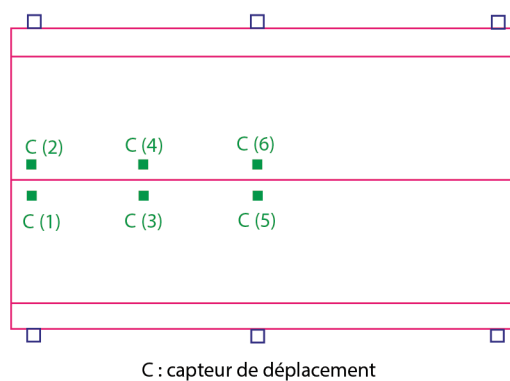
L'essai de chargement cyclique suit le programme ci-après avec une fréquence de 1 Hz :

- 50 000 cycles entre $C_F/6$ et $3C_F/4$;
- 20 000 cycles entre $C_F/2$ et C_F ;
- 8 000 cycles entre $C_F/2$ et $3C_F/2$.

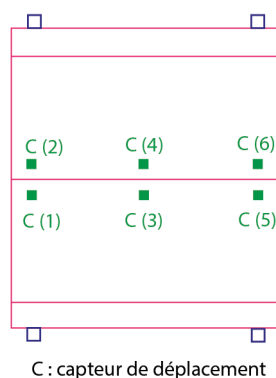
A la suite des cycles on procède à une montée en charge continue jusqu'à la rupture.

Afin de valider la charge C_F , la rupture doit intervenir à une charge sur l'assemblage correspondant à $2C_F$.

La position des capteurs de déplacement est donnée aux (Figure M.1) et (Figure M.2).



▲ Figure M.1. Positionnement de 6 capteurs de déplacement sur la maquette de panneau sur 3 appuis



▲ Figure M.2 Positionnement des capteurs sur la maquette de panneau sur 2 appuis

M.2. Essai

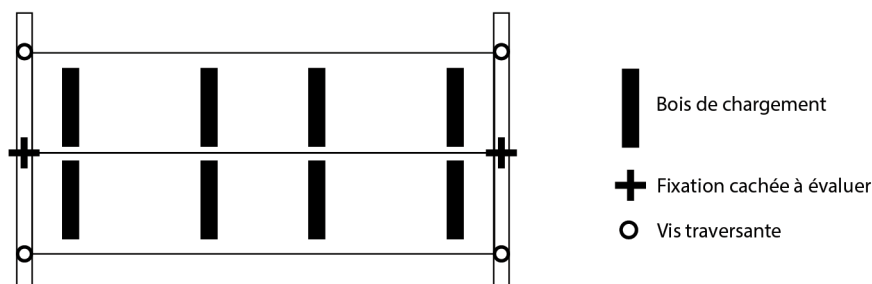
Le corps d'épreuve doit être constitué de deux panneaux assemblés avec fixation de la rive du panneau non maintenue par vis traversante.

Les fixations cachées sont positionnées dans l'emboîtement. Les petits morceaux de panneaux sont pour l'un fixés uniquement par fixation traversante et pour l'autre avec fixation cachée et fixation traversante.

L'essai doit être réalisé avec un chargement indépendant et égal sur chacun des deux panneaux sans appliquer le chargement sur les petits morceaux de panneaux. Le bois de chargement a une longueur de 1/2 à 2/3 de la largeur utile du panneau et est centré par rapport à l'axe du panneau.

M.2.1. Essais sur 2 appuis

Le dispositif d'essai est donné à la (Figure M.3).



▲ Figure M.3. Dispositif d'essai sur 2 appuis

Dans ce cas, la réaction sur la fixation à évaluer est de

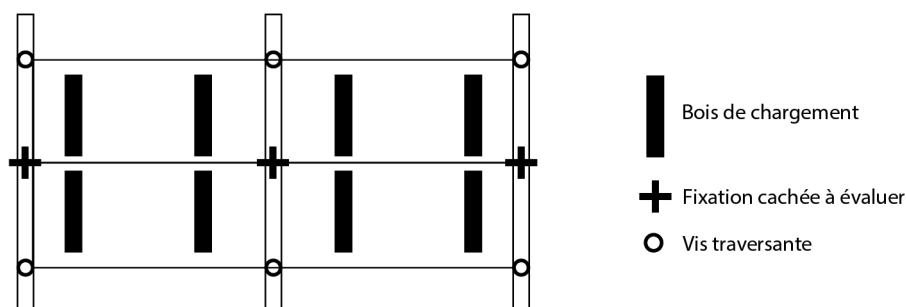
$$C_F = f/4 + 0,5 \times P_p \times L \times \ell$$

où :

- F : est la charge selon la norme NF P34-503, charge totale appliquée sur l'ensemble du corps d'épreuve + poids de l'installation (daN).
- P_p : est la charge surfacique due au poids propre du panneau (daN/m²).
- L : est la portée de l'essai (m).
- ℓ : est la largeur du panneau (m).

M.2.2. Essais sur 3 appuis

Le dispositif d'essai est donné à la (Figure M.4).



▲ Figure M.4. Dispositif d'essai sur 3 appuis

Dans ce cas, la réaction sur la fixation à évaluer à l'appui intermédiaire est de :

$$C_{F_{int}} = 0,51 \times F/2 + 1,25 \times P_p \times L \times \ell$$

La réaction sur la fixation à évaluer à l'appui d'extrémité est de :

$$C_{F_{ext}} = 0,245 \times F/2 + 0,375 \times P_p \times L \times \ell$$

où :

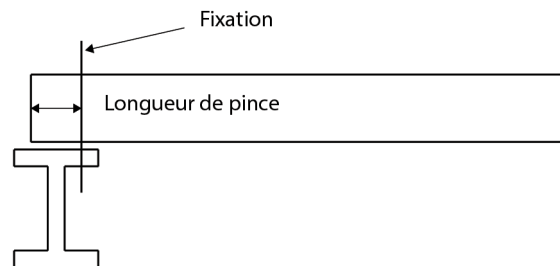
- F : est la charge selon la norme NF P34-503, charge totale appliquée sur l'ensemble du corps d'épreuve + poids de l'installation (daN).
- P_p : est la charge surfacique due au poids propre du panneau (daN/m²).
- L : est la portée de l'essai (m).
- ℓ : est la largeur du panneau (m).

M.3. Le rapport d'essai

Il doit être réalisé par une tierce partie sur la base de la supervision de l'essai.

Il doit comprendre :

- La description de la maquette :
 - Les épaisseurs et nuances des tôles d'acier,
 - Le type d'isolant et sa référence,
 - L'épaisseur et la portée des panneaux ainsi que la mise en œuvre (2 ou 3 appuis),
 - La description des fixations ainsi que leur position (nombre de vis),
 - La longueur de la pince.



▲ Figure M.5. Positionnement des fixations, longueur de pince

- La description de l'essai :
 - Les différents cycles,
 - La charge à rupture,
 - Le mode de rupture,
 - Toute autre détérioration en cours d'essais ainsi que le nombre de cycles correspondants,
 - L'augmentation de flèche au cours de l'essai.

Par ailleurs, le rapport d'essai doit inclure conformément à la norme NF P34-503, l'identification de la maquette et notamment pour chaque essai :

- Les caractéristiques mécaniques des tôles d'acier,
- Les caractéristiques mécaniques des panneaux.

L'interprétation de cet essai (capacité résistante en daN).

ANNEXE N – HAUTEURS LIMITES DE BÂTIMENT EN FONCTION DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU

N.1. Cas de la pose verticale

Elle est assurée pour des bâtiments de hauteur maximum 50 m.

N.2. Cas de la pose horizontale.

Elle est assurée pour des bâtiments de hauteur maximum 40 m.

N.3. Cas de la pose oblique

Elle n'est pas visée dans le présent document.

ANNEXE O – CONDITIONS DE RÉCEPTION APPLICABLES AUX FOURNITURES DE PANNEAUX SANDWICH DE BARDAGE À ÂME POLYURÉTHANE (PUR/PIR), À 2 PAREMENTS EN ACIER ET À FIXATIONS TRAVERSANTES

O.1. Généralités

La présente annexe décrit les conditions de réception des panneaux sandwich de bardage qui s'appliquent lorsque les Document Particulier du Marché l'exigent.

Note

Ces conditions de réception n'ont pas d'utilité pratique pour les panneaux sandwich bénéficiant de la marque de qualité – EPAQ (niveau 1) pour les performances mécaniques, ACERMI ou ACERMI Tremplin pour les performances thermiques et bénéficiant d'un niveau d'EVCP 1 pour les performances de réaction au feu au sens du règlement produit de construction.

O.2. Objet de la réception

L'objet de la réception est de vérifier la conformité des panneaux sandwich de bardage avec les spécifications de la NF EN 14509 et de son complément national XP P34-900/CN complétées par les présentes Recommandations Professionnelles (cf. 1.2) (marque de qualité/suivi des essais par une tierce partie indépendante).

O.2.1. Caractéristiques contrôlées

La réception porte sur :

- la performance mécanique des panneaux (cf. Tableau O.1) ;
- la performance thermique des panneaux (cf. Tableau O.1) ;
- la performance en réaction au feu des panneaux (cf. Tableau O.1) ;
- la durabilité des produits (cf. Tableau O.1) ;
- les caractéristiques géométriques (cf. Tableau O.3) ;
- le marquage des produits (cf. Tableau O.1).

O.2.2. Date et lieu de réception

La réception est effectuée au moment de la prise en charge des produits par l'acquéreur, c'est-à-dire, soit chez l'acquéreur, soit chez le fournisseur, soit sur le lieu de livraison (chantier).

Quel que soit le lieu de réception, la date est fixée d'un commun accord, les parties sont présentes ou représentées.

Sauf convention expresse, la réception ne peut être effectuée sur le lieu de livraison, ou chez l'acquéreur, que si le transport est à la charge du fournisseur.



O.2.3. Choix de l'organisme chargé de la réception du lot et du laboratoire d'essais

La réception du lot de produits doit être réalisée par un organisme reconnu et indépendant, qui doit être soit un organisme notifié, soit un organisme d'inspection conforme à la NF EN ISO/CEI 17020.

L'organisme intervient pour la réception du lot et pour la conformité du lot en fonction des résultats d'essais.

Les essais sont effectués dans un laboratoire conforme à la norme NF EN ISO/CEI 17025.

Note 1

Cette exigence est remplie en cas de laboratoire accrédité par le COFRAC et disposant d'expertises dans le domaine de l'acier, pour ces essais.

Note 2

L'attention des acquéreurs est attirée sur le fait que l'exécution des essais de laboratoire destinés à vérifier la conformité des panneaux sandwich de bardage aux spécifications de la norme NF EN 14509 et au complément national XP P34-900/CN et les présentes Recommandations nécessite un délai minimal de dix semaines.

O.2.4. Frais de réception

Les frais de contrôles et d'essais sont à la charge du fournisseur.

O.3. Echantillonnage

O.3.1. Identification du lot

Vérifier que son indiqués sur les colis :

- Le nom du procédé de bardage en panneaux sandwich.
- Le nom du fabricant.
- Le lieu de l'usine de production des panneaux sandwich.

S'assurer que le lot de panneaux à contrôler est constitué d'un ensemble de produits provenant de la même usine et ayant été fabriqués suivant la même composition et selon la même méthode de production. Dans le cas contraire, chaque fabrication doit être contrôlée séparément.

O.3.2. Lots de contrôle

Dans chaque lot à réceptionner, le nombre de produits à sélectionner au hasard dépend de la taille du lot à contrôler. Les lots d'inspection minimaux et maximaux devront être les suivants :

- Panneaux de bardage : minimum 3 et maximum 10 panneaux par lot ;
- Les lots plus importants sont à subdiviser en lots d'inspection de la taille ci-dessus.



O.4. Méthodes d'essais

O.4.1. Préparation des éprouvettes pour la vérification des performances mécaniques

Le nombre et les dimensions des éprouvettes à préparer sont précisés dans le Tableau O.1.

Pour les panneaux :

- la norme NF EN 14509 (annexes essais A, B, C) pour les caractéristiques générales, ou
- la norme NFP 34 503 pour les performances mécaniques grandeurs.

Pour les assemblages :

- interaction sur appuis en dépression Essai A7 de la norme NF EN 14509, ou
- la norme NF P 34 503 pour les performances mécaniques grandeurs,
- l'[Annexe I] des présentes Recommandations Professionnelles.

Caractéristiques	Exigences selon NF EN 14509	Essai d'évaluation / Type d'essai / Epaisseur du panneau soumis à l'essai			Nombre d'échantillons
Marquage	Annexe ZA de la NF EN 14509	-	-	-	Chaque colis
Caractéristiques mécaniques d'un parement	5.1.2 de la NF EN 14509	EN 10002-1 EN ISO 6892-1	Traction longitudinale	Chaque parement du panneau considéré	3
Epaisseur des parements	5.2.5 de la NF EN 14509	Palmer	Mesure d'épaisseur (Palmer)	Chaque parement du panneau considéré	3
Revêtement des parements	5.1.2.1 et 5.1.2.2 de la NF EN 14509	EN 10346 EN 10169+A1		Chaque parement du panneau considéré	3
Caractéristiques techniques d'un panneau et du matériau d'âme correspondante	5.2.1 de la NF EN 14509	EN 1602 EN 13165	Visuel Masse volumique Gaz occlus Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	3
Résistance au cisaillement et module de cisaillement	5.2.1.2 de la NF EN 14509	A. 3 ou A. 4 de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	3
Résistance à la compression et module d'élasticité en compression	5.2.1.4 de la NF EN 14509	A. 2 de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	6



Caractéristiques	Exigences selon NF EN 14509	Essai d'évaluation / Type d'essai / Epaisseur du panneau soumis à l'essai			Nombre d'échantillons
Résistance en traction perpendiculaire au panneau : et module d'élasticité en traction	5.2.1.6 de la NF EN 14509	A. 1 de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	3
Résistance en traction perpendiculaire au panneau à des températures élevées (f_{ct})	5.2.1.6 de la NF EN 14509	A. 1.6 de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	1
Moment résistant et contrainte de plissement en travée	5.2.1.7 de la NF EN 14509	A. 5 de la NF EN 14509 Ou NFP 34503 et tableau X.3	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	3
Moment résistant et contrainte de plissement sur un appui central	5.2.1.8 de la NF EN 14509	A. 7 de la NF EN 14509 Ou NF P 34503 et tableau X.3	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	3
Masse volumique	A. 8 de la NF EN 14509	A. 8 de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	3
Conductivité thermique	5.2.2 de la NF EN 14509	A. 10 de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	Voir A. 10
Durabilité	5.2.3 de la NF EN 14509	Annexe B de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	-
Réaction au feu	5.2.4.1 de la NF EN 14509	EN ISO 1716, EN ISO 1182	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	Spécifié dans l'EN 13501-1
		EN 13823 (OIF) EN ISO 11925-2	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	3
Tolérances dimensionnelles (toutes)	5.2.5 de la NF EN 14509	Annexe D de la NF EN 14509	Essai nécessaire pour les panneaux livrés	Voir Tableau M.3	3 panneaux toutes à vérifier

▲ **Tableau O.1 : Caractéristiques, exigences, essais et nombre d'échantillons**

O.4.2. Expression des résultats

Exprimer les résultats d'essais selon :

- la NF EN 14509 pour les caractéristiques générales ;
- les présentes recommandations pour toutes les autres caractéristiques



O.4.3. Evaluation des résultats

Réaliser l'évaluation des résultats à partir des caractéristiques et des critères de conformité correspondants fixés dans le tableau O.2.

Caractéristiques Selon la NF EN 14509	Méthode d'évaluation Selon NF EN 14509 et présentes recommandations	Critères de conformité et conditions spécifiques minimales requises lors de la livraison du produit
Marquage	Annexe ZA de la NF EN 14509	Pas de défaut
5.1.2 de la NF EN 14509 – Caractéristiques mécaniques d'un parement	EN 10002-1 EN ISO 6892-1	$f_y \geq 250$ MPa et supérieure à f_y déclarée sur la limite d'élasticité. La nuance d'acier indiquée sur les produits ou le colis doit être conforme aux présentes recommandations (§5.2)
Épaisseur des parements	Palmer	Pour chaque parement : $t_{nominal}$ déclarée indiquée sur les produits ou le colis \geq à la valeur minimale donnée au §5.2 des présentes recommandations. Mesure des épaisseurs de parements obligatoire dans tous les cas (en enlevant le revêtement organique).
Revêtements des parements	EN 10346 EN 10169 A1	Pour chaque parement : L'épaisseur du revêtement (métallique et organique) déclarée \geq à la valeur minimale donnée au §5.2 des présentes recommandations et supérieure à la valeur déclarée.
Caractéristiques techniques d'un panneau et du matériau d'âme correspondante	EN 1602 EN 13165	Nature de l'isolant indiquée sur les produits ou le colis : polyuréthane PUR/PIR obligatoire. Densité minimale de l'isolant déclarée sur les produits ou le colis ≥ 35 kg/m ³ et supérieure à la valeur déclarée tolérance comprise. Gaz d'expansion N pentane ou HFC 245 fa ou HFC 36/245 Si aucune indication dans la documentation commerciale test obligatoire.
5.2.1.2 de la NF EN 14509 – Résistance au cisaillement et module de cisaillement	A. 3 ou A. 4 de la NF EN 14509	G_c déclarée sur les produits ou le colis \geq à la valeur minimale de 2 MPa et supérieur à la valeur déclarée. $f_{cv} \geq f_{cv}$ déclarée sur les produits ou le colis \geq à 0,04 MPa et supérieure à la valeur déclarée.
5.2.1.4 de la NF EN 14509 – Résistance à la compression et module d'élasticité en compression	A. 2 de la NF EN 14509	$E_{cc} \geq$ supérieure à la valeur exigée pour le calcul. $f_{cc} \geq f_{cc}$ déclarée sur les produits ou le colis \geq 0,07 MPa et supérieure à la valeur déclarée.
5.2.1.6 de la NF EN 14509 – Résistance en traction perpendiculaire au panneau : (et module d'élasticité en traction b)	A. 1 de la NF EN 14509	$E_{ct} \geq$ supérieure à la valeur exigée pour le calcul. f_{ct} déclaré sur l'étiquette sur les produits ou le colis \geq 0,05 MPa et supérieur à la valeur déclarée
5.2.1.6 de la NF EN 14509 – Résistance en traction perpendiculaire au panneau à des températures élevées f_{ct})	A. 1.6 de la NF EN 14509	$E_{ct} \geq$ supérieure à la valeur exigée pour le calcul et f_{ct} supérieure à la valeur déclarée.



Caractéristiques Selon la NF EN 14509	Méthode d'évalua- tion Selon NF EN 14509 et présentes recommandations	Critères de conformité et conditions spécifiques minimales requises lors de la livraison du produit	
5.2.1.7 de la NF EN 14509 – Moment résis- tant et contrainte de plissement en travée	A. 5 de la NF EN 14509 Ou NFP 34503	M _u travée supérieur à la valeur déclarée. σ _w travée supérieure à la valeur déclarée. Le moment résistant déclaré sur les produits ou le colis doit être supérieur au moment agissant propre à l'ouvrage de destination concerné (approche NF EN 14509, XP P34- 900/CN et cahier CSTB 3731). La contrainte de plissement déclarée sur les produits ou le colis sur l'étiquette CE/DdP doit être supérieure à la contrainte de plissement propre à l'ouvrage de destination concerné (approche NF EN 14509).	
5.2.1.8 de la NF EN 14509 – Moment résis- tant et contrainte de plissement sur un appui central	A. 7 de la NF EN 14509 Ou NFP 34503	M _u sur appui central supérieur à la valeur déclarée. σ _w sur appui central supérieure à la valeur déclarée. Le moment résistant déclaré sur les produits ou le colis doit être supérieur au moment agissant propre à l'ouvrage de destination concerné (approche NF EN 14509 et XP P34- 900/CN cahier CSTB 3731). La contrainte de plissement déclarée sur les produits ou le colis sur l'étiquette CE/DdP doit être supérieure à la contrainte de plissement propre à l'ouvrage de destination concerné (approche NF EN 14509). Par ailleurs, l'assemblage correspondant à cette performance sera conforme aux pré- sentes recommandations.	
5.2.2 de la NF EN 14509 – Conductivité ther- mique	A. 10 de la NF EN 14509 et de la norme EN 12667	Valeur déclarée sur les produits ou le colis ≤ 0.032 W/(m.K) et inférieure à la valeur décl- rée vieillis (selon C.4.2 de la NF EN 13165). Valeur U _{d's} déclarée sur les produits ou le colis ≤ à la valeur déclarée.	
5.2.3 de la NF EN 14509 – Durabilité	Annexe B de la NF EN 14509	=>Réussite exigée (voir 5.2.3 et Annexe B de la NF EN 14509).	
5.2.4.1 de la NF EN 14509 – Réaction au feu	EN ISO 1716, EN ISO 1182	Classement conformé- ment à la EN 13501-1	Doit être conforme aux exi- gences requises sur l'ouvrage de destination
	EN 13823 (OIF) EN ISO 11925-2		
5.2.5 de la NF EN 14509 – Tolérances dimen- sionnelles (toutes)	Annexe D de la NF EN 14509	Pas de défaut (cf. Tableau 0.3)	

▲ **Tableau 0.2 : Caractéristiques, méthode d'évaluation et critères de conformité**

Les tolérances dimensionnelles sont données dans le tableau ci-dessous.

Dimension	Tolérance (maximale admissible)	Méthode de mesurage
Épaisseur du panneau*	$D \leq 100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ $D > 100 \text{ mm} \pm 2 \%$	NF EN 14509 – D. 2.1
Défaut de planéité (en fonction de la longueur mesurée L)	Pour $L = 200 \text{ mm}$ – Défaut de planéité 0.6 mm Pour $L = 400 \text{ mm}$ – Défaut de planéité 1.0 mm Pour $L > 700 \text{ mm}$ – Défaut de planéité 1.5 mm	NF EN 14509 – D. 2.2
Hauteur du profilé métallique (nervures) (en mm)	$5 < h \leq 50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ $50 < h \leq 100 \text{ mm} \pm 2.5 \text{ mm}$	NF EN 14509 – D. 2.3
Hauteur des raidisseurs principaux et secondaires	$d_s \leq 1 \text{ mm} \pm 30 \% \text{ de } d_s$ $1 \text{ mm} < d_s \leq 3 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$ $3 \text{ mm} < d_s \leq 5 \text{ mm} \pm 10 \% \text{ de } d_s$	NF EN 14509 – D. 2.4
Longueur du panneau	$L \leq 3 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$ $L > 3 \text{ m} \pm 10 \text{ mm}$	NF EN 14509 – D. 2.5
Largeur utile du panneau	$w \pm 2 \text{ mm}$	NF EN 14509 – D. 2.6
Défaut d'équerrage	$0.006 \times w$ (largeur utile nominale)	NF EN 14509 – D. 2.7
Défaut de rectitude (sur la longueur)	1 mm par mètre, maximum 5 mm	NF EN 14509 – D. 2.8
Cambrure	2 mm par mètre de longueur, maximum 20 mm 8.5 mm par mètre de largeur pour les profils plats ou faiblement nervurés – $h \leq 10 \text{ mm}$ 10 mm par mètre de largeur pour les profils – $h > 10 \text{ mm}$	NF EN 14509 – D. 2.9
Pas du profil (p)	If $h \leq 50 \text{ mm}$ $p : \pm 2 \text{ mm}$ If $h > 50 \text{ mm}$ $p : \pm 3 \text{ mm}$	NF EN 14509 – D. 2.10
Largeur des nervures (b_1) et Largeur des vallées (b_2)	Pour $b_1 \pm 1 \text{ mm}$ Pour $b_2 \pm 2 \text{ mm}$	NF EN 14509 – D. 2.10
* Pour le calcul de l'épaisseur de panneaux avec parements profilés, voir la Figure D. 1 de la NF EN 14509		

▲ **Tableau O.3 : Tolérances dimensionnelles des panneaux**

La méthode d'évaluation est, selon la norme ISO 390, soit :

- par attribut, échantillonnage double, régime normal,
- ou par mesure avec écart-type inconnu, régime normal,
- ou encore par la méthode décrite dans les normes de référence.

O.5. Rapport de contrôle

Le rapport de contrôle d'un lot de produits et d'accessoires doit contenir les informations suivantes :

- la date et le lieu de l'échantillonnage et les personnes présentes lors de l'échantillonnage ;
- la taille du lot contrôlé ;
- le marquage des produits de l'échantillon par le représentant de l'organisme chargé des réceptions ;

- la description de chaque lot contrôlé (au moins l'usine de production, le nom du profil, la catégorie et la classe, le ou les format(s) ;
- les résultats d'essais pour chaque lot contrôlé selon le paragraphe O.4.2 ;
- la décision sur la conformité du lot contrôlé avec les exigences selon le paragraphe O.4.3.

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOVA) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTec Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.





Les Recommandations Professionnelles « **Bardages en panneaux sandwich à parements en acier et âme polyuréthane** » ont pour objet de définir les prescriptions minimales de conception et de mise en œuvre des parois de bardage en panneaux sandwich traditionnels en vue de leur durabilité en fonction :

- des expériences professionnelles actuelles ;
- des réglementations techniques en vigueur ;
- des exigences de sécurité, de confort auxquelles peuvent prétendre les maîtres d'ouvrages, les maîtres d'œuvres et les utilisateurs de bâtiments ;
- du code civil.

Les Recommandations Professionnelles s'appliquent aux ouvrages de bardage réalisés en France métropolitaine à base de panneaux sandwich, pour des locaux à température positive dont l'hygrométrie intérieure est faible à forte et/ou la pression de vapeur est comprise entre 5 et 15 mmHg.

Les bâtiments visés sont de types industriels, commerciaux, tertiaires, bureaux, ERP, sportifs, agricoles, entrepôts de hauteur maximum 50 m.



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

