



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**COUVERTURES 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 7

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 non structurel à deux parements en acier 18
- 3.3. • Joint intégré dans les panneaux sandwich 19
- 3.4. • Garniture d'étanchéité à l'eau 20
- 3.5. • Complément d'isolation 20
- 3.6. • Assemblage 20
- 3.7. • Fixations 20
- 3.8. • Façonnés de finition 20

4 - Conception de l'ouvrage 25

- 4.1. • Dispositions générales 25
- 4.2. • Performances requises pour l'ouvrage 26
- 4.3. • Actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage de couverture 29
- 4.4. • Dimensionnement des ouvrages en panneaux sandwich de couverture 34
- 4.5. • Portées limites utiles en fonction des actions 36
- 4.6. • Dispositions particulières 37
- 4.7. • Sécurité incendie 40
- 4.8. • Sécurité en cas de séisme 40
- 4.9. • Isolation thermique 42
- 4.10. • Risque de condensation 42
- 4.11. • Performances environnementales 43
- 4.12. • Performances acoustiques 43
- 4.13. • Étanchéité à l'air 44
- 4.14. • Étanchéité à l'eau 44
- 4.15. • Durabilité 44

5 - Matériaux – Panneaux sandwich de couverture ... 45

- 5.1. • Identification 45
- 5.2. • Matériaux du panneau sandwich 47
- 5.3. • Épaisseurs et géométrie des panneaux sandwich 51
- 5.4. • Choix des revêtements 51
- 5.5. • Fabrication, contrôles des panneaux sandwich 54
- 5.6. • Matériaux pour l'étanchéité à l'air et compléments d'isolation thermique 54
- 5.7. • Fixations et leurs accessoires 54
- 5.8. • Matériaux pour ouvrages annexes – Façonnés de finition 59
- 5.9. • Plaques translucides en matériaux thermoplastiques 59



6 - Mise en œuvre	60
6.1. • Consistance des travaux – Limites de prestations	60
6.2. • Préparation – Mise à exécution des travaux et coordination avec les autres entreprises.....	62
6.3. • Préparation – Organisation du chantier	63
6.4. • Conditions nécessaires à la préparation et à l'exécution des travaux	64
6.5. • Approvisionnement et stockage	68
6.6. • Préparation – Conditions préalables requises pour la pose.....	71
6.7. • Mise en œuvre des panneaux sandwich	72
6.8. • Points singuliers.....	79
6.9. • Réception des travaux	80
6.10. • Bonnes pratiques environnementales.....	80
6.11. • Prescriptions dans le cas de réalisation de couverture en panneaux sandwich sur existant	81
 7 - Entretien – maintenance – exploitation	 82
7.1. • Entretien extérieur	82
7.2. • Entretien intérieur.....	83
 8 - Autocontrôles	 84
 9 - Annexes.....	 85
Annexe A – Conditions d'usage et d'entretien	86
Annexe B – Définition des ambiances intérieures et atmosphères extérieures	88
Annexe C – Justification sismique des panneaux sandwich de couverture pour des ouvrages de catégorie d'importance IV avec conservation des performances.....	92
Annexe D – Détermination forfaitaire des actions du vent sur les couvertures en panneaux sandwich selon la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale.....	110
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	114
Annexe F – Réglementation thermique – performances thermiques de solutions techniques traditionnelles.....	125
Annexe G – Traitement des points singuliers – ponts thermiques de liaison et étanchéité à l'air.....	129
Annexe H – Exemples de détails d'exécution des points singuliers	139
Annexe I – Capacité résistante des assemblages	147
Annexe J – Exemples de fiches techniques / tableaux de charges de panneaux sandwich	155
Annexe K – Fixations et accessoires de fixation	165
Annexe L – Mémento pour la rédaction du dossier de consultation et l'établissement du marché	171
Annexe M – Conditions de réception applicables aux fournitures de panneaux sandwich de couverture à âme polyuréthane (PUR/PIR), à 2 parements en acier et à fixations traversantes	173é



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 couvertures en panneaux sandwich, traditionnels, à deux parements en acier et à âme polyuréthane (PUR/PIR) assemblée aux parements en acier par collage auto-adhésif au sens du tableau 3 de la NF EN 14509.

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 couverture réalisés en France métropolitaine à base de panneaux sandwich, pour des locaux à température positive dont l'hygrométrie intérieure est faible à moyenne et/ou la pression de vapeur est comprise entre 5 et 10 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, sportifs, agricoles, entrepôts, de hauteur maximum 50 m.

Les présentes Recommandations Professionnelles visent :

- les ouvrages de couverture 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 la fabrication ;
- les ouvrages dont la longueur de rampant d'un seul tenant est de :
 - 40 m maximum si la hauteur d'onde est \geq à 35 mm ;
 - 30 m maximum si la hauteur d'onde est comprise entre 25 mm et 35 mm.

Note 1

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

PUR : Polyuréthane

PIR : Polyisocyanurate

Les portées des panneaux sandwich de couverture, dans le cadre du présent document, sont limitées à 6 m.

Les versants sont plans. Les nervures des panneaux sandwich doivent être parallèles à la ligne de plus grande pente.

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 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.

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

En climat de montagne, l'altitude est limitée à 2000 m. Les dispositions technologiques à respecter sont données au paragraphe (4.6.6) du présent document.

Le climat de montagne est caractérisé par une altitude supérieure à 900 m conventionnellement. Les DPM peuvent considérer que les dispositions spécifiques au climat de montagne :

- ne s'appliquent pas au chantier même si celui-ci se situe à une altitude supérieure à 900 m ;
- s'appliquent au chantier même si celui-ci se situe à une altitude inférieure à 900 m.

Les méthodes de dimensionnement applicables en climat de montagne sont seulement :

- la norme NF EN 14509 et son annexe E ;
- la méthode complète XP P34-900/CN uniquement (cf. e-cahier 3731).

Note 3

La NF EN 1991-1-3 a retenu 1000 m comme limite, cependant afin d'être en accord avec l'expérience reconnue et réussie (depuis 1995 pour les Avis Techniques en climat de montagne), il est considéré dans les présentes Recommandations Professionnelles un climat de montage potentiel à partir d'une altitude de 900 m.

Note 4

L'approche aux contraintes admissibles retenue dans l'expérience actuelle est transposable aux états limites. Les charges de ruine correspondant aux capacités résistantes ultimes, et les flèches limites au fonctionnement en service.

Le cahier 3731 du CSTB précise, dans son domaine d'application, que les dimensionnements aux contraintes admissibles et aux états limites sont applicables.

Le présent document vise la mise en œuvre de panneaux sandwich dont l'âme isolante présente les caractéristiques minimales définies dans le Tableau 1 ci-après, établies à partir d'échantillons prélevés sur des panneaux.



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 ou PIR) et des parements acier

Les référentiels de neige, 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 et Neige 84 modifiées 2009 ;
- soit des Eurocodes (NF EN 1991-1-4 et annexe nationale et corrigendum et NF EN 1991-1-3 et annexe nationale et corrigendum).

Note 5

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.

Les couvertures en panneaux sandwich sont utilisables en toutes zones de sismicité, pour toutes catégories d'importance et pour toutes classes de sol. Pour les catégories d'importance I, II, III et IV, les dispositions constructives de fixation des panneaux nécessaires pour la tenue au vent suffisent à garantir la tenue parasismique et aucune autre justification particulière n'est exigible réglementairement. Pour la catégorie d'importance IV, le maintien de l'activité après séisme peut éventuellement conduire à des exigences additionnelles (cf. [Annexe C]).

Ne sont pas visés par les présentes Recommandations Professionnelles :

- 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 panneaux ne comportant pas au moins un joint intégré à l'emboîtement en usine.

- La réalisation de sur-couverture ou la pose d'équipements sur les panneaux (modules verriers photovoltaïques, capteurs solaires thermiques, etc.).
- L'isolation thermique en sous-face des panneaux.
- La suspension d'éléments aux parements des panneaux.
- Les parements en forme de tuile.
- Les locaux à forte et 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).

- DTU P06-002, Règles NV 65 : Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes.
- DTU P06-006, Règles neige 84 : Action de la neige sur les constructions février 2009.
- GA A36-335 : Guide d'application des normes NF P34-310 et NF EN 10326.
- GA A36-351 : Guide d'application des normes NF EN 10169-2 et XP P34-301.
- GA A36-355 : Guide d'application des normes XP P34-301 et NF EN 10169-3.
- 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.
- E25-033 : Éléments de fixation – Nuances d'aciers inoxydables pour la fabrication des produits.
- NF EN 10084 – indice de classement A35-551 : Acier pour cémentation – 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 10263-5 – 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 rigide de polyuréthane (PU) – 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 P34-900 : 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.
- 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/A1:2006.
- 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 1991-1-3 – indice de classement P06-113-1 : Eurocode 1 actions sur les structures – Partie 1-3 : actions générales – Charges de neige.
- NF EN 1991-1-3/NA – indice de classement P06-113-1/NA : Eurocode 1 actions sur les structures – Partie 1-3 : actions générales – Charges de neige – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3: 2004.
- 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/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 P06-030-1 : Eurocode 8 calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : règles générales – Actions sismique 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 14122-4 – indice de classement E85-004 : Sécurité des machines – Moyens d'accès permanents aux machines – Partie 4 : échelles fixes.
- 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 : Ouvrages verticaux des constructions – Essais de résistance aux chocs – Corps de chocs – Principe et modalités générales des essais de choc.
- P08-302 : Murs extérieurs des bâtiments – Sécurité aux chocs – Méthode d'essai et critères.
- NF P30-305 : Complément d'étanchéité préformé pour couverture métallique.
- 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 P34-401 : Couvertures plaques nervurées en acier galvanisées prélaquées ou non – caractéristiques dimensionnelles.
- 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.
- XP P38-507 : Couverture de bâtiments – Plaques profilées translucides simple paroi en polycarbonate (PC) – Résistance à la traversée d'un corps mou de grandes dimensions – Essai et spécification.
- 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.
- 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.
- 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.

- Décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- 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.
- 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 ».
- 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 3501 du CSTB, mars 2004 : « Panneaux sandwich isolants à parements métalliques – conditions générales de conception et de fabrication ».
- Cahier 3731 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 d'Application ».
- Cahier 3732 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 du CSTB: « Guide technique – Couverture en climat de montagne ».





3

Terminologie, définitions



Par convention, le terme « couvreur » est utilisé pour définir l'entreprise de pose des couvertures 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, poutres) et d'une structure secondaire (pannes).

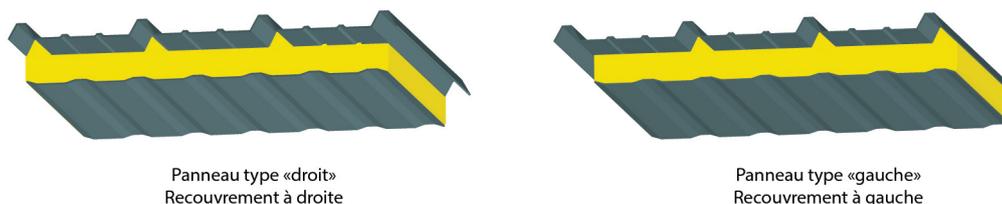
Pour les structures en bois, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne "Bâtiments courants" et de la ligne "Éléments structuraux" du tableau 7.2 de la clause 7.2(2) de la NF EN 1995-1-1/NA.

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

3.2. • Panneau sandwich non structurel à deux parements en acier

Produit de construction comportant deux parements en acier positionnés de part et d'autre d'une âme en mousse de polyuréthane adhérent aux deux parements afin d'agir de manière simultanée sous une charge, destiné à réaliser une paroi (enveloppe non structurelle) conforme à la norme NF EN 14509. Conformément au Règlement

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



▲ Figure 1 : Exemples de panneaux sandwich de couverture

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, la neige, les charges d'entretien et, le cas échéant, le gradient thermique. Dans le cadre de ce document, il ne contribue pas au maintien local des pannes et/ou à la stabilisation générale par diaphragme du bâtiment.

Note 1

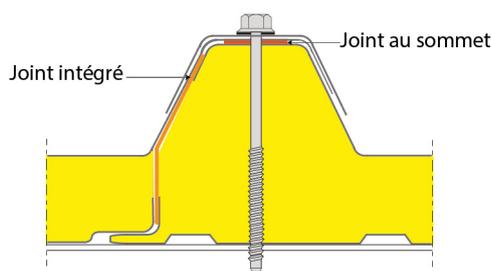
Les panneaux sandwich à parements en acier revêtus de zinc-aluminium-magnésium ne sont pas visés par la NF EN 14509. Ils sont toutefois visés par ces Recommandations Professionnelles, sous réserve d'avoir réalisé sur le panneau sandwich, les essais prévus à la NF EN 14509 et que le revêtement zinc-aluminium-magnésium 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 pannes 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 intégré à l'emboîtement en usine (Figure 2). Le joint appliqué en sommet de nervure peut être mis en œuvre sur chantier.



▲ Figure 2 : Joint intégré en usine



3.4. • Garniture d'étanchéité à l'eau

Produit permettant d'assurer l'étanchéité à l'eau.

3.5. • Complément d'isolation

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

Ces compléments sont disposés notamment aux jonctions façade/couverture, faîtage, rives, etc.

3.6. • Assemblage

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

Les panneaux sandwich peuvent être fixés avec et sans cavalier en sommet de nervure selon l'épaisseur du parement.

L'utilisation de cavaliers à la place de rondelles d'appui ne concerne que les plaques en tôle d'acier galvanisée prélaquée, d'épaisseur strictement inférieure à 0,88 mm, et dont la largeur du sommet de la nervure principale n'est pas supérieure de plus de 10 mm au diamètre de la rondelle d'appui utilisée.

3.7. • Fixations

Éléments d'un assemblage (vis auto-taraudeuses, vis auto-perceuses, tire-fonds, cavaliers, rondelles d'appui et d'étanchéité).

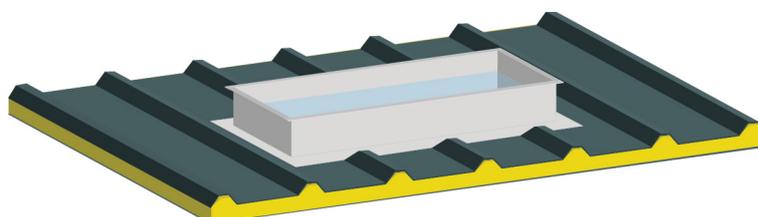
3.8. • Façonnés de finition

3.8.1. • Costière (embase)

Élément dépassant le plan de la couverture destiné à recevoir un ouvrage particulier (lanterneau, châssis, dispositif de ventilation, etc.)

(Figure 3).

Lorsque les embases sont en polyester, elles sont conformes à la NF P 37-417.

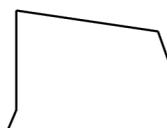


▲ Figure 3 : Exemple de costière



3.8.2. • Faîtage simple pente

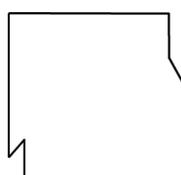
Pièce métallique formant l'habillage externe entre le bardage et la couverture au niveau d'un faîtage simple (Figure 4).



▲ Figure 4 : Bandeau en faîtage – simple pente

3.8.3. • Couronnement d'acrotère

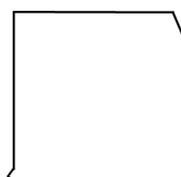
Pièce métallique formant l'habillage externe d'un acrotère (Figure 5).



▲ Figure 5 : Couronnement d'acrotère

3.8.4. • Bande de rive (ou rive sur pignon)

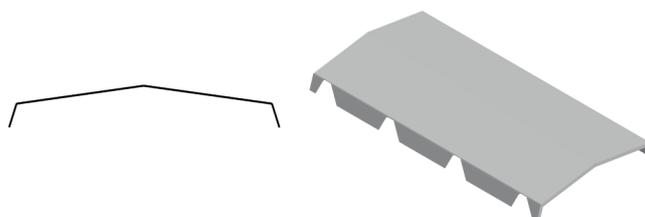
Pièce métallique formant l'habillage externe entre le bardage et la rive de la couverture (Figure 6).



▲ Figure 6 : Bande de rive

3.8.5. • Faîtière double pente à bords découpés

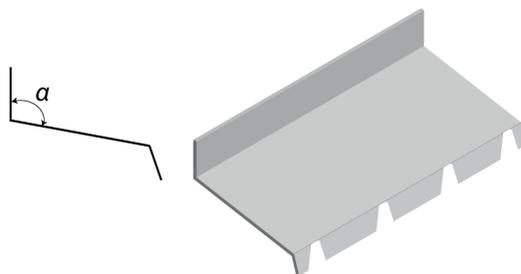
Pièce métallique formant l'habillage externe entre les 2 versants de la couverture (Figure 7).



▲ Figure 7 : Faîtière double pente à bords découpés

3.8.6. • Faîtière contre mur (en solin) à bord découpé

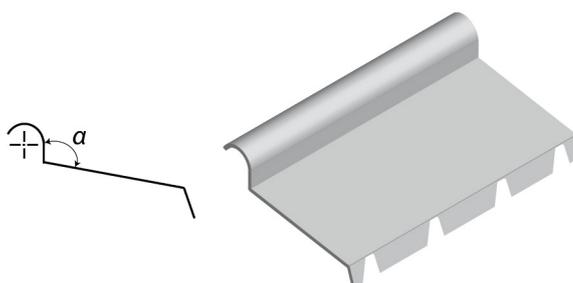
Pièce métallique formant l'habillage entre un mur et la couverture (Figure 8).



▲ Figure 8 : Faîtière contre mur à bord découpé

3.8.7. • Demi-faîtière articulée à boudin

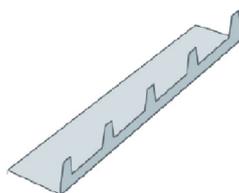
Pièce métallique formant l'habillage externe entre 2 pans de la couverture au niveau d'un faîtage double (Figure 9).



▲ Figure 9 : Demi-faîtière articulée à boudin

3.8.8. • Closoir

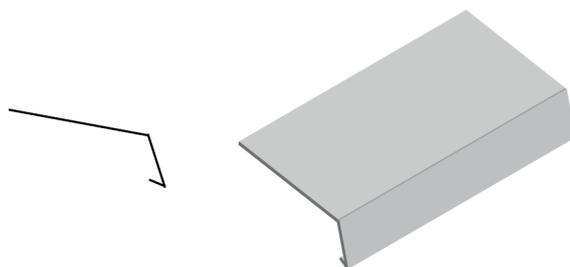
Pièce métallique destinée à obturer la tranche moussée du panneau sandwich (Figure 10).



▲ Figure 10 : Closoir

3.8.9. • Bande d'égout

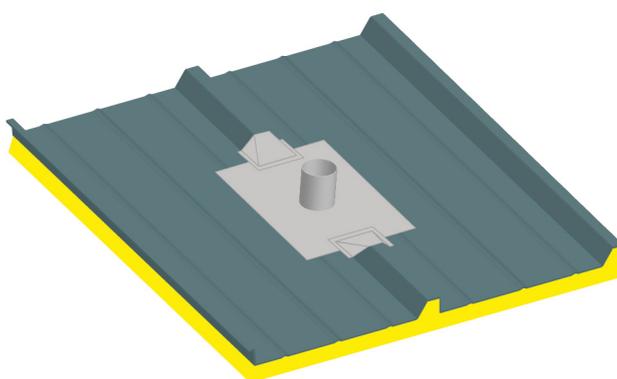
Pièce destinée à obturer la ligne constituée par le parement intérieur du panneau sandwich et le chéneau au niveau de l'égout (Figure 11).



▲ Figure 11 : Bande d'égout

3.8.10. • Pénétration

Trou effectué dans le plan d'étanchéité de la couverture (Figure 12).



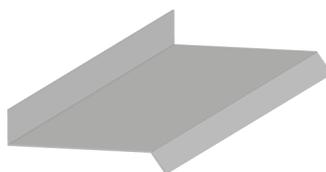
▲ Figure 12 : Exemple de pénétration – Plaque à douille

Dans le cas de réalisation de pénétrations de grandes dimensions, une étude de calepinage doit être faite, à l'instigation du maître d'ouvrage ou de son représentant, et soumise au fabricant pour s'assurer de sa bonne compatibilité avec les caractéristiques spécifiques de cette couverture.

Le fabricant est tenu d'apporter son assistance technique, aux entreprises qui en font la demande, pour la réalisation des pénétrations de grandes dimensions intéressant plusieurs panneaux.

3.8.11. • Rive contre mur (ou en solin)

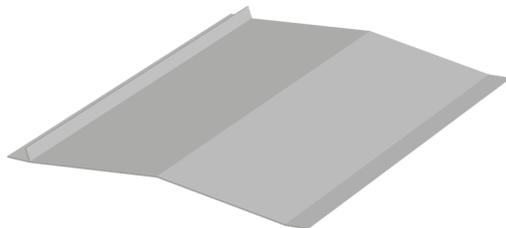
Pièce métallique assurant la liaison entre une rive de bardage et les panneaux sandwich de rive (Figure 13).



▲ Figure 13 : Plaque de rive

3.8.12. • Sous-faîtière

Pièce métallique assurant la continuité du parement intérieur au faîtage et le maintien du complément d'isolation entre les 2 panneaux sandwich en faîtage (Figure 14).



▲ Figure 14 : Sous-faîtière

3.8.13. • Joint de dilatation

Dispositif permettant d'assurer les libres mouvements de la couverture au droit d'un joint de dilatation de la structure (Figure 16).





Conception de l'ouvrage

4



4.1. • Dispositions générales

Sauf précisions spécifiques du marché, le « couvreur » détermine le type et l'épaisseur du panneau sandwich de couverture, 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 respect des dispositions traditionnelles définies dans le présent document suffisent à justifier le critère de non chute. L'[Annexe C] est requise uniquement lorsqu'un critère de maintien de la fonctionnalité est demandé par le maître d'ouvrage.

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) fixent le référentiel pour les actions à utiliser pour le dimensionnement de l'ouvrage. Le référentiel est soit les NV 65 modifiées 2009 et Neige 84 modifiées 2009, soit les parties correspondantes de la NF EN 1991, ainsi que les annexes nationales et corrigendum de ses différentes parties.

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

Le maître d'œuvre doit transmettre les plans architecturaux de la couverture de l'ouvrage et doit préciser les charges de vent et neige à prendre en compte et éventuellement les gradients thermiques.

Les plans d'exécution côtés des ossatures secondaires et/ou des ossatures principales supportant les panneaux sandwich de couverture 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 couverture 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 (réaction au feu et feu extérieur de toiture (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) ;
- le risque de condensation (cf. (4.10), [Annexe G] et [Annexe H] du présent document) ;
- les performances environnementales (cf. 4.11) ;
- les performances acoustiques (cf. 4.12) ;
- l'étanchéité à l'air (cf. (4.13), [Annexe G] et [Annexe H] du présent document) ;
- l'étanchéité à l'eau (cf. (4.14), [Annexe G] et [Annexe H] du présent document) ;
- la durabilité suffisante (cf. (4.15), [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 couvertures (cf. 6.3.2).

4.2.2. • Hypothèses minimales à préciser dans les DPM

Pour atteindre ces performances (cf. 4.2.1), les Documents Particuliers du Marché (DPM) 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), (W/n) ;
 - les pressions de vapeurs à l'intérieur des locaux (entre 5 et 10 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 (cf. [Annexe B]));
 - la localisation géographique et canton ;
 - 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 et neige) ;
 - le dispositif de retenue de la neige éventuelle ;
 - la prise en compte ou non des accumulations exceptionnelles de neige ;
 - le projet durable ou provisoire (prise en compte de C_{season} pour le vent) ;
 - le coefficient d'exposition C_e s'il est différent de 1 (neige) ;
 - le coefficient thermique C_t s'il est différent de 1 (neige) ;
 - 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) ;
 - la pente de la couverture sur plan ;
 - les longueurs de rampant ;
 - l'implantation et les dimensions des ouvertures et pénétrations (plans de calepinage requis par le maître d'ouvrage ou son représentant) ;
 - les couvertures à plusieurs niveaux et leur dénivelé;
 - les variations dimensionnelles possibles ou non des bâtiments (dispositions en conséquence).
- Les éléments permettant d'établir les actions :
 - les actions du vent en pression et dépression établies selon l'Eurocode et le c_{pi} si les valeurs sont différentes de +0,2 et -0,3 pour les bâtiments fermés et ± 0.6 pour les bâtiments ouverts (cf. Tableau D. 2) par couverture ou l'ensemble des données permettant de les établir (la destination du bâtiment ouvert ou fermé, l'altitude, la région, la catégorie de terrain, le coefficient d'orographie et 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) ;



- ou les charges du vent en pression et dépression établies selon les NV 65 modifiées 2009 (la zone, la hauteur du bâtiment, le coefficient de site ouvert ou fermé) ;
 - les charges de neige selon les N84 modifiées 2009 ;
 - ou les actions de neige selon la NF EN 1991-1-3 et annexe nationale et corrigendum ;
 - 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 ;
 - les intensités des gradients thermiques éventuels, la couleur des couvertures, lorsqu'ils doivent être considérés (cf. [Annexe E] du présent document et annexe E de la norme NF EN 14509) ;
- Le mode constructif des structures :
 - la nature de l'ossature principale (béton, acier, bois). Pour les structures en bois, selon l'Eurocode 5, les dispositions relatives aux bâtiments courants sont à considérer ;
 - la distance entre axes des appuis (pannes) ;
 - la nature (bois, acier, béton avec insert acier) et les dimensions (largeur et épaisseur) des appuis ;
 - les éléments complémentaires d'ossature fournis éventuellement par le « couvreur » (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 couverture :
 - les exigences thermiques, hygrométriques et acoustiques particulières aux couvertures ;
 - la mise à la terre des couvertures sur demande des DPM ;
 - les conditions éventuelles de démontage des panneaux sandwich.

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

Note

Il est recommandé au « couvreur » 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 couverture

4.3.1. • Actions permanentes

Le poids propre du panneau sandwich est à considérer.

Aucun élément autre que les façonnés ne doit être fixé directement sur le panneau sandwich de couverture tel que les enseignes publicitaires, chemins de câbles, éclairants, potences, lignes de vie, circuits de sprinkler.

4.3.2. • Actions climatiques

4.3.2.1. • Neige

Les charges de neige sont déterminées soit selon les règles Neige 84 modifiées 2009 soit conformément à la NF EN 1991-1-3 et corrigendum et son annexe nationale NF EN 1991-1-3/NA en fonction de ce qu'indiquent les DPM.

a) Dans le cas de l'utilisation des règles Neige 84 modifiées 2009

On peut considérer par une approche simplifiée que la notion de charge accidentelle est implicitement vérifiée lorsque la charge normale de neige « s » est supérieure ou égale à (cf. Figure 15) :

- 0,50 kN/m² pour les régions A1, A2, B1 ;
- 0,70 kN/m² pour les régions B2, C1, C2 ;
- 0,90 kN/m² pour la région D.

Note

Les règles Neige 84 modifiées 2009 sont amenées à être supprimées à terme pour être remplacées par la norme NF EN 1991-1-3.

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

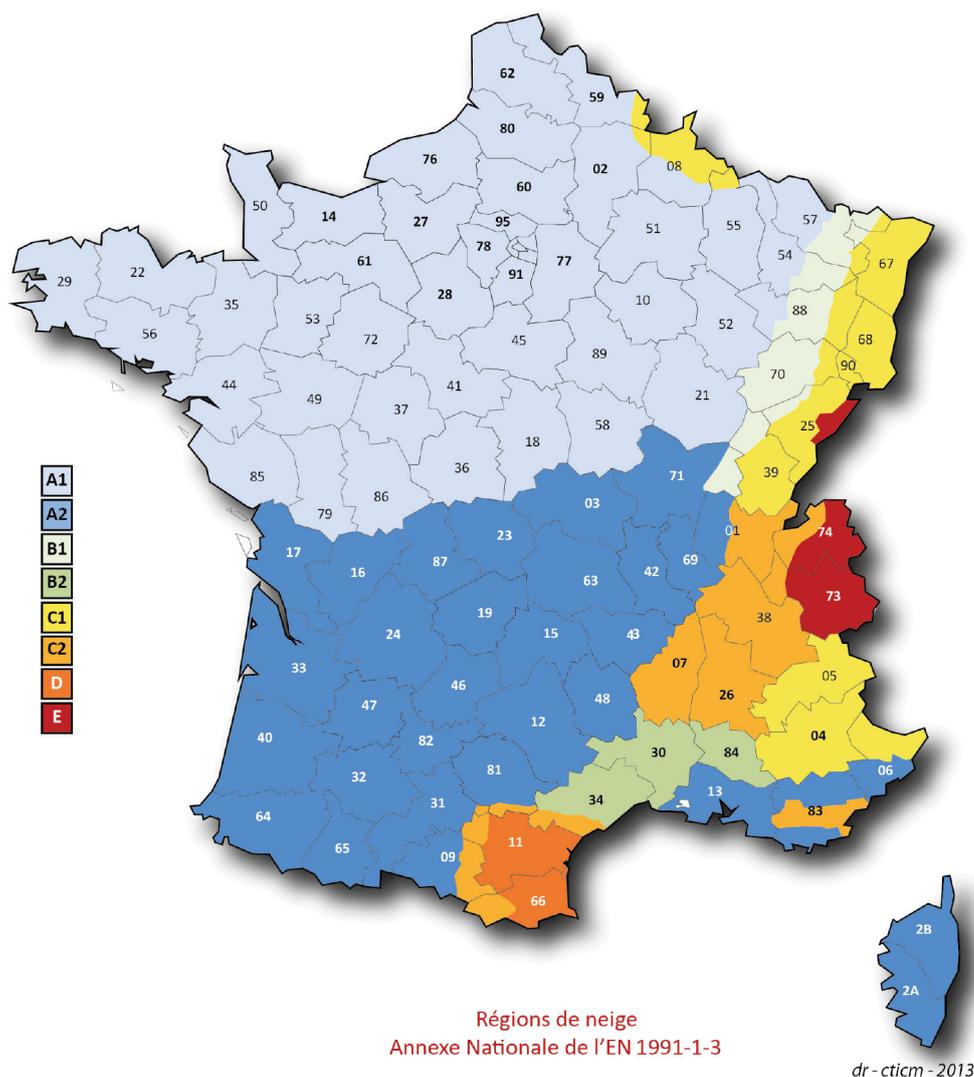
Les règles Neige 84 donnent déjà des charges de neige caractéristiques.

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

Il convient de considérer une période de retour de 50 ans.

Les charges de neige exceptionnelles doivent être considérées comme des actions accidentelles.

Les accumulations exceptionnelles de neige ne sont pas à prendre en compte excepté si les Documents Particuliers du Marché l'imposent.



▲ Figure 15: Carte de la charge de neige

4.3.2.2. • Vent

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.

L'[Annexe D] du présent document permet de déterminer les actions du vent pour certains types de construction.

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

Les panneaux sandwich de couverture étant dimensionnés aux états limites dans le présent document, le passage du vent normal et extrême au vent caractéristique associé à des combinaisons 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 NV 65 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.

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 publication du présent document, les deux codes coexistent pendant une phase transitoire.

Dans le cas d'un dimensionnement aux contraintes admissibles, le vent normal (sans pondération) est utilisé pour la vérification des flèches et de la résistance du panneau et le vent extrême (vent normal x 1,75) est utilisé pour dimensionner à la résistance des assemblages en considérant un coefficient global de sécurité de 2 par rapport à la ruine pour les panneaux sandwich à âme polyuréthane et à parements en acier.

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).

c) Règles simplifiées de calcul pour la NF EN 1991-1-4

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

4.3.2.3. • Concomitance vent-neige

Elle est à prendre en compte uniquement dans le cas d'un dimensionnement selon l'annexe E de la NF EN 14509, pour des altitudes supérieures à 900 m. Dans ce cas, les combinaisons à considérer sont les suivantes :



Combinaison d'actions aux ELU	$S_{1,d1} = S_{1,G,k} + \gamma_F S_{1,W,k} + \gamma_F \psi_{0S} S_{1,S,k}$ $S_{1,d2} = S_{1,G,k} + \gamma_F S_{1,S,k} + \gamma_F \psi_{0W} S_{1,W,k}$ avec $\gamma_F = 1,5$ et $\psi_{0S} = 0,40$ et $\psi_{0W} = 0,45(*)$
Combinaison d'actions aux ELS (résistance)	$S_{1,d1} = S_{1,G,k} + S_{1,W,k} + \psi_{0S} S_{1,S,k}$ $S_{1,d2} = S_{1,G,k} + S_{1,S,k} + \psi_{0W} S_{1,W,k}$ avec $\psi_{0S} = 0,40$ et $\psi_{0W} = 0,45(*)$
Combinaison d'actions aux ELS (flèches)	$S_{1,d1} = S_{1,G,k} + \psi_{11W} S_{1,W,k} + \psi_{0S} \psi_{12S} S_{1,S,k}$ $S_{1,d2} = S_{1,G,k} + \psi_{11S} S_{1,S,k} + \psi_{0W} \psi_{12W} S_{1,W,k}$ avec $\psi_{0S} = 0,40$ et $\psi_{0W} = 0,45(*)$ $\psi_{11S} = 1,0$ et $\psi_{11W} = 1,0(*)$ $\psi_{12S} = 0,20$ et $\psi_{12W} = 0,20(*)$
(*) Selon complément national XP P 34 900/CN, art 10. - $S_{1,di}$: la sollicitation de calcul i ; - $S_{1,G,k}$: la sollicitation caractéristique due au poids propre ; - $S_{1,W,k}$: la sollicitation caractéristique due au vent ; - $S_{1,S,k}$: la sollicitation caractéristique due à la neige.	

4.3.2.4. • 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.

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 (cf. [Annexe E] du présent document).

Des indications sur les températures de surface intérieures sont données dans les règles Th-bat (cf. [Annexe E] du présent document).

Note

Pour le dimensionnement des panneaux sandwich et des assemblages à l'arrachement (cf. [Annexe I]), les températures de surface seront considérées pour établir les gradients thermiques (cf. [Annexe E]).



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 essais

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 + son annexe E

Pour les calculs selon la NF EN 14509, le gradient thermique doit être pris en compte. Les déformations de flexion et d'effort tranchant ainsi que les rigidités relatives des parements supérieurs et inférieurs sont pris en compte (cf. [Annexe E] du présent document).

4.3.3. • Sécurité à la pose

Une charge concentrée est à considérer en vue d'établir la portée limite d'utilisation.

Note

Pour mémoire, la NF EN 1991-1-1 fixe la charge de calcul Q_k à 1,50 kN sur 50 × 50 mm. La charge de 2,00 kN répartie sur une surface de 200 × 300 mm près d'un appui couvre cette exigence.

4.3.4. • Fluage

Pour des ouvrages situés à plus de 900 m d'altitude, le fluage doit être pris en compte. Le complément national XP P34-900/CN précise dans ce cas, pour chacune des méthodes, la démarche de justification.

4.3.5. • Actions accidentelles

4.3.5.1. • Séisme

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

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.

Dans le cadre des présentes Recommandations Professionnelles, les couvertures en panneaux sandwich sont utilisables en toute zone, toute catégorie d'importance et toute classe de sol. Il n'y a pas besoin de justification particulière.



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

L'[Annexe C] du présent document définit les essais pouvant être effectués pour justifier les couvertures lorsque l'intégrité vise un critère d'étanchéité à l'eau sur l'ouvrage final dans le cas de bâtiment de catégorie d'importance IV.

Lorsque des essais sont effectués pour satisfaire le critère d'intégrité, ces essais et le rapport doivent être supervisés par une tierce partie compétente et indépendante.

4.4. • Dimensionnement des ouvrages en panneaux sandwich de couverture

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 complément national ;
- le complément national 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 couvertures sous les différentes actions définies au paragraphe (4.3).

Les panneaux sandwich de couverture reposent toujours sur plusieurs pannes du bâtiment.

Les déplacements maximum sont déterminés en fonction des actions du vent, de la neige, de l'action sismique 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 couvertures 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 couverture	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	0,2 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
Performance au feu extérieur de toiture	Euroclasse selon EN 13501-5	$D_{roof t3}$	En l'absence de rapport de classement en cours de validité

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 descendantes et ascendantes en prenant en compte notamment la nervuration du profil supérieur ainsi que la concomitance des différentes actions (poids propre, vent, neige avec accumulation, gradient thermique quel 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 à la NF P 34-205-1 (DTU 40.35) et des rondelles d'étanchéité de diamètre 19 mm ;
- l'utilisation en climat de montagne n'est pas admise.

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 descendantes et ascendantes 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.

4.6. • Dispositions particulières

4.6.1. • Porte-à-faux maximal

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

À défaut de calcul ou d'essais justificatifs, le porte-à-faux doit être inférieur à la plus petite des valeurs suivantes :

- 6 fois l'épaisseur « e » ;
- 1/10 de la portée « L » ;
- 0,60 m.

Au-delà de 900 m d'altitude, le porte-à-faux est limité à 200 mm.

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

4.6.2. • Pentes minimales

Les pentes minimales des couvertures sont données dans le Tableau 12 (cf. 6.7.3).

4.6.3. • Précaution d'emploi des panneaux sandwich

Aucun élément d'équipement ne doit être accroché aux panneaux sandwich.

4.6.4. • Chevêtres et éléments complémentaires d'ossature

Des éléments complémentaires d'ossature sont nécessaires pour l'appui et la fixation des panneaux sandwich conformément aux dispositions du DTU 40-35 (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 400 x 400 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.

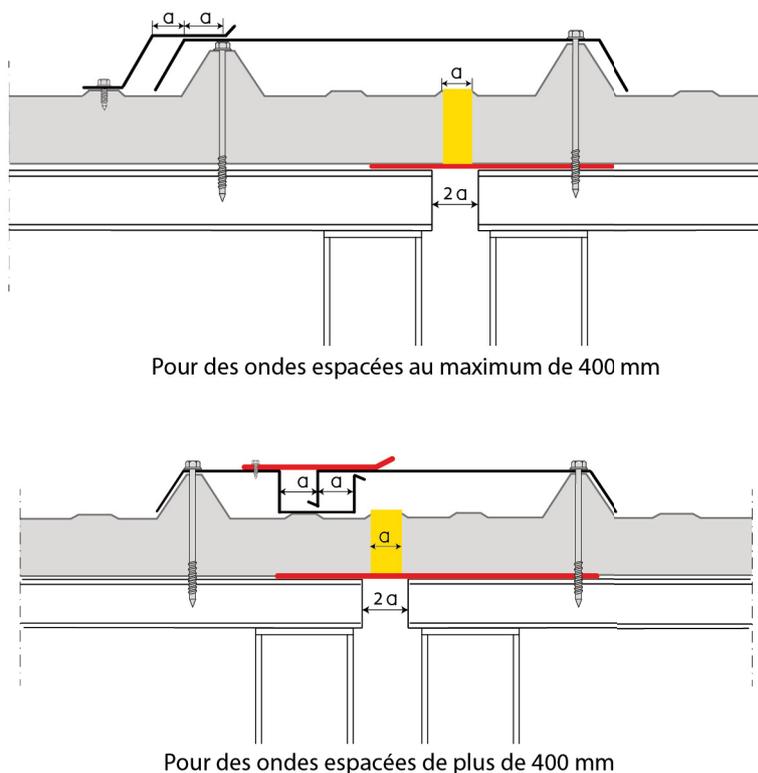
4.6.5. • Joints de dilatation

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

Un exemple de réalisation de joint de dilatation est donné en Figure 16 pour des hauteurs de bâtiments limitées à 15 m. Au-delà de cette hauteur de 15 m, les DPM définissent la conception de tels ouvrages.

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

Les pièces métalliques se recouvrent de 200 mm perpendiculairement à la pente (a sur la Figure 16).



▲ Figure 16 : Joint de dilatation au droit d'une couverture

4.6.6. • Dispositions relatives à l'emploi en climat de montagne

L'utilisation des panneaux sandwich de couverture à âme polyuréthane (PUR/PIR) et à 2 parements en acier en zone d'altitude supérieure à 900 m et inférieure à 2000 m, tels que définis dans les présentes Recommandations Professionnelles, est conditionnée, compte tenu de la spécificité de cet emploi, par le strict respect des deux critères préliminaires suivants :

- Le fabricant de panneaux sandwich doit pouvoir apporter la preuve de son expérience reconnue et réussie dans l'utilisation de ses panneaux sous ces climats de montagne sur une période de 5 ans minimum :
 - fourniture d'une liste de référence de chantiers avec indications du lieu de l'ouvrage, des coordonnées du maître de l'ouvrage, du type de bâtiment, de l'altitude du site, du type et de l'épaisseur de panneau employé, des références du contrôleur technique éventuelles ;

- tout autre document démontrant cette expérience validée par un organisme indépendant.
- Le fabricant de panneaux sandwich doit disposer d'un service d'assistance technique capable d'apporter les justifications demandées dans l'ensemble des points ci-après.

L'emploi de panneaux sandwich pour la réalisation de couverture en zone d'altitude supérieure à 900 m nécessite la prise en compte, dès la conception, des dispositions suivantes :

- l'épaisseur nominale de la tôle d'acier du parement extérieur est d'au moins 0,63 mm ;
- l'épaisseur nominale de la tôle d'acier du parement intérieur est d'au moins 0,5 mm ;
- l'épaisseur minimale de panneau sandwich est de 60 mm ;
- le « Guide technique – Couverture en climat de montagne » (cahier du CSTB) et notamment les dispositions en matière de conception et dispositions de réalisation d'application générales extrapolables au panneau sandwich s'appliquent ;
- les couvertures à un ou deux versants sont traitées en débordement sur les façades en excluant :
 - les chéneaux intérieurs ;
 - les noues ;
 - les chéneaux en encorbellement ;
- des chevêtres sont prévus pour traiter les éventuelles pénétrations ;
- les panneaux sandwich sont uniquement fixés par des vis auto-taraudeuses ou auto-perceuses ou tire-fonds ;
- les panneaux sandwich sont posés en continuité sur 3 appuis minimum ;
- la pente minimale de la couverture conformément au Tableau 13 (cf. 6.7.3) ;
- l'écartement entre appuis tiendra compte des accumulations de neige en plus des charges uniformément réparties ;
- la compression des panneaux sandwich sur appui sera vérifiée en fonction des largeurs d'appuis (cf. E.4.3.2 de la NF EN 14509) ;
- les recouvrements transversaux seront de 200 mm mini avec complément d'étanchéité obligatoire ;
- la réalisation du faîtage sera effectuée avec des faîtières crantées, muni de contre-cloisir mousse et relevé du parement extérieur sur site au moyen d'une pince à border ou une faîtière emboutie ;
- en aucun cas des systèmes de retenues de neige ne devront transmettre les efforts au travers du panneau sandwich ou de ses fixations ;
- des parties éclairantes seront adaptées à l'usage en haute montagne ;



- les éventuelles dispositions locales seront prises en compte ;
- utilisation de vis à filet sous tête ;
- dispositif contre la pénétration de neige poudreuse ;
- une vérification de l'écrasement sur appuis est nécessaire. L'écrasement calculé à partir du module de compression E_{Cc} ne doit pas excéder 1 mm pour que la rondelle d'étanchéité reste suffisamment comprimée et assure sa fonction d'étanchéité ;
- il faut vérifier que les contraintes de compression pondérées aux ELU sur chaque appui n'excèdent pas la contrainte f_{Cc}/γ_M du marquage CE, avec $\gamma_M = 1,2$.

4.7. • Sécurité incendie

4.7.1. • Réaction au feu

Les panneaux sandwich bénéficient d'un rapport de classement en réaction au feu en cours de validité dans les conditions du paragraphe 6.3.5.3 de la NF EN 14509.

Lors de la partie de l'essai d'allumabilité relative à l'exposition des bords, la flamme doit être appliquée directement sur l'âme isolante du panneau sandwich sans parement, couvre-joint ou revêtement, et sur le milieu de l'épaisseur de l'âme isolante (éprouvette tournée à 90°) (cf. C.1.2.2 de la NF EN 14509).

Les essais de réaction au feu doivent être réalisés dans un laboratoire agréé.

4.7.2. • Code du travail

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

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 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 couverture 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 couverture pourra être rendue nécessaire ; cette potentialité de réfection doit être prise en compte par le maître d'ouvrage.

Les systèmes de couverture peuvent être mis en œuvre conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010.

Lorsque seul le critère de non chute est requis, sur la base du respect des dispositions technologiques définies au chapitre 6, les panneaux sandwich de couverture peuvent être mis en œuvre sans restrictions particulières.

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 couverture et de leurs assemblages lorsque seul le critère de non chute est requis

Lorsque seul le critère de non chute est requis, les panneaux sandwich de couverture peuvent être mis en œuvre sans restrictions particulières en respectant les dispositions technologiques liées au vent.

4.8.3. • Justification sismique des panneaux sandwich de couverture pour des ouvrages de catégorie d'importance IV avec conservation des performances

Il convient de se référer à l'[Annexe C] du présent document dans le cas d'ouvrage de catégorie d'importance IV avec conservation des performances.

4.9. • Isolation thermique

Lorsque la réglementation thermique s'applique, un bureau d'études thermiques établit la performance requise de la couverture (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 (organismes ISO 17025 et annexes).

Note

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 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. • Risque de condensation

Dans les conditions prévues dans les présentes Recommandations Professionnelles qui limitent l'emploi des panneaux sandwich de couverture aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie (ventilés avec de l'air extérieur ; ventilation naturelle ou mécanique) ou dont la pression de vapeur est comprise entre 5 et 10 mmHg, des condensations ne sont à redouter qu'éventuellement au droit des pénétrations et des plaques d'éclairage simple peau et lorsque le bâtiment n'est pas chauffé ($t < 12$ °C).

Par ailleurs, on ne peut exclure totalement les risques de condensation sur les fixations traversantes.

Au droit des points singuliers (jonctions de la couverture avec d'autres parois de l'enveloppe), les risques de condensation superficielle sont possibles lorsque les jonctions ne sont pas traitées, notamment avec des compléments d'isolation assurant la continuité thermique (cf. [Annexe G] et [Annexe H]).



4.11. • Performances environnementales

4.11.1. • Composés Organiques Volatils (COV et TCOC) (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.

4.11.2. • 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'applique depuis 2014.

4.11.3. • 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 susceptibles d'être émis.

4.12. • Performances acoustiques

Les contributions des panneaux sandwich de couverture à la performance acoustique des enveloppes des bâtiments s'apprécient en termes d'isolement évalué en laboratoires ($R_{w,ctr}$). Les résultats sont disponibles auprès de fabricants pour des systèmes bien définis.

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



4.13. • 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 couverture (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 (bardage, couverture, lanterneaux, 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 aux niveaux des jonctions de la couverture avec d'autres parois de l'enveloppe (bardage, pénétrations, etc.).

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

4.14. • Étanchéité à l'eau

Les performances d'étanchéité à l'eau sont réputées satisfaites si les dispositions technologiques figurant dans les présentes Recommandations Professionnelles sont respectées. L'[Annexe H] donne des exemples de dispositions constructives permettant de traiter l'étanchéité à l'eau.

4.15. • Durabilité

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



Matériaux – Panneaux sandwich de couverture

5



5.1. • Identification

Les panneaux sandwich de couverture 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 couverture sur chantier. Ils peuvent se référer à l'[Annexe M] du présent document « Conditions de réception applicables aux fournitures de panneaux sandwich de couverture 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 Tremplin², vaut certification de la conductivité thermique et de la résistance thermique du panneau.
- Le niveau d'EVCP 1³, 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 qui comporte au moins les informations suivantes (voir [Annexe J] du présent document) :

■ 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 ;
- 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 NF EN 14509, complément national de cette norme, méthode alternative par essais (forfaitaire, selon l'annexe A du cahier 3731 du CSTB) y compris dans tous les cas de l'[Annexe I] du présent document) ;
- les tableaux définissant les charges en fonction des portées appliquées, pour au moins les deux cas courants de pose (travée simple et travées double ou multiples), pour diverses épaisseurs de panneaux sandwich, et les épaisseurs minimales de parements sous charges descendantes et ascendantes (cf. Annexe J) ;
- la référence aux rapports d'essais validés par une tierce partie ;
- la mention « information technique établie conformément aux présentes Recommandations Professionnelles » ;
- la réaction au feu selon le rapport de classement en cours de validité (référence du laboratoire et date à indiquer) ;
- le feu extérieur de toiture selon le rapport de classement en cours de validité ;
- la performance thermique du panneau sandwich par l'épaisseur de panneau (U_c ou $U_{n,s}$, ψ , χ et la formule permettant de les combiner) ;
- les performances acoustiques (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 et/ou du fluage ont été pris en compte.

Dans le cadre du présent document, ne sont visés que les panneaux sandwich comportant au moins un joint intégré à l'emboîtement en usine, non compris le joint appliqué en sommet de nervure.

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

Note

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

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 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 Z350 en présentation brute.

Le domaine d'emploi du revêtement zinc-aluminium-magnésium des parements de panneaux sandwich doit correspondre aux conditions d'atmosphère extérieure de l'ouvrage (cf. Tableau 2]).

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.

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

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.

5.2.1.2. • 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 Z180 minimum en présentation brute.

Le domaine d'emploi du revêtement zinc-aluminium-magnésium des parements de panneaux sandwich doit correspondre aux conditions d'atmosphère extérieure de l'ouvrage (cf. [Tableau 3]).

**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.

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

Sauf spécifications plus contraignantes dans les Documents Particuliers du Marché, 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 :

- 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 revêtu 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 en épaisseur minimale 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 type :

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

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

Pour les revêtements organiques couverts par la NF EN 10169 et non couverts par la norme XP P34-301, le fournisseur de panneaux 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.

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 type :

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



Les catégories des revêtements sont indiquées dans les tableaux de choix des revêtements (cf. Tableau 5).

Pour les revêtements organiques couverts par la NF EN 10169 et non couverts par la norme XP P34-301, le fournisseur de panneaux 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 AZ185 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.

Ils sont revêtus en continu d'un alliage zinc-aluminium-magnésium, prélaqué ou non, faisant l'objet d'une Enquête de Technique Préalable de Matériaux en cours de validité.

5.2.6. • Parements en acier inoxydable

Les parements sont en tôle d'acier inoxydable X2CrNi18-10 (1.4301) et 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

La dénomination mousse PUR inclut la dénomination des 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

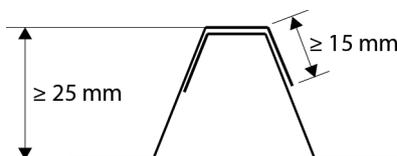
La mousse rigide utilisée doit avoir une masse volumique minimum de 35 kg/m³, tolérance comprise.

5.3. • Épaisseurs et géométrie des panneaux sandwich

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

Les tolérances dimensionnelles sont conformes à l'annexe D de la NF EN 14509.

Les rives longitudinales sont conformes à la NF P34-401 (Figure 17).



▲ Figure 17 : Rive latérale

5.4. • Choix des revêtements

5.4.1. • Revêtements métalliques nus

Pour les tôles d'acier avec revêtement métallique on trouve ci-après (Tableau 2 et Tableau 3) 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 2 : 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 3 : Choix des revêtements de la face côté intérieur

5.4.2. • Revêtements galvanisés prélaqués

Pour les tôles d'acier galvanisées prélaquées, on trouve ci-après (Tableau 4 et Tableau 5) un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

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 4 : 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 5 : Choix des revêtements de la face côté intérieur

5.4.3. • Tôles avec autres revêtements métalliques

Le domaine d'emploi de ces revêtements 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 ces revêtements.

5.4.4. • Aspect

L'apparition d'efflorescences (rouille blanche) sur des tôles non pré-laquées, 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 en acier des panneaux sandwich.



5.5. • Fabrication, contrôles des panneaux sandwich

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 couverture.

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

Les joints sont mis en œuvre sur site :

- sur appui en périphérie de couverture ;
- au niveau des façonnés de finition ;
- aux recouvrements transversaux ;
- au droit des ouvrages particuliers.

Ces joints peuvent être :

- des compléments d'étanchéité par mousse imprégnée ou PVC (voir la norme NF P30-30 ; complément d'étanchéité préformé pour couverture métallique) ;
- des compléments d'étanchéité par joint silicone ou butyl bénéficiant du label SNJF (Syndicat National des Joints et Façades) ;

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

5.7. • Fixations et leurs accessoires

5.7.1. • Fixations des panneaux sandwich

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.

La fixation en plage n'est pas admise.



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

Le Tableau 6 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 6 : Nature des fixations des panneaux sandwich de couverture sur l'ossature

5.7.1.3. • Caractéristiques des fixations

Ces caractéristiques sont définies dans le Tableau 7 ci-dessous. Pour plus de caractéristiques des fixations et des accessoires, voir [Annexe K] du présent document.

Type	Dimensions	Matières
Vis Autoperceuse Ou 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 un diamètre sous le support (Diamètre considéré sur filetage)	Fil acier de cémentation selon NF EN 10263-3 Ou fil acier inoxydable selon 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 7 : Caractéristiques des fixations des panneaux sandwich de couverture sur l'ossature

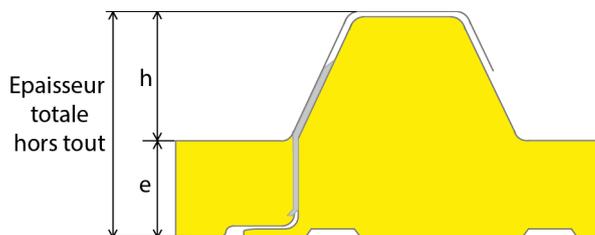
Les fixations utilisées pour l'assemblage des panneaux sandwich à l'ossature sont de types suivants :

- Vis autoperceuses de diamètre minimal 5,5 mm pour ancrage sur ossature acier et 6,3 mm pour ancrage sur ossature bois.
- Vis autotaraudeuses de diamètre minimal 6,3 mm pour ossature acier.
- Tire-fond à visser de diamètre minimal 8 mm pour ossature bois.

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 8.1, le Tableau 8.2, le Tableau 8.3 et selon la Figure 18.



▲ Figure 18 : Dimensions à considérer pour le calcul de la hauteur de fixation

Épaisseur hors tout du panneau en mm	Vis autotaraudeuses – longueur de fixation		
	Support acier	Support bois	Insert acier dans béton (*)
$e + h$	$e + h + c + \text{épaisseur du support} + 1 \text{ diamètre}$	$e + h + c + 50 \text{ mm}$	$e + h + c + \text{épaisseur de l'insert} + 1 \text{ diamètre}$

(*) sur insert acier, on s'assurera que les vis de fixation des panneaux sandwich ne viendront pas en butée sur le béton
c : épaisseur du cavalier (0,75 mm minimum en acier et 1 mm minimum en aluminium), ou façonné de finition + rondelle d'étanchéité.

▲ Tableau 8.1. Capacité d'assemblage – Longueur minimale des vis pour les panneaux sandwich à fixations traversantes autotaraudeuses

Épaisseur hors tout du panneau en mm	Vis auto-perceuses – longueur de fixation		
	Support acier	Support bois	Insert acier dans béton (*)
$e + h$	$e + h + c + \text{épaisseur du support} + 1 \text{ filetage}$	$e + h + c + 50 \text{ mm}$	$e + h + c + \text{épaisseur de l'insert} + 1 \text{ filetage}$

(*) sur insert acier, on s'assurera que les vis de fixation des panneaux sandwich ne viendront pas en butée sur le béton
c : épaisseur du cavalier (0,75 mm minimum en acier et 1 mm minimum en aluminium), ou façonné de finition + rondelle d'étanchéité.

▲ Tableau 8.2. Capacité d'assemblage – Longueur minimale des vis pour les panneaux sandwich à fixations traversantes par vis auto-perceuses

Épaisseur hors tout du panneau (sur nervure en mm)	Support bois
$e + h$	$e + h + c + 50 \text{ mm}$

c : épaisseur du cavalier (0,75 mm minimum en acier et 1 mm minimum en aluminium), ou façonné de finition + rondelle d'étanchéité.

▲ Tableau 8.3. Capacité d'assemblage – Longueur minimale des tire-fond pour les panneaux sandwich à fixations traversantes

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

5.7.1.4. • Résistance caractéristique

Les résistances caractéristiques des fixations sont déclarées 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 ou moyenne hygrométrie (classes 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.

Note

Les fixations protégées par galvanisation au trempé à chaud (450 g/m² environ) sont reconnues satisfaisantes à cette dernière prescription.

Le Tableau 8.4 indique le choix des matières et des revêtements anti-corrosion des fixations en fonction des atmosphères extérieures pour les fixations des peaux extérieures.



Nature des matières et revêtement (a)	Type de fixation	Atmosphère extérieure								
		Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Mixte	Particulière
			Normale	Sévère	10 km à 20 km	3 km à 10 km	Bord de mer < 3 km	Front de mer		
Galvanisé à chaud en continu tZn 150g/m ² minimum avec surprotection partie filetée et cisailée	<ul style="list-style-type: none"> • Boulon-crochet • Attache spéciale 	■	■	○	■	■	X	X	X	○
Galvanisation à chaud au trempé tZn 450g/m ² minimum	<ul style="list-style-type: none"> • Tirefond à bourrer • Tirefond à visser 	■	■	○	■	■	X	X	X	○
Acier de cémentation protégé 12 cycles Kesternich mini	<ul style="list-style-type: none"> • Vis 	■	■	○	■	■	○	X	○	○
Acier inoxydable austénitique A2 minimum	<ul style="list-style-type: none"> • Tirefond à bourrer • Tirefond à visser • Boulon-crochet • Vis • Attache spéciale 	■	■	○	■	■	■	○	○	○

■ Matériau adapté à l'exposition
 ○ Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant de fixation
 X Matériau non adapté
 a) Les nuances des matières spécifiées dans ce tableau sont des nuances de caractéristiques minimales (mécanique et corrosion). Le choix des matières et revêtements des fixations doit être impérativement lié aux caractéristiques des fixations données dans les tableaux K.2 à K.6 du présent document.

Note 1 : Dans le cas d'une ambiance intérieure agressive directe, matière et revêtement sont à adapter après consultation et accord du fabricant de fixation.

Note 2 : Les matières et revêtements des accessoires doivent être choisis en relation avec ceux des fixations utilisées et en accord avec les prescriptions du fabricant de fixation.

▲ Tableau 8.4. Choix des matières et des revêtements anticorrosion des fixations en fonction des atmosphères extérieures pour les fixations des peaux extérieures

5.7.2. • Fixations de couture et des accessoires

5.7.2.1. • Caractéristiques des fixations

Elles sont définies dans le Tableau 9 ci-dessous.

Type	Dimensions (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

▲ Tableau 9 : Caractéristiques des fixations de couture

5.7.2.2. • Résistances caractéristiques

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

Pour les locaux à faible ou moyenne hygrométrie, les fixations doivent résister au minimum à 12 cycles Kesternich avant apparition de rouille rouge.

5.8. • Matériaux pour ouvrages annexes – Façonnés de finition

Ils sont réalisés en tôle d'acier d'épaisseur minimale standard 0,75 mm. Les caractérisations du matériau sont définies aux (5.2.1) et (5.2.6). On distingue notamment des couronnements d'acrotère, des bandes de rive, des faîtages double pente, etc. (cf. 3.8).

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).



6

Mise en œuvre



6.1. • Consistance des travaux – Limites de 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 couvertures en panneaux sandwich comprennent :

- les études (détermination des charges ascendantes et descendantes, vérifications des fixations, portées) et plans d'exécution de la couverture (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. 6.4.4) ;
- la fourniture et la pose des panneaux sandwich de couverture ;
- le façonnage et la fourniture des ouvrages particuliers (supports de lanterneaux ponctuels ou autres accessoires, joints de dilatation...) ;
- la fourniture et la pose des accessoires spéciaux (lanterneaux ponctuels ou filants destinés à l'aération, à l'éclairage, au désenfumage et à l'accessibilité à la toiture) ;
- la fourniture et la pose des accessoires de finition :
 - bandes de rive, égouts, faîtages simples, closoirs supérieurs, etc. ;
 - chéneaux, gouttières, boîte à eau entrées ;
 - fourreaux de passage des traversées de couverture (ventilations,...) ;
 - joints ;



- la fourniture et la pose des bandes porte-solins ;
- 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 couvertures en panneaux sandwich ne comprennent pas :

- l'exécution et le réglage de l'ossature : pentes en parties courantes et dans les noues, 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 trappes de désenfumage, trappes d'accès ;
- la fourniture et la pose des ouvrants (sheds, verrières...) ;
- l'exécution des ouvrages de maçonnerie (murs, enduits, souches, bandeaux, becquets, engravures...) ;
- la fourniture et la pose des tuyaux de descentes d'eaux pluviales et des boîtes à eau ;
- la fourniture et la pose des chéneaux métalliques ;
- la fourniture et la pose des appareils et équipements techniques ;
- la fourniture et la pose des dispositifs empêchant la pénétration des eaux de ruissellement entre les traversées de toiture et les fourreaux ;
- la protection provisoire de la toiture (platelages...) et sa dépose, rendue indispensable pour l'exécution de travaux d'autres corps d'état ;
- les déposes rendues indispensables pour l'exécution de travaux d'autres corps d'état ;
- la fourniture et la pose des dispositifs permanents de protection contre les chutes de hauteur du personnel amené à circuler sur la couverture ;
- 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) du présent document.

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

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 précisés ci-dessus et des plans de charpente, l'entrepreneur soumet au maître d'œuvre, dans les délais prévus au marché ou arrêtés d'un commun accord, les renseignements ou dessins de réalisation des ouvrages de parties courantes ou de points singuliers 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. À 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. 6.4.2.2) 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 des appuis, chevêtres,...).



6.3. • Préparation – Organisation du chantier

6.3.1. • Accès

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

6.3.1.1. • Accès au sol

- L'accès au bâtiment, 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'évolution et l'utilisation des matériels et engins de chantier.

6.3.1.2. • Accès aux toitures

Un accès intérieur ou extérieur par échelle fixe condamnable (conforme à la norme NF EN ISO 14122-4 pour l'entretien) installée en même temps que la structure porteuse pour permettre l'accès du personnel.

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 couverture.

La mise en place des dispositifs de sécurité collective provisoires et la pose de panneaux sandwich de couverture 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

Le stockage sur la toiture de matériaux et matériels appartenant à des entreprises autres que celles de la couverture est interdit.

L'intervention d'autres entreprises sur la couverture pendant et après la réalisation des ouvrages est interdite.

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

6.3.4. • 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.

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

6.4.1. • Dispositions générales

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

Sauf précisions spécifiques du marché, le « couvreur » détermine le type et l'épaisseur du panneau sandwich, les modes et densité de fixations 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.

La mise en œuvre des panneaux sandwich (nervures posées parallèles à la ligne de plus grande pente) se rapproche de celle des plaques nervurées traditionnelles selon le DTU 40.35.

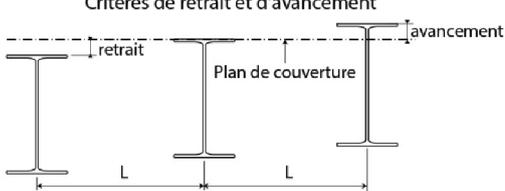
Les fabricants de panneaux sandwich assurent à la demande des entreprises de pose leur assistance technique.

6.4.2. • Mesurage – Tolérances admissibles de l'ossature

6.4.2.1. • Définition des tolérances

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

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

Direction considérée	Valeur de la tolérance d'alignement
<p>Alignement des pannes ou arbalétrier des portiques. Longueur.</p> <p style="text-align: center;">Critères de retrait et d'avancement</p> 	<p>Le plan de référence est représenté par le trait en pointillés.</p> <p>Retrait+ avancement $\leq L/500$.</p> <p>Δ : Intervalle de tolérance (retrait + avancement) en mm.</p> <p>$\Delta_{Maxi} = 8 \text{ mm}$</p> <p>L : distance entre axes des pannes (en mm).</p> <p>Alignement horizontal : 1 mm par m de longueur.</p>

▲ Tableau 10 : Tolérances usuelles d'alignement

6.4.2.2. • Réception de l'ossature porteuse

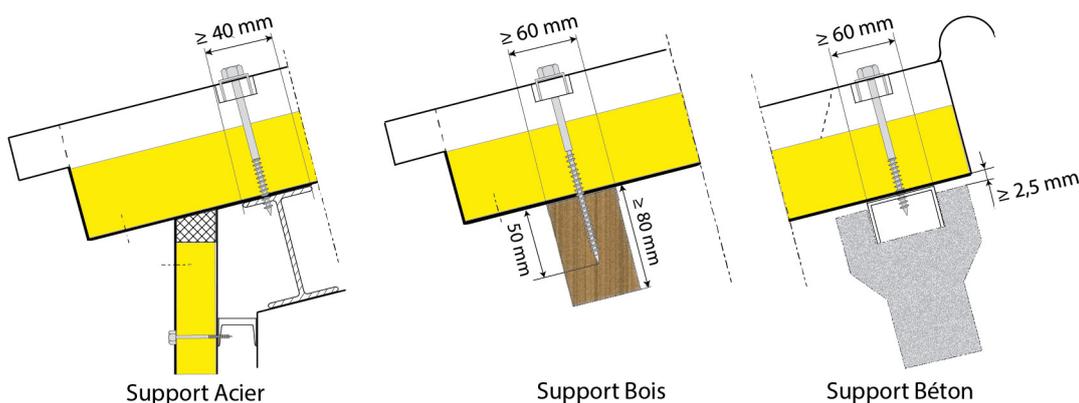
L'attention du maître d'œuvre est attirée sur la nécessité du contrôle des tolérances de l'ossature.

La géométrie de l'ossature porteuse doit être vérifiée par le responsable du gros œuvre (verticalité, désaffleurement, espacement des pannes, largeurs d'appuis...). Un document de réception de l'ossature porteuse sera rédigé par le titulaire du gros œuvre ou le maître d'œuvre et transmis au « couvreur » avant démarrage des travaux de pose des panneaux sandwich.

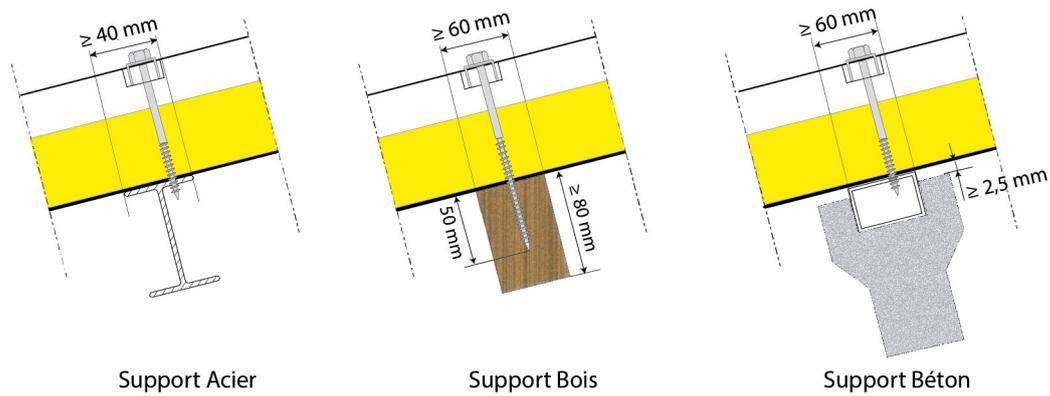
Les non conformités éventuelles devront être corrigées par un nouveau réglage ou par l'emploi d'une ossature secondaire à la charge du titulaire du lot gros œuvre.

6.4.3. • Conditions d'appuis minimum

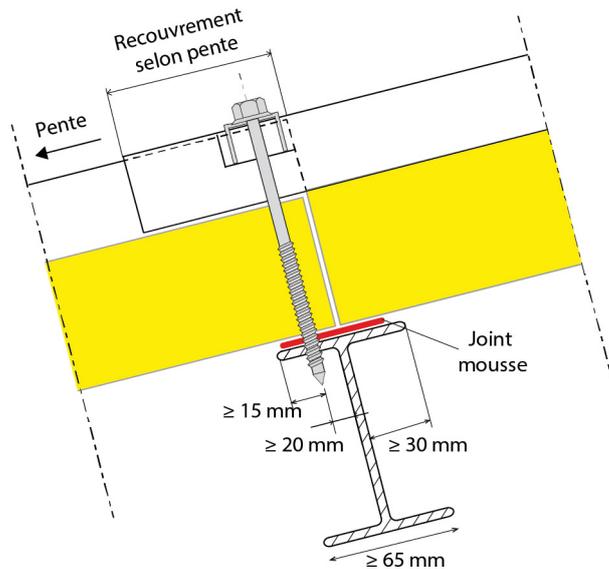
Elles sont définies dans la (Figure 19), la (Figure 20) et la (Figure 21), ci-après.



▲ Figure 19 : Dispositions d'appuis d'extrémités



▲ Figure 20 : Dispositions d'appuis intermédiaires

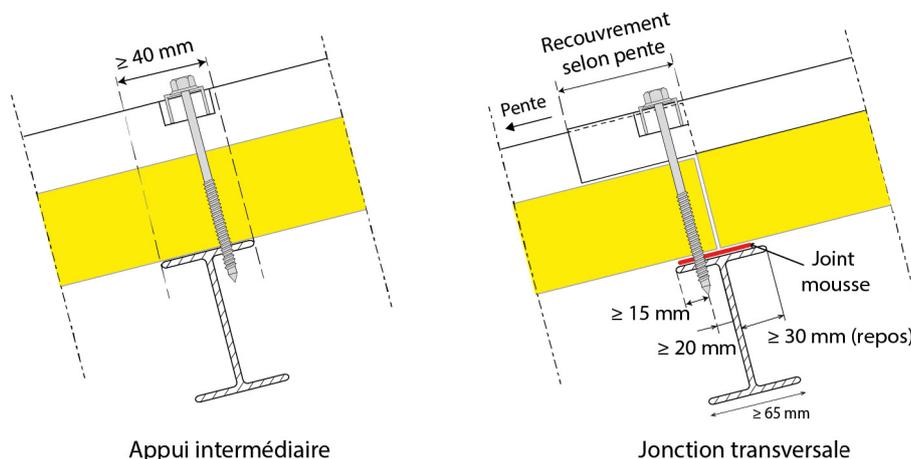


▲ Figure 21 : Dispositions particulières au droit des recouvrements transversaux (cf. Tableau 11)

6.4.3.1. • Pose sur ossature acier par fixations traversantes

- La largeur minimale de l'élément d'ossature est de 40 mm par panneau sandwich. Son épaisseur minimale est de 1,5 mm.
- La largeur minimale des éléments d'ossature au droit de la jonction transversale est de 65 mm.
- La largeur de repos minimum est de 30 mm en extrémité de panneau sandwich.
- 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 transversale de panneau sandwich est de 20 mm longitudinalement

(Figure 22).



▲ Figure 22 : Dispositions d'appuis

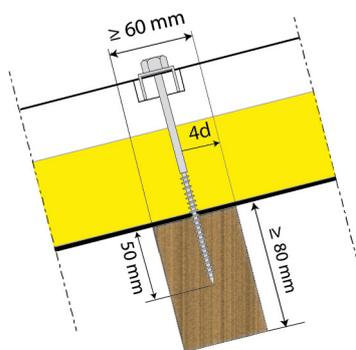
6.4.3.2. • Pose sur ossature bois

La largeur 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 (Figure 23).

Pour les autres caractéristiques, confère le paragraphe 6.4.3.1.



▲ Figure 23 : Dispositions d'appuis

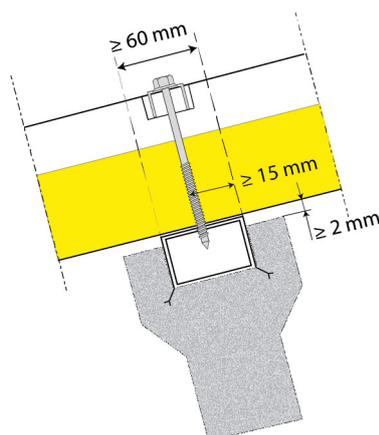
6.4.3.3. • Pose sur ossature béton avec insert acier

L'ossature béton comprend toujours un insert métallique, incorporé et ancré au coulage, de largeur minimale de 60 mm par panneau sandwich (Figure 24).

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

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

Pour les autres caractéristiques, confère le paragraphe 6.4.3.1.



▲ Figure 24 : Dispositions d'appuis

6.4.4. • 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 du paragraphe (cf. 6.4.2). Un écart d'alignement de l'ossature ne peut être rattrapé par les panneaux sandwich eux-mêmes.

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

6.5. • Approvisionnement et stockage

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

6.5.1. • Principe

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

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

6.5.2. • Déchargement et manutention des colis

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 et il y a lieu d'utiliser des élingues plates de largeur minimale 150 mm.

6.5.3. • Manutention

6.5.3.1. • Manutention des colis

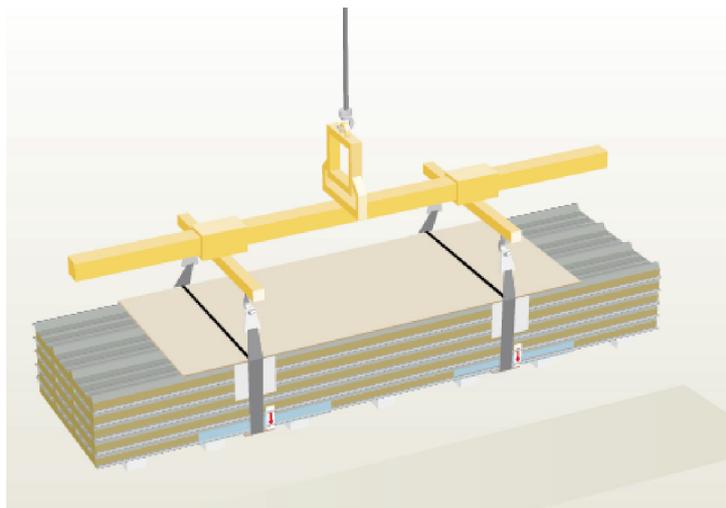
Pour la manutention des paquets par chariots élévateurs, il est nécessaire :

- 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 25).

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

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



▲ Figure 25 : Manutention par élingues plates

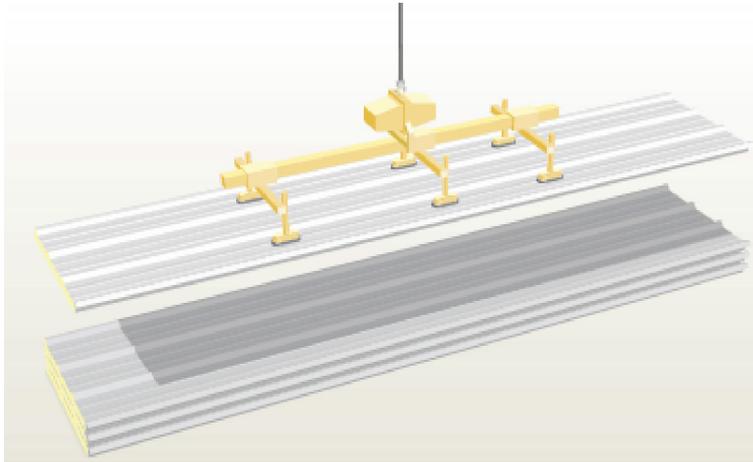
6.5.3.2. • Manutention des panneaux sandwich

La manutention des panneaux sandwich 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 sandwich de masse supérieure à 70 kg, l'emploi d'un palonnier à ventouse est recommandé (Figure 26) ;
- le palonnier doit être centré par rapport au centre de gravité du panneau sandwich ;
- si le panneau sandwich comporte un film de protection, ce dernier doit être enlevé avant utilisation d'un palonnier à ventouse ;



- la manipulation des panneaux sandwich 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 sandwich 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 26 : Manutention par palonnier à ventouses

6.5.4. • 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 prises en compte par l'entrepreneur.

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

Il est interdit de 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 « couvreur ».

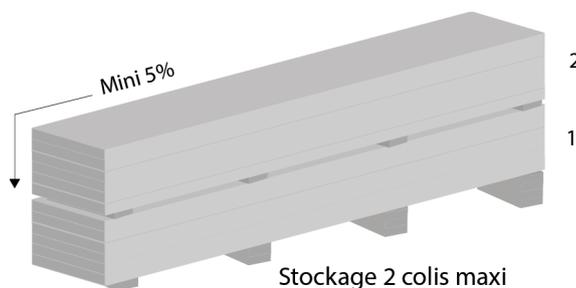
Les modifications et les changements de lieux de stockage sur chantier sont à éviter, en raison des dégradations éventuelles possibles.

Les colis doivent être inclinés par rapport à l'horizontale pour faciliter l'évacuation d'eau de pluie et des condensats éventuels (Figure 27).

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



▲ Figure 27 : Stockage provisoire

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

La pelabilité du film de protection est de 3 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.

6.6. • Préparation – Conditions préalables requises pour la pose

La pose des panneaux sandwich 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, de risque de détérioration ou de dérèglement des panneaux sandwich utilisés, et pour permettre à l'entrepreneur une continuité de travail.

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

L'entrepreneur doit s'assurer que les portées sur plan au dernier indice sont respectées sur le chantier (cf. 6.4.2.2). La pose sans réception préalable de la structure vaut acceptation de l'ouvrage en l'état.

Les abords du bâtiment et l'aplomb de la structure porteuse, doivent être 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. • Mise en œuvre des panneaux sandwich

6.7.1. • Manutention des panneaux sandwich lors du montage

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 impropres à la bonne exécution des travaux.

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.

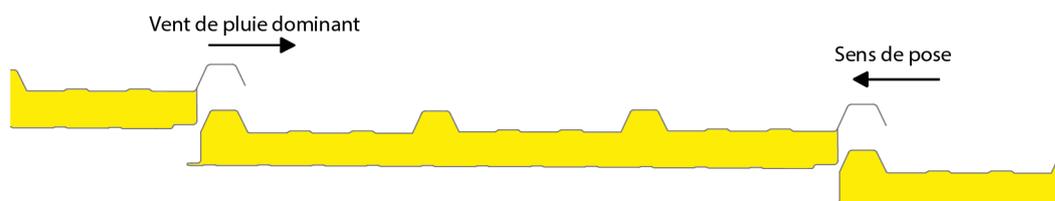
Pour les panneaux sandwich de masse inférieure à 70 kg, la manutention du lieu de stockage au lieu de mise en œuvre pour pose se fera en évitant absolument la prise sur les languettes de rive ou sur le parement recouvrant et de préférence à chant avec le côté mâle vers le bas.

Les panneaux sont posés et calés au moins sur deux appuis (Figure 27). Les panneaux sont manutentionnés par des élingues (Figure 25) ou des palonniers à ventouses (Figure 26).

6.7.2. • Principe de montage

Les panneaux sandwich sont mis en œuvre à l'avancement.

La nervure libre de l'élément à poser vient recouvrir la nervure pleine du dernier élément posé. Le sens de progression du montage des panneaux sandwich est choisi de façon à être contraire à celui des vents de pluies dominants (Figure 28). Cette condition implique l'emploi de panneaux sandwich de type gauche ou de type droit (Figure 1).

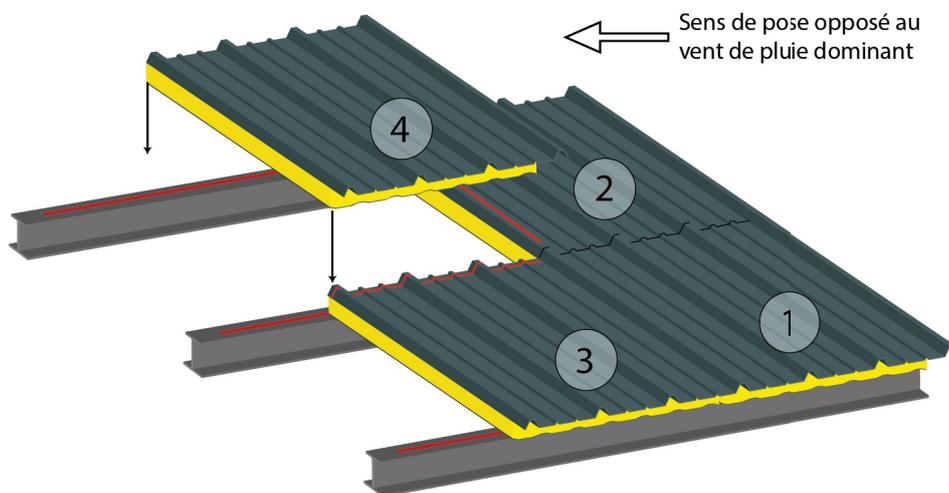


▲ Figure 28: Principe de montage

Les différentes phases de montage sont les suivantes :

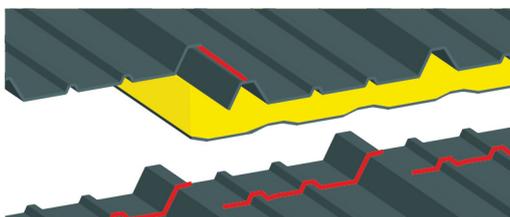
- installation des chéneaux/bavettes gouttière/bavette en noue (cf. Figures H.6 et H.7) ;
- installation des sous faitières en faîtage (cf. Figure H.8) ;

- mise en place des joints mousse sur les pannes (cf. Figures H.6 et H.7) ;
- installation et fixation du premier panneau en bas de versant en partant d'une rive après avoir vérifié son alignement (cf. Figure 29) ;



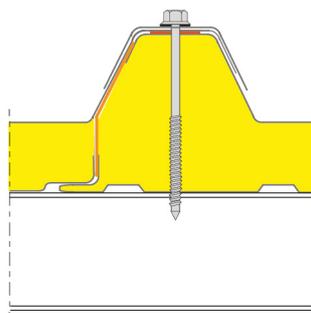
▲ Figure 29: Ordre de pose des panneaux sandwich

- si besoin, mise en place de compléments d'étanchéité longitudinaux et transversaux au droit des jonctions de panneaux (coté extérieur) et au droit des ouvertures (cf. Figure 30) ;



▲ Figure 30: Compléments d'étanchéité au droit des jonctions de panneaux

- installation et fixation des panneaux : fixation complète en extrémité de panneau et fixation complète ou réduite sur appuis intermédiaires (cf. Figure 31).



▲ Figure 31: Fixation des panneaux

- mise en place des compléments d'isolation, (cf. Figures H.6, H.7 et H.8) ;



- fermeture du faîtage (pose faitière ; cf. Figures H.3 et H.8) et des rives (cf. Figure H.4 et H.5) ;
- capotage des extrémités de panneaux par des closoirs. Les closoirs peuvent aussi être posés en même temps que les panneaux du bas de pente.

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. • Dispositions vis-à-vis de l'étanchéité

Les panneaux sandwich sont équipés en usine d'un ou deux joints mousses d'étanchéité à cellule fermée dans la jonction longitudinale des panneaux.

Des compléments d'étanchéité supplémentaires peuvent être nécessaires (cf. Tableaux 11 et 12) :

- aux recouvrements transversaux (pentes comprises entre 5 et 7 %) ;
- pour tous traitements des points singuliers.

Pente p (%)	Zones I et II toutes situations	Zone III toutes situations	Altitude > 900 m
$7 \leq p < 10$	300 mm minimale ou 150 à 200 mm + CE	150 à 200 mm + CE	Cas non prévu
$10 \leq p < 15$	200 mm minimum ou 150 à 200 mm + CE	300 mm minimum ou 150 à 200 mm + CE	200 mm + CE
$p \geq 15$	150 mm minimum	200 mm minimum ou 150 à 200 mm + CE	200 mm + CE

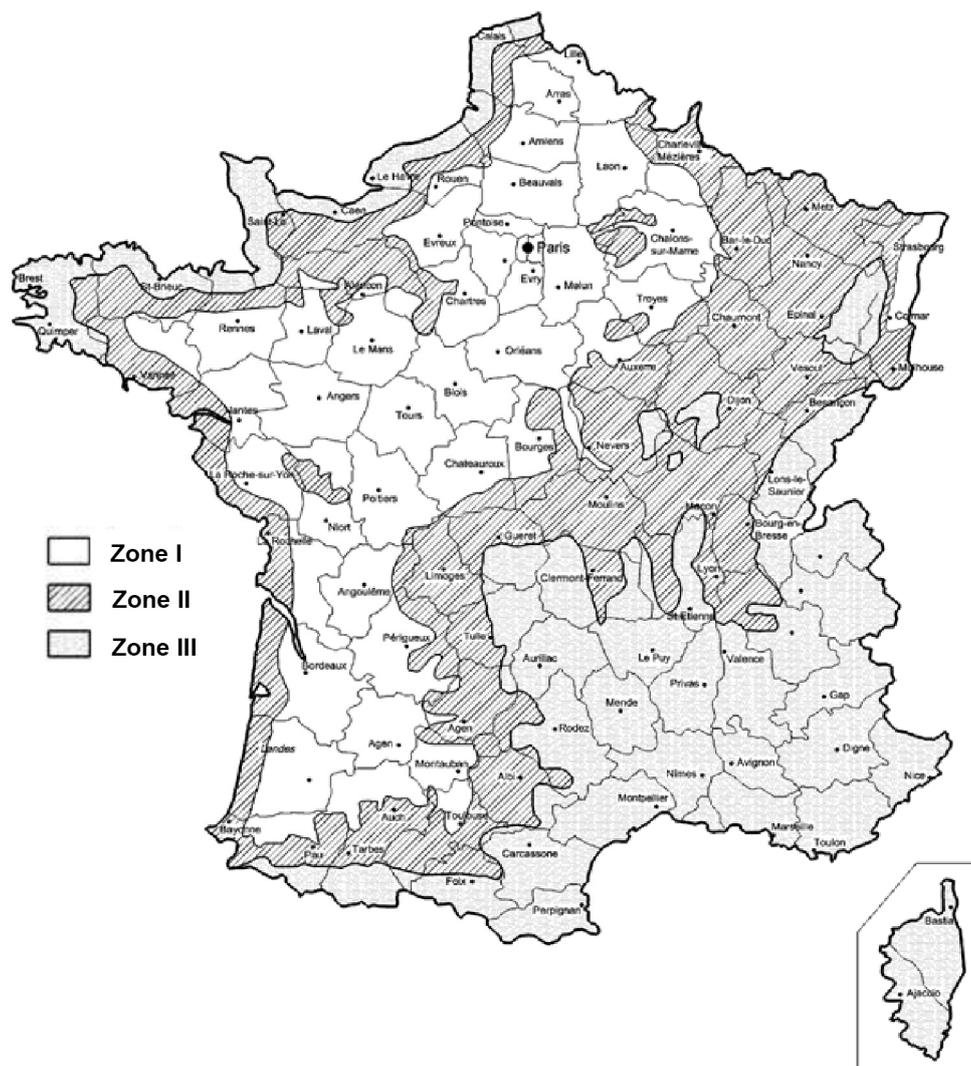
CE : Complément d'étanchéité
Les zones et situations considérées sont celles définies par l'annexe E de la NF P 34 205-1(cf. Figure 32).

▲ Tableau 11 : Recouvrements transversaux

Ces joints complémentaires ont pour objectif de réduire les transferts de vapeur et le risque de condensation aux niveaux des jonctions de panneaux sandwich et des ouvrages particuliers de couverture.

Ils sont réalisés à partir de joints polyuréthane ou mousse imprégnée bénéficiant du label SNJF ou conformes à la norme NF P30-305.

Dans le cas d'utilisation de joints mousse, une attention particulière doit être portée lors de leur mise en œuvre pour qu'ils soient correctement comprimés (minimum 80 % d'écrasement).



▲ Figure 32: Zones climatiques – Concomitance vent-pluie (Réf. DTU 40.35)

Note

Ce découpage en trois zones ne doit pas être confondu avec le découpage en région de neige ou de vent donné dans la NF EN 1991-1-3 (et annexe nationale) et NF EN 1991-1-4 (et annexe nationale).



Configurations de la couverture	Hauteur des nervures h (mm)	Zones et situations climatiques et altitude H ≤ 900 m					Toutes zones et situations d'altitude > 900 m
		Zone I ⁽¹⁾		Zone II ⁽¹⁾		Zone III ⁽¹⁾	
		Situation ⁽¹⁾		Situation ⁽¹⁾		Toutes situations ⁽¹⁾	
		Protégée ou normale	Exposée	Protégée	Normale ou exposé		
Simultanément : - pas de pénétration ; - pas de plaques translucides ; - panneaux de longueur égale à celle du rampant.	h ≥ 35	5% ⁽²⁾	5% ⁽²⁾	5% ⁽²⁾	5% ⁽²⁾	5% ⁽²⁾	10% ⁽⁴⁾
	h < 35	7%	7%	7%	7%	15%	15% ⁽⁴⁾
Autres cas	h ≥ 35	7%	10% ⁽³⁾	7%	10% ⁽³⁾	H ≤ 500: 10 % ⁽³⁾ 500 < H ≤ 900 : 15 % ⁽³⁾	10% ⁽⁵⁾
	h < 35	10% ⁽³⁾	15% ⁽³⁾	10% ⁽³⁾	15% ⁽³⁾	15% ⁽³⁾	Non prévu

⁽¹⁾ les zones de concomitances vent-pluie et les situations considérées sont celles définies par l'annexe E du DTU 40.35, NF P 34 -205-1.
⁽²⁾ pour les pentes de couverture inférieures à 7 % un complément d'étanchéité doit être appliqué au droit du recouvrement longitudinal des parements extérieurs des panneaux sandwich.
⁽³⁾ lorsque la couverture ne comprend pas de plaques nervurées translucides en matériau thermoplastique tout en présentant des pénétrations ou des joints transversaux de panneaux sandwich, la pente minimale pourra être ramenée à 7 % en utilisant des compléments d'étanchéité transversaux et longitudinaux.
⁽⁴⁾ pose impérative avec complément d'étanchéité conforme à la NF P 30-305 au niveau des recouvrements transversaux et longitudinaux.
⁽⁵⁾ la couverture ne comprend pas de plaques nervurées translucides en matériau thermoplastique mais peut présenter des pénétrations ou des joints transversaux de panneaux sandwich. Pose impérative avec complément d'étanchéité conforme à la NF P 30-305 au niveau des recouvrements transversaux et longitudinaux.

▲ Tableau 12 : Pentes minimales en %

6.7.4. • Choix des fixations

Le type, le diamètre des fixations, le cavalier et la rondelle d'étanchéité doivent être conformes à l'[Annexe K] du présent document.

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

6.7.4.1. • Choix des fixations sur l'ossature porteuse

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

Les vis utilisées sont à simple filet (sauf en climat de montagne).

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 5.1.1.4) de la norme NF DTU 43.3 P1-2 pour les ambiances intérieures.

- l'épaisseur totale à assembler :
 - Dans le cas de l'acier :
épaisseur nominale du panneau + hauteur de l'onde + épaisseur de cavalier + épaisseur ossature + 1 diamètre de vis autota-
raudeuse (filet visible si vis auto perceuse).

- Dans le cas du béton avec insert acier :
épaisseur nominale du panneau + hauteur de l'onde + épaisseur de cavalier + épaisseur ossature + 1 diamètre de vis autota-
raudeuse (filet visible si vis auto perceuse).
Par ailleurs la longueur de vis doit être limitée de façon à ce qu'en aucun cas elle n'entre en contact avec la surface béton située sous l'insert.
- Dans le cas du bois :
épaisseur nominale du panneau + hauteur de l'onde + épaisseur de cavalier + 50 mm minimum.

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 (I.2.1 ou I.3.2) ;
- des dépressions de vent ;
- des efforts de gradients thermiques à prendre en compte, selon les prescriptions des DPM lors d'un dimensionnement par calcul 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, 3 appuis ou plus) ;
- de la largeur utile du panneau sandwich.

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

6.7.4.2. • Choix et espacement des fixations de couture et des pièces de finition

Les fixations de couture sont définies au paragraphe (5.8).

Le diamètre minimum est de 4.8 mm.

L'espacement maximal entre deux fixations de couture est donné dans le Tableau 13 et ci-dessous.

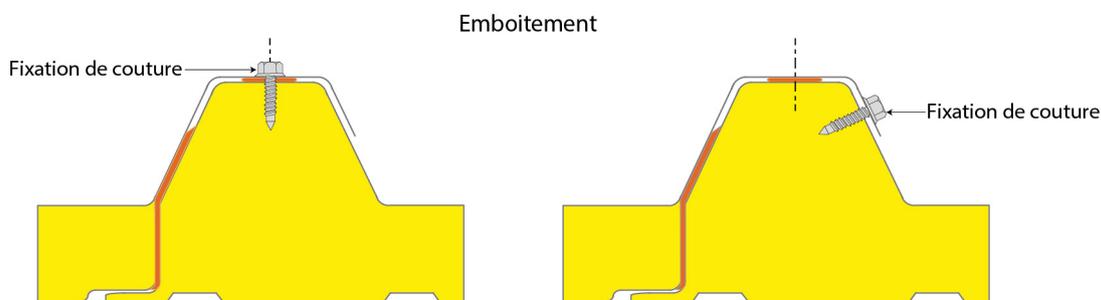
Les panneaux sandwich sont couturés à leurs recouvrements longitudinaux à l'aide de vis autoperceuses placées en sommet d'onde ou latéralement (cf. Figure 33).





Portée L (m)	Pente $\geq 10\%$	Situation exposée selon DTU 40.35 ou pente $< 10\%$
$L \leq 2$	L	L/2
$2 < L \leq 3,5$	L/2	1 m
$L > 3,5$	1 m	1 m

▲ Tableau 13 : Espacement des fixations de couture



▲ Figure 33 : Position de fixation de couture

La fixation sur panne des panneaux sandwich, en sommet d'une nervure de recouvrement, est également considérée comme fixation de couture.

6.7.4.3. • 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.

6.7.4.4. • Outillage de découpe

Les outillages de découpe sont :

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

6.7.4.5. • Ancrage des fixations

Pour les supports acier :

- le filetage des vis autotaraudeuses doit toujours dépasser de un 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 en 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 :

- l'égout ;
- les pénétrations ;
- les chenaux ;
- les débords libres ;
- les rives ;
- les acrotères ;
- les sorties de couverture (costière, plaque à douille) ;
- les faîtages simples, doubles et contre mur ;
- les jonctions bardage/couverture ;
- les jonctions sur mur ;
- les joints de dilatation.

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

6.8.2. • Exigences concernant les pièces de finitions

L'épaisseur minimale des pièces de finitions 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 sandwich.

Les recouvrements en faîtage doivent avoir une longueur de 100 mm minimum (cf. [Annexe H] du présent document).

En rive longitudinale, le recouvrement est d'au moins une nervure sur le panneau sandwich et, entre bande de rive, un recouvrement identique à celui des panneaux (cf. [Annexe H]).

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

6.8.3. • Réalisation des points singuliers

Les points singuliers sont définis en [Annexe H] du présent document.

6.8.4. • Découpe de panneau sandwich sur chantier

Il convient d'éviter les découpes de panneaux sur chantier.



Il est rappelé que les outils de découpe sont définis au paragraphe 6.7.4.4.

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 sandwich sur chantier

Au-delà de 400 × 400 mm un élément complémentaire d'ossature est obligatoire. Cette dimension maximale sans chevêtre peut être réduite selon la fiche technique du fabricant.

6.8.6. • Film de protection des panneaux sandwich

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-violet provoquant des difficultés à son enlèvement.

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

Le film doit être décollé localement au droit de l'emboîtement des panneaux sandwich 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 (PUR/PIR) peuvent faire l'objet d'une FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire) (cf. 4.11).



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

6.10.2. • COV et TVOC

L'étiquetage environnemental des panneaux sandwich est obligatoire.

Cet étiquetage ne figure pas sur le marquage CE.

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

Il convient d'effectuer une étude préalable de la stabilité de l'ossature principale et secondaire support de la couverture 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 de la couverture.

Ces études ont pour objet de vérifier, avant l'intervention de l'entreprise de pose des panneaux sandwich de couverture, que la structure ou l'ossature du bâtiment ainsi que les éléments porteurs des panneaux sandwich de couverture 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 de la couverture (augmentation ou diminution).

Les études préalables comportent également le contrôle de la plénitude. Elles peuvent entraîner la nécessité de travaux confortatifs ou modificatifs de la structure ou des éléments 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.

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 couvertures métalliques doivent être normalement entretenues (cf. [Annexe A] du présent document).

L'entretien extérieur des couvertures est à la charge du maître d'ouvrage et doit être réalisé au moins une fois par an. 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 sandwich, afin de constater des éventuelles 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 en adéquation avec les revêtements, après lessivage ou préparation ad hoc de la couverture métallique.

Dans tous les cas, le fournisseur de panneaux sandwich 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 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. Sinon, procéder à un changement de panneau sandwich.

Les peintures doivent être référencées bâtiment qualité extérieure.

En fonction des types de désordres, les traitements recommandés sont mentionnés dans le Tableau 14 ci-après.

Remplacement d'un panneau sandwich endommagé

Le remplacement d'un panneau sandwich 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.

Type de désordre	Traitements recommandés
Choc	<p>Si non percement du parement ou destruction de l'âme Sur le parement du panneau : 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 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 14: 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'informations, 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).



Autocontrôles

8



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

Une rectitude convenable des lignes extérieures est recommandée.

Les écarts de mesures ne doivent pas dépasser les tolérances du support définies dans le Tableau 10 (cf. 6.4.2) et être compatibles avec la documentation technique du fabricant. En cas d'éventuelles contestations visuelles, les écarts seront mesurés et on se référera au document de réception de la charpente.

Toutes les couvertures 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'éclairement entre l'extérieur et l'intérieur, l'aspect des couvertures peut présenter certaines variations inhérentes au produit.

Annexes

9



- [Annexe A] : Conditions d'usage et d'entretien
- [Annexe B] : Définition des ambiances intérieures et atmosphère extérieures
- [Annexe C] : Justification sismique des panneaux sandwich de couverture pour des ouvrages de catégorie d'importance IV avec conservation des performances
- [Annexe D] : Détermination forfaitaire des actions du vent sur les couvertures 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 l'annexe E de 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] : Fixations et accessoires de fixation
- [Annexe L] : Mémento pour la rédaction du dossier de consultation et l'établissement du marché
- [Annexe M] : Conditions de réception applicables aux fournitures de panneaux sandwich de couverture à âme polyuréthane (PUR/PIR), à 2 parements en acier et à fixations traversantes



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 feuilles, herbes, mousses et autres dépôts ou objets étrangers ;
- le maintien en bon état des évacuations d'eaux pluviales ;
- s'il y a lieu, le maintien en bon état de la ventilation de la sous face de la couverture ;
- le maintien en bon état des revêtements de protection :
 - en cas de dégradation accidentelle ;
 - en cas d'amorce de corrosion, notamment localisée en rive d'égout ou sur les recouvrements transversaux ;
- le maintien en bon état des ouvrages qui contribuent à l'étanchéité de la couverture (solins, larmiers, bandeaux,...) ;
- 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 la couverture.

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.

A. 4. Conditions de protection de la couverture lors d'un entretien

L'usage normal implique une circulation réduite au strict nécessaire pour l'entretien normal défini ci-dessus et d'autres travaux, tels que :

pose et entretien d'antennes, etc. Il convient de prendre les précautions et les dispositions utiles pour éviter :

- le poinçonnement des parties planes ou des déformations des nervures. On peut pour cela recourir à des chemins de circulation
- la détérioration du revêtement de protection.

Dans le cas où des équipements techniques nécessitant des visites fréquentes (installations de conditionnement d'air par exemple) sont installés sur la couverture, des dispositions adaptées telles que chemins de circulation peuvent être envisagées.

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), la durabilité et les garanties doivent être réexaminées.

A. 5. Dispositions particulières vis-à-vis du translucide

Lors de la mise en œuvre, l'entretien ou l'usage d'une couverture comportant des plaques translucides ou d'autres accessoires, on ne doit pas prendre appui directement sur ces matériaux. Des échafaudages, plates-formes, planches ou échelles sont utilisés.

Note

La réglementation en vigueur est le décret 65-48 du 8 janvier 1965 complété par le décret 81.989 du 30 octobre 1981 et modifié par les décrets 92.767 du 29 juillet 1992 et 93-41 du 11 janvier 1993.



ANNEXE B – DEFINITION DES AMBIANCES INTERIEURES 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 des hygrométries intérieures

A 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 : $5 < W/n \leq 7,5 \text{ g/m}^3$ (hors domaine d'application du présent document).
- 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 a 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 (hors domaine d'application du présent document)

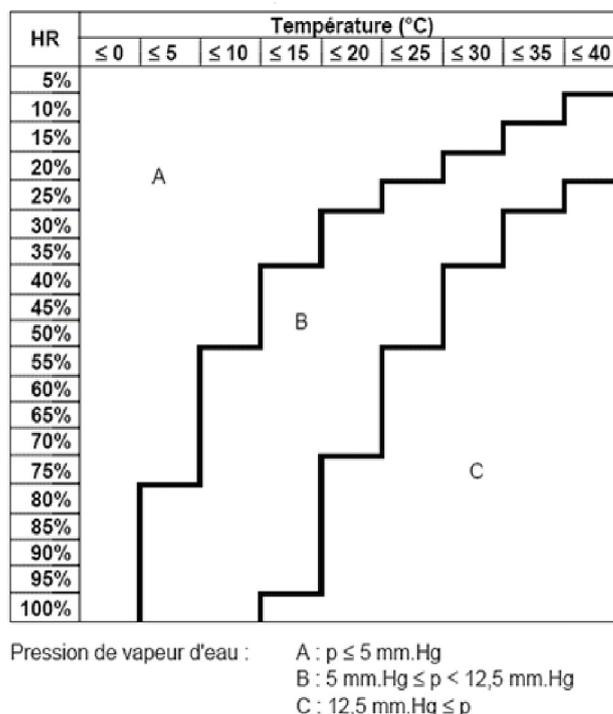
- Bâtiment d'habitation médiocrement ventilé et sur-occupé.
- Locaux avec forte concentration humaine (vestiaires collectifs, certains ateliers...).

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.5. Atmosphères spéciales

B.5.1. Atmosphères des constructions soumises à un fort rayonnement UV

Par exemple, constructions situées en métropole à une altitude supérieure à 1000 m.

B.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.

B.5.3. Locaux climatisés

Lorsqu'un faux plafond non isolé est mis en œuvre, dans un local climatisé, la sous face du plafond n'est pas exposée au transfert de vapeur. En conséquence, aucun traitement de joint complémentaire n'est nécessaire entre les panneaux sandwich de couverture.



ANNEXE C – JUSTIFICATION SISMIQUE DES PANNEAUX SANDWICH DE COUVERTURE POUR DES OUVRAGES DE CATÉGORIE D'IMPORTANCE IV AVEC CONSERVATION DES PERFORMANCES

C.1. Généralités

L'objectif de cette annexe est de traiter uniquement le cas des bâtiments de catégorie d'importance IV en zones de sismicité 2, 3, 4 et 5 lorsqu'un critère de fonctionnalité est exigé et défini par le maître d'ouvrage dans les DPM en termes d'étanchéité à l'eau.

Lorsque seul le critère de non chute doit être satisfait (aucune exigence en termes de fonctionnalité définie par le maître d'ouvrage dans les DPM), cette annexe est sans objet.

En effet ce critère de non chute est vérifié d'office lorsque sont respectées les dispositions technologiques définies en (6.4.3) et (6.7.4).

Lorsque le critère de fonctionnalité définie par le maître d'ouvrage dans les DPM est de maintenir la fonction étanchéité à l'eau pour le bâtiment ou partie de bâtiment considéré de catégorie d'importance IV en zones de sismicité 2, 3, 4 et 5 considéré, les essais définis dans la présente annexe peuvent être utilisés en vue d'établir un rapport d'étude sur ce domaine.

Seules les vis testées peuvent être utilisées en zones sismiques.

C.2. Principe de justification

Les performances sismiques des systèmes sont établies par essais suivant les paragraphes C.3, C.4 et C.5.

Leur interprétation est donnée en C6.

Le paragraphe C.7 donne les dispositions d'application étendue des essais.

Les efforts agissants sismiques sont établis selon le paragraphe C.8.

Le paragraphe C.9 donne les dispositions à suivre sur le rapport d'étude validant le domaine d'emploi des panneaux sandwich en zone sismique.

Le domaine d'application est établi en vérifiant les 2 critères ci-dessous :

C.2.1. Résistance dynamique

Le procédé sollicité par les accélérations définies au paragraphe C.3 ne doit pas tomber, c'est à dire restera accroché à son support, et le critère d'intégrité fixé par le maître d'ouvrage doit être satisfait.

Ce critère est satisfait lorsque les dispositions technologiques définies dans les présentes recommandations sont respectées.

C.2.2. Déplacements (limitation des dommages et sécurité des personnes et étanchéité à l'eau)

Le procédé sollicité par les déplacements imposés dans le plan et perpendiculairement au plan suivant les paragraphes C.4 et C.5 ne doit pas tomber ; c'est-à-dire restera accroché à son support, et le critère d'intégrité fixé par le maître d'ouvrage doit être satisfait.

Vérification après chaque essai et pour chaque palier d'excitation ou de mise en parallélogramme que les rondelles sous cavalier restent correctement comprimées et que les recouvrements tant perpendiculaires que longitudinaux restent corrects selon le paragraphe C.6.

Des applications directes des essais sont possibles conformément au paragraphe C7.

La justification du respect de la réglementation sismique en termes de maintien de la fonction étanchéité est apportée par un rapport de classement/études suite aux essais effectués dans le laboratoire selon les paragraphes C.9.

Note

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

C.3. Essais sismiques d'excitation dans le plan

C.3.1.Principe de l'essai

Les essais sont effectués suivant les principes ci-dessous.

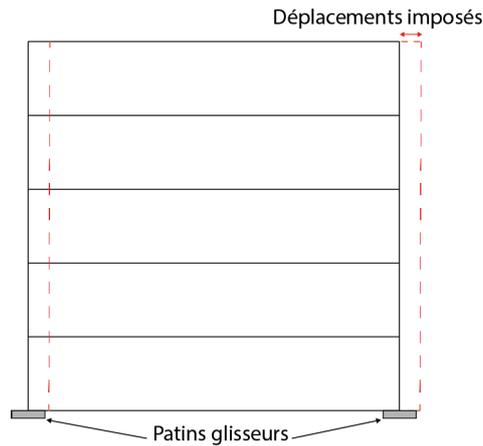
Les accélérations que subit la maquette sont données à la Figure C.3.

La maquette d'essai est montée conformément aux conditions finales d'utilisation sur un bâti de 3 m × 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.

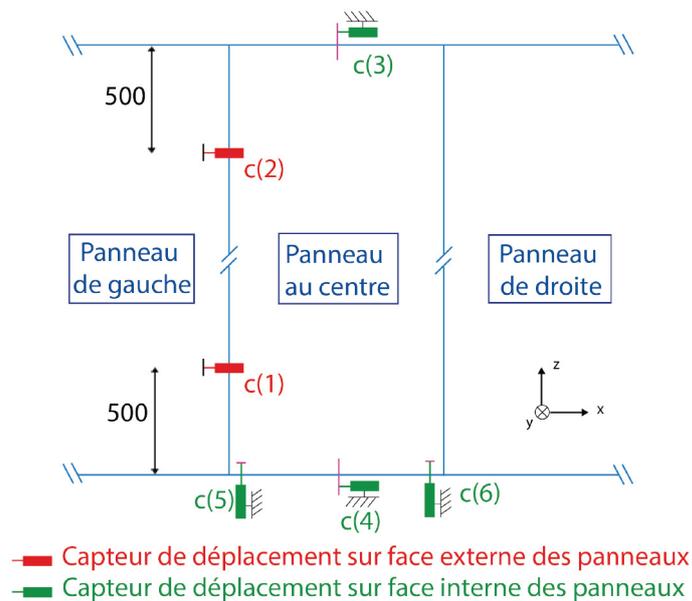
Note

Tester l'épaisseur maxi de panneaux sandwich avec les épaisseurs de parements minimum à matériaux identiques permet de valider toute la gamme pour un type de fixation testé.



▲ Figure C.1 : Montage des panneaux sandwich en pose horizontale sous déplacements imposés sur un bâti vertical

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 ci-dessous est appliqué sur la maquette d'essai (cf. Tableau C.1).

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



	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

En alternative, le protocole suivant est aussi utilisable.

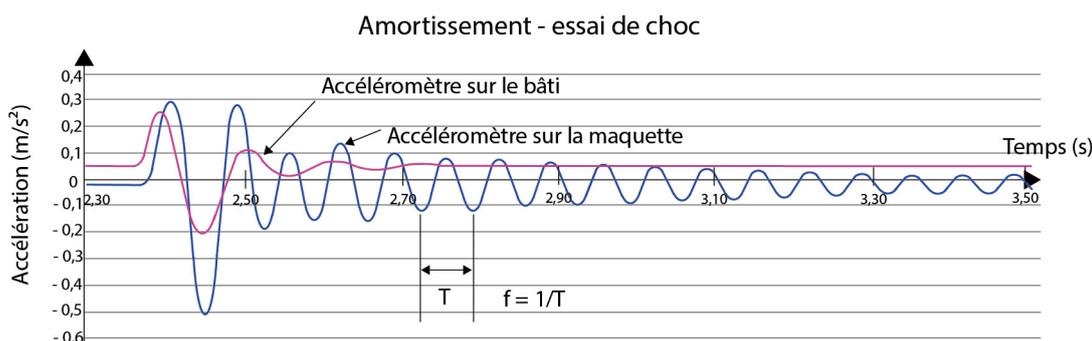
C.3.2. Sollicitations appliquées

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							
$f_p = 0,25$	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles							
f_p	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles							
$f_p + 0,25$	$A_{(f.ai)}$ 5 cycles							
$f_p + 0,5$	$A_{(f.ai)}$ 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.4. Essais de mise en parallélogramme sous déplacement imposés

C.4.1. Préambule

Deux solutions en alternative sont possibles :

- soit les panneaux sandwich sont testés verticalement (cf. C.4.2).
- soit les panneaux sandwich sont testés horizontalement (cf. C.4.3). Les deux approches sont équivalentes.

Il y a lieu d'effectuer l'une ou l'autre.

C.4.2. Essais verticaux

C.4.2.1. Protocole 1

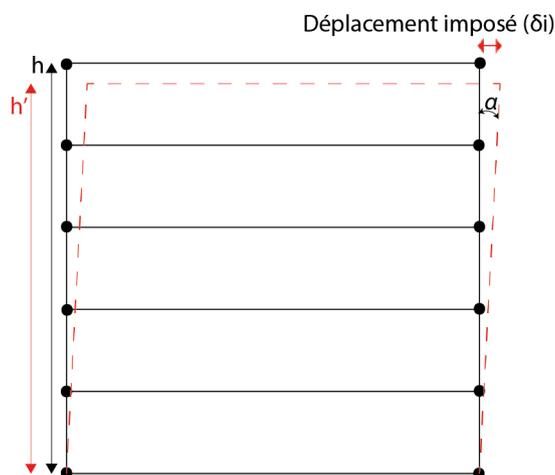
Les essais sont effectués suivant les principes ci-dessous.

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

Pour couvrir des portées supérieures à celles du bâti d'essai, il convient de ne pas dépasser les angles appliqués lors des essais décrits ci-dessous.

Note

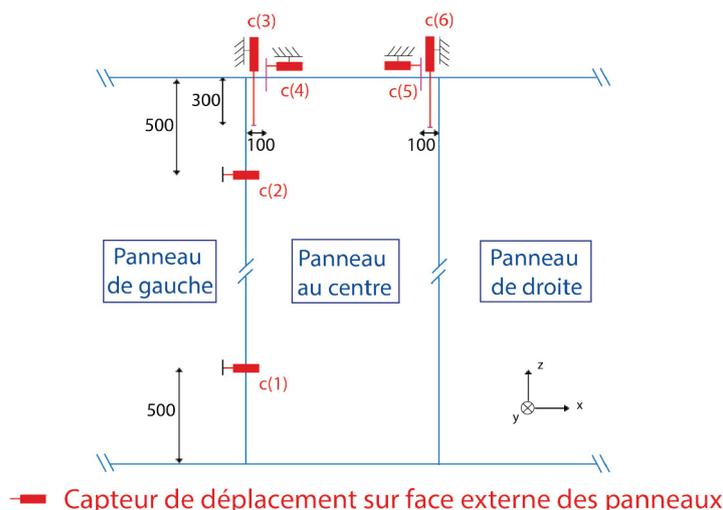
Tester l'épaisseur maximum de panneaux sandwich avec les épaisseurs de parements minimum permet de valider toute la gamme pour un même type de fixation.



▲ Figure C.4 : Montage d'essai des panneaux sandwich horizontaux sur un bâti vertical sous déplacements imposés

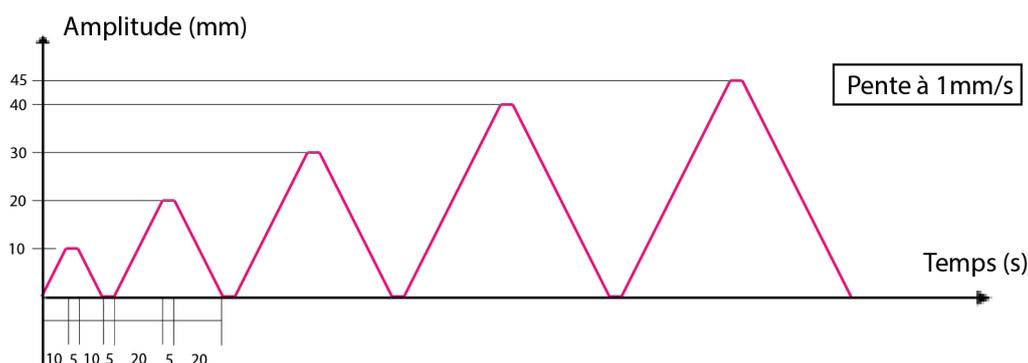


Les capteurs de déplacements sont montés conformément à la Figure C.5.



▲ 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 sandwich pour les différentes amplitudes de déplacement imposées.



C.4.2.2. Protocole 2

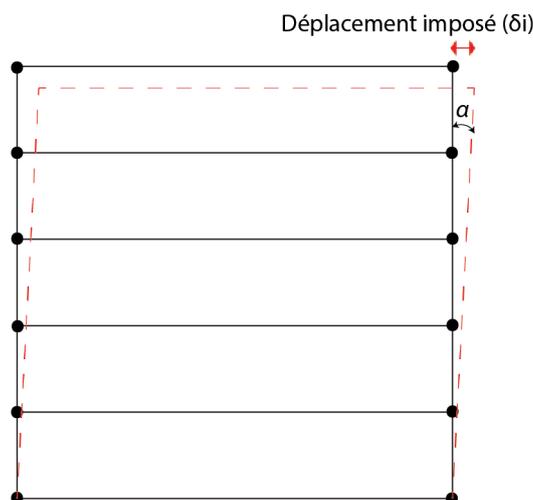
En alternative, le protocole suivant est aussi utilisable.

C.4.2.2.1. Essais de mise en parallélogramme

C.4.2.2.1.1 . 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.4.2.2.1.2. 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 Hz	± 20 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 30 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 40 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 50 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 60 mm 1 cycle f = 0,02 Hz
Déplacement dynamique	± 10 mm 20 cycles 0,2 ≤ f ≤ 1 Hz	± 20 mm 20 cycles 0,2 ≤ f ≤ 1 Hz	± 30 mm 20 cycles 0,2 ≤ f ≤ 1 Hz	± 40 mm 20 cycles 0,2 ≤ f ≤ 1 Hz	± 50 mm 20 cycles 0,2 ≤ f ≤ 1 Hz	± 60 mm 20 cycles 0,2 ≤ f ≤ 1 Hz
Déplacement statique	± 10 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 20 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 30 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 40 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 50 mm 1 cycle f = 0,02 Hz	± 60 mm 1 cycle f = 0,02 Hz

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

C.4.3. Essais horizontaux dans le plan des panneaux sandwich

Les essais sont effectués suivant les principes 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.

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

Note 1

Les angles α sont établis (cf. figure C4 et C7) comme indiqués ci-dessous en fonction de la hauteur de maquette testée, et du déplacement maxi sismique imposé δ_{lim} (correspondant au déplacement imposé par la structure à la couverture dans son plan en situation sismique).

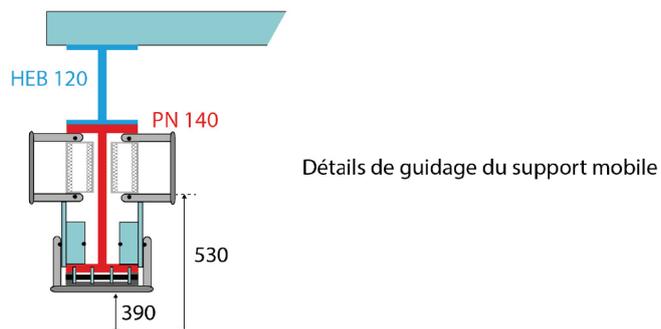
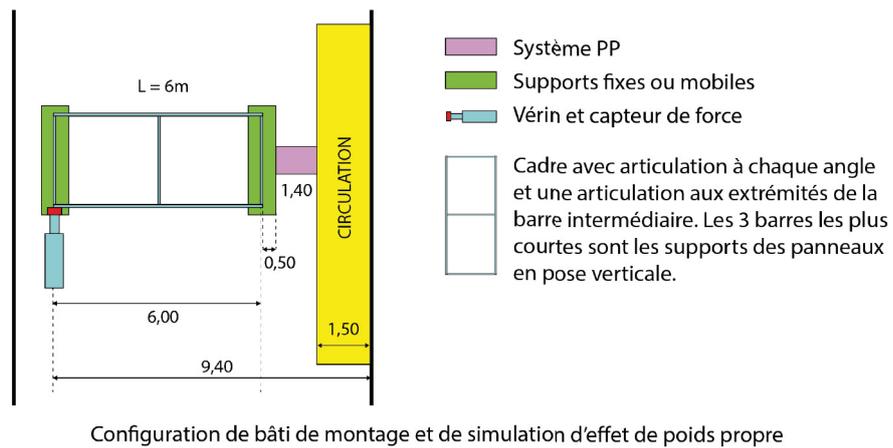
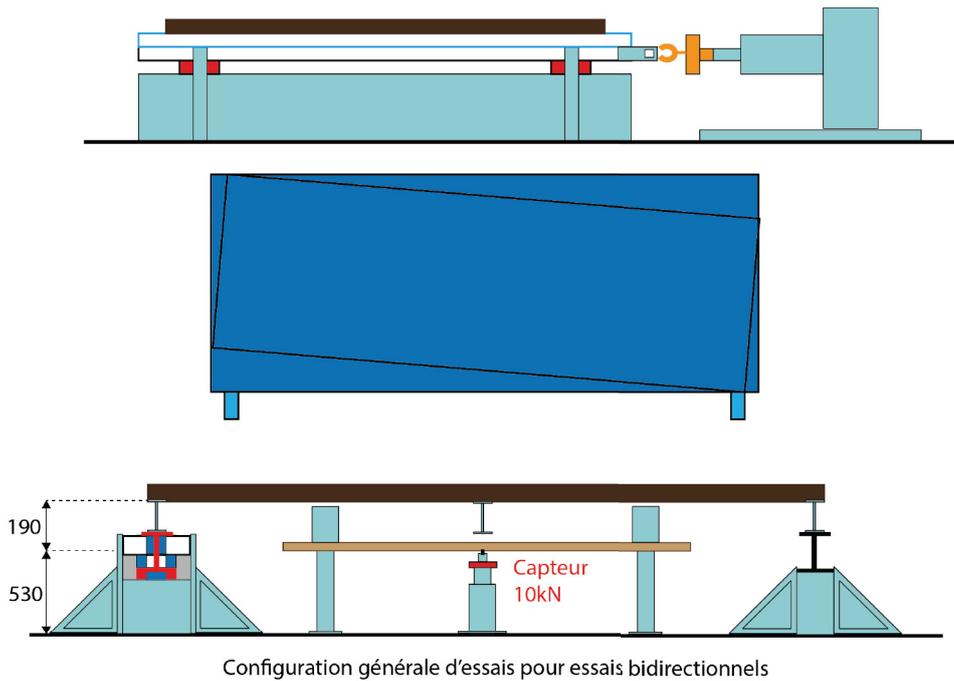
$$\text{tang } \alpha = \frac{\text{déplacement max}(= \delta_{lim})(m)}{h(= 3m)}$$

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

Le bâti d'essai permet de tester les panneaux sandwich sur 2 ou 3 appuis.

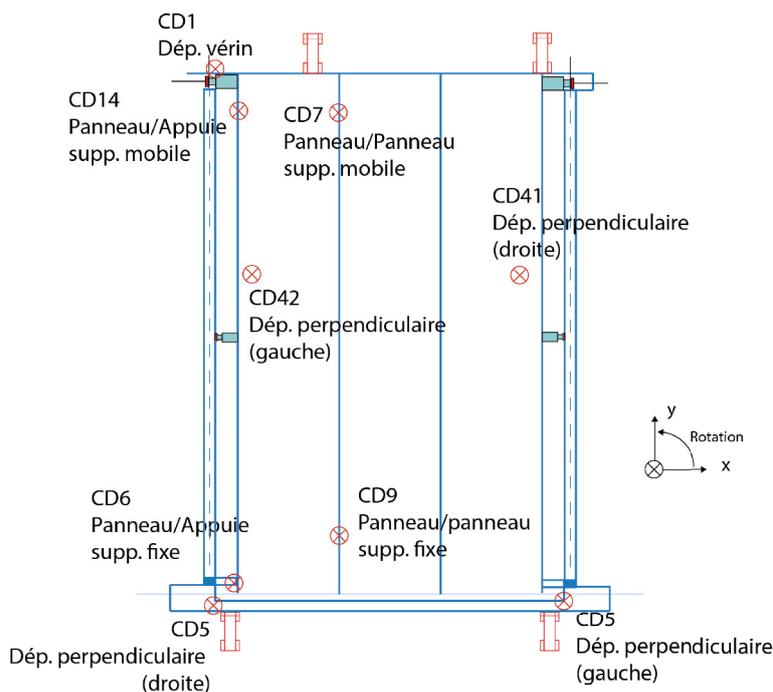
Note 2

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



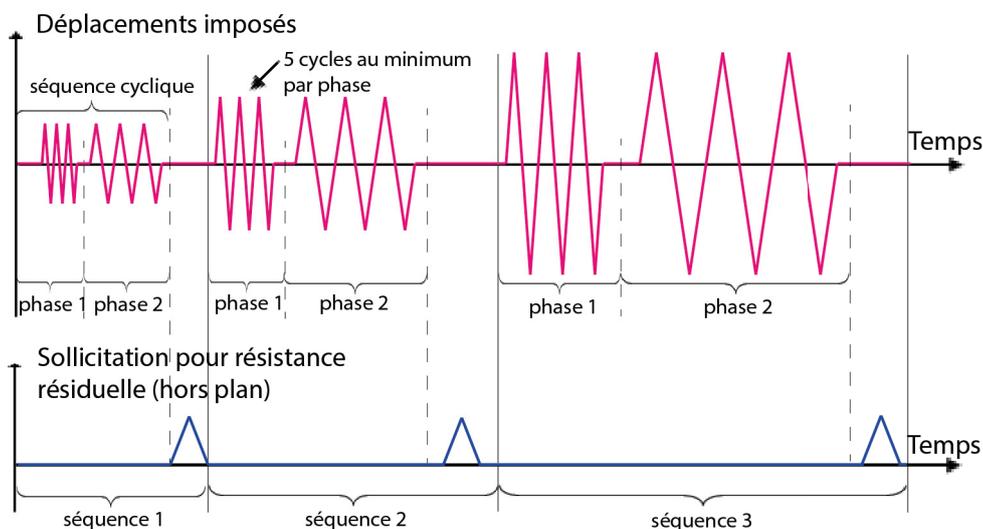
▲ Figure C.8 : Exemple de dispositif d'essai sous déplacements imposés dans le plan des panneaux sur 3 appuis

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



▲ Figure C.9 : Positionnement des capteurs de déplacements

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



▲ Figure C.10 : Cycles de chargement dans le plan et perpendiculaire au plan des panneaux

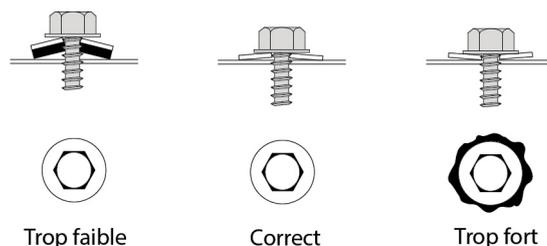
C.5. Tenue perpendiculaire au plan

Les essais sont effectués suivant les principes de la figure C.9 et C.10 en appliquant entre chaque mise en parallélogramme des efforts perpendiculaire au plan.

L'article 2.3 du guide ENS s'applique en zone 5 uniquement.

C.6. Interprétation des essais en termes d'étanchéité au droit des fixations

La Figure C.11 ci-dessous illustre comment interpréter une bonne compression des rondelles d'étanchéité.



▲ Figure C.11 : Critère de validation d'une bonne compression des rondelles d'étanchéité

Après essais, les rondelles d'étanchéité ne doivent pas être mobile et être correctement plaqué au profil comme indiqué sur la Figure C.11.

Dans le cas d'un essai horizontal, une vérification de l'étanchéité peut être effectuée après essai sismique sur la maquette via une colonne d'eau placée au-dessus des fixations.

C.7. Application étendue des essais

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

- on ne dépasse pas par attache :
 - la masse maximum par attache associée à l'accélération testée ;
 - les angles maximum imposés lors des essais associés au rapport déplacement imposé/hauteur de la maquette testée ;
- les fixations (et cavaliers éventuels) 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 sandwich 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 (laine de roche en lamella, laine de roches en bloque, PU PIR etc.) ;
- le panneau est du même type que celui testé (fixations traversantes) ;
- les pinces sont supérieures ou égales à celles testées en dynamique et en déplacement imposé ;
- aucun élément n'est fixé sur les parements du panneau.

En conséquence :

- un test sur une épaisseur de parement minimum 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 grande valide des épaisseurs plus petites du même panneau (parement, isolant, type) sans pouvoir dépasser 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 maximum 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 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 testées 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) ;
 - isolant (type, densité),
 - type de panneaux (fixation traversante) ;
 - un test sur acier de limite d'élasticité S_{xxx} Gd valide le parement INOX de limite d'élasticité supérieure ou égale ;
- un test sur une densité d'isolant plus grande que celle testée est valide si les performances CE sont supérieures ou égales à celle de la densité 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.8. Détermination de l'action sismique agissante dans le plan des couvertures

C.8.1.Principe

Elle est déterminée à partir de l'Eurocode 8 et du Guide Éléments non structuraux (Guide ESN).



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 également décrite à l'article 2.2.1 du guide ENS :

$$F_a = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a \quad \text{Formule 4.24}$$

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \left(1 + \frac{z}{H}\right)}{\left(1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_1}\right)^2\right)} - 0,5 \right] \quad \text{Formule 4.2}$$

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

C.8.2. Détermination pratique

Le Tableau C.5 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 de la couverture :

F_a (N) = (accélération du tableau C1) \times M, avec M la masse de couverture en kg

Les accélérations sont établies en supposant la période propre des couvertures 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 sandwich 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).

$$F_a \leq F_{a,Rd} \quad (\text{essai selon C2})$$



Accélération [m/s ²]							
$2,75 \gamma_i a_{gr} S$		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 de couverture

C.9. Contenu du rapport d'étude

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

C.9.1. 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 en terme de tenue mécanique – validation d'office par respect des dispositions technologiques du présent document – et d'étanchéité à l'eau – validation de la bonne compression des rondelles d'étanchéité (Figure C.11) et des bons recouvrements dans les différentes directions conformément à ces recommandations-) et de donner le domaine d'emploi, conformément à la réglementation sismique en vigueur, des systèmes de panneaux sandwich de couverture à 2 parements acier, à âme polyuréthane et à fixations traversantes.

Le rapport d'étude est réalisé conformément à la réglementation sismique actuelle encadrée par l'arrêté du 22 octobre 2010 et son modificatif du 25 octobre 2012.

C.9.2. Documents de référence

- 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 2013.

C.9.3. Hypothèses générales

C.9.3.1. Description du système

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

Elle confirme la ductilité des systèmes de couvertures à parements acier $q_a = 2$.

C.9.3.2. Caractéristiques géométriques

Cette partie comprend la description :

- du panneau sandwich (épaisseurs de panneau, épaisseur de parements acier) ;
- du type d'isolant, densité, référence) ;
- 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, et/ou des épaisseurs de parements plus grande, et/ou des épaisseurs de panneau plus grande et/ou des fixations et accessoires.

C.9.3.3. Caractéristiques mécaniques

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

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

C.9.4. Interprétation des résultats d'essais

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

- les zones, catégorie d'importances, classe 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 sandwich d'angle ou au droit des ouvertures (chevêtre) ;

Note

En vertu de la réglementation actuelle la validation couvre tout ou partie des champs suivant :

- les bâtiments de catégorie d'importance IV,
- les zones de sismicité 2 à 5,
- les sols de classes A à E.

- vérification que les rondelles sous cavalier restent correctement comprimées après essais ;
- vérification que les recouvrements tant longitudinaux que transversaux restent corrects (conformément aux exigences du présent document en situation normale).

C.9.5. Sollicitations sismiques

C.9.5.1. Calcul des sollicitations

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

C.9.5.2. Effets des sollicitations sismiques sur les panneaux sandwich et fixations

Cette partie donne pour les panneaux sandwich et fixations des maquettes testées selon l'Annexe C les valeurs des sollicitations agissantes et résistantes sismiques.

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 et de la concomitance de ces efforts avec les efforts d'arrachement.

C.9.6. Conclusion

Cette partie conclut sur le domaine d'emploi des panneaux sandwich de couverture 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 COUVERTURES EN PANNEAUX SANDWICH SELON LA NF EN 1991-1-4 ET SON ANNEXE NATIONALE

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. Hypothèses prises en compte

Le Tableau D. 4 est établi avec les hypothèses 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 :	$C_{saison} = 1$	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 caractéristique agissant sur les couvertures

La pression aérodynamique W_k caractéristique 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 ;
- c_{pnet} : est le coefficient de pression net défini dans le Tableaux 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).

Un calcul précis des efforts de vent en fonction des pentes selon la NF EN 1991-1-4 est toujours possible.

c_{pnet}	Bâtiments fermés		Bâtiments ouverts	
	Panneaux	Fixations	Panneaux	Fixations
Simple pente	-1,2	-2,1	-1,6	-2,5
Double pente	-1,2	-1,6	-1,6	-2,0

Bâtiment fermé : $c_{pi} = + 0,2$
Bâtiment ouvert : $c_{pi} = + 0,6$

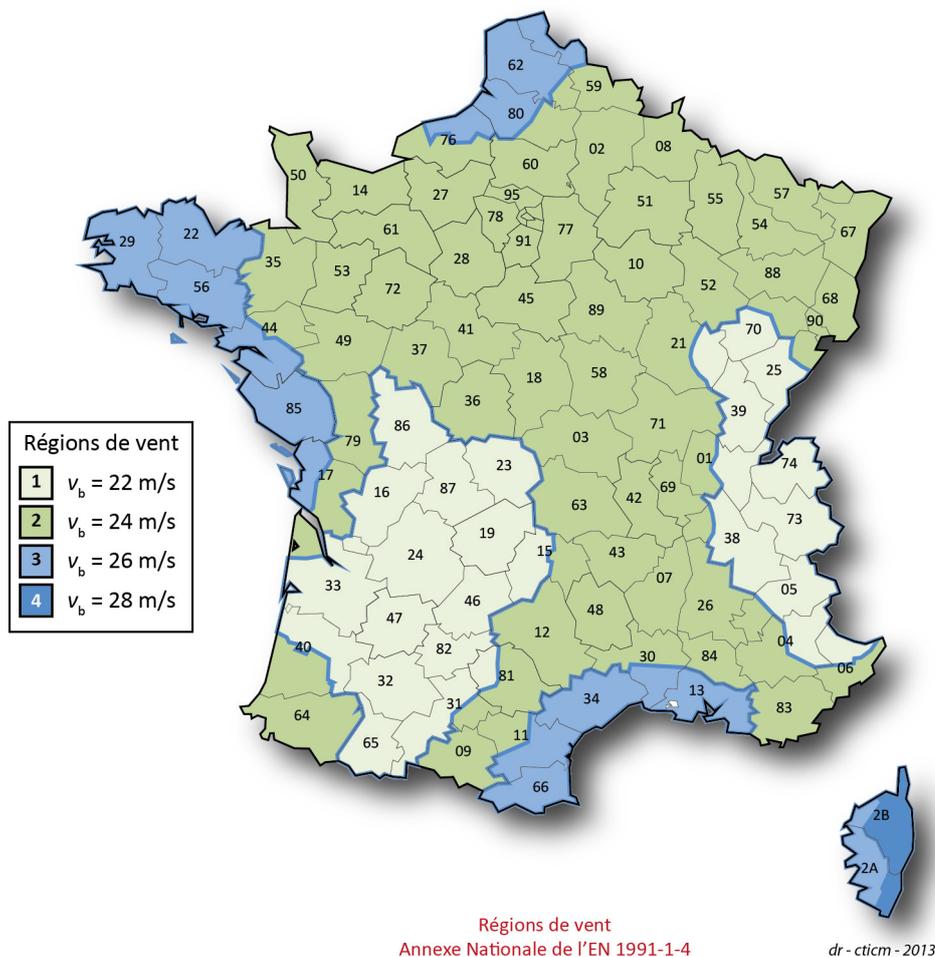
▲ Tableau D. 2 : Valeurs des coefficients de pression $c_{pe} - c_{pi} = c_{pnet}$

Dans tous les cas, il est mis en place une fixation complète, c'est à dire toutes nervures fixées, sur :

- la dernière et avant dernière panne avant l'égout extérieur ;
- la dernière et avant dernière panne avant un faitage simple couvrant une façade ;



- sur chaque panne, pour les panneaux sandwich situés en rive couvrant un mur pignon, sur une largeur au moins égale à 2 m.



▲ Figure D : Carte de vent

Pression de vent de référence $q_p(1)$ sous combinaisons ELS (daN/m ²)						
(2)	Catégorie de rugosité de terrain	$\leq 10 \text{ m}$	$>10 \text{ et } \leq 15 \text{ m}$	$>15 \text{ et } \leq 20 \text{ m}$	$>20 \text{ et } \leq 30 \text{ m}$	$>30 \text{ et } \leq 50 \text{ m}$
		Région 1	0	86	93	98
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

Pression de vent de référence q_p (1) sous combinaisons ELS (daN/m ²)						
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 aux Tableau D. 2.
(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 de référence q_p

Les Documents Particuliers du Marche (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.



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.

Lorsqu'un dimensionnement des ouvrages est effectué par calcul 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 et du fluage 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°C
Hiver	20°C

▲ Tableau E.1 : Valeurs informatives de la température de surface d'ambiance intérieur 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 :

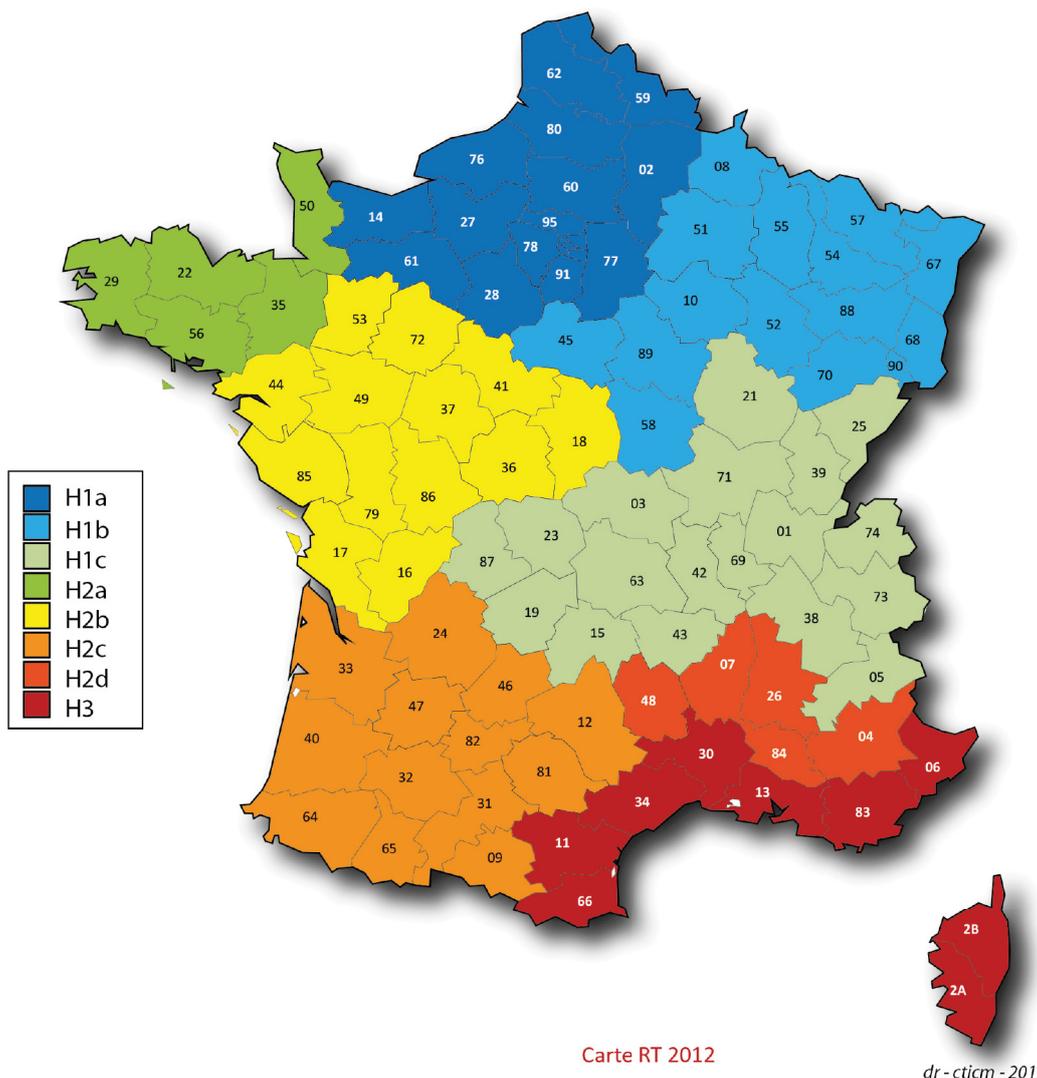
- A celles définies ci-après issues des règles Th-BCE de la RT 2012 (cf. Tableau E.2).
- A celles définies dans l'annexe nationale de la NF EN 1991-1-5 (cf. Tableaux E.3 et E.4).
- A celles définies en fonction de l'altitude (cf. Tableau E.5).
- Au tableau RAL (cf. Tableau E.6).
- Au chapitre E 3.3 de 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)		Température moyenne d'hiver (°C)	
	T_{\min}	T_{\max}	T_{\min}	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 Règles Th-BCE



▲ Figure E.1 : Carte des zones climatiques de la RT

Saison	Facteur significatif	Température de surface extérieure T_{out} en °C		
		Exposition	$T_{out} (*)$	
Été	Absorptivité relative dépendant de la couleur de surface	$\alpha_p = 0,4 \text{ à } 0,6$	Nord et est	$T_{max} + 0^\circ\text{C}$
			Sud et ouest	$T_{max} + 18^\circ\text{C}$
		$\alpha_p = 0,6 \text{ à } 0,8$	Nord et est	$T_{max} + 2^\circ\text{C}$
			Sud et ouest	$T_{max} + 30^\circ\text{C}$
		$\alpha_p = 0,8 \text{ à } 1,0$	Nord et est	$T_{max} + 4^\circ\text{C}$
			Sud et ouest	$T_{max} + 42^\circ\text{C}$
Hiver		T_{min}		

T_{max} et T_{min} correspondent aux températures annuelles minimales et maximales 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} donnée 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} donné 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	Hauts-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	Tarn	40	-20
Corrèze	40	-25	Manche	35	-15	Tarn-et-Garonne	40	-20
Corse-sud	40	-10	Mame	40	-25	Var	40	-15
Haute-Corse	40	-10	Haute-Mame	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

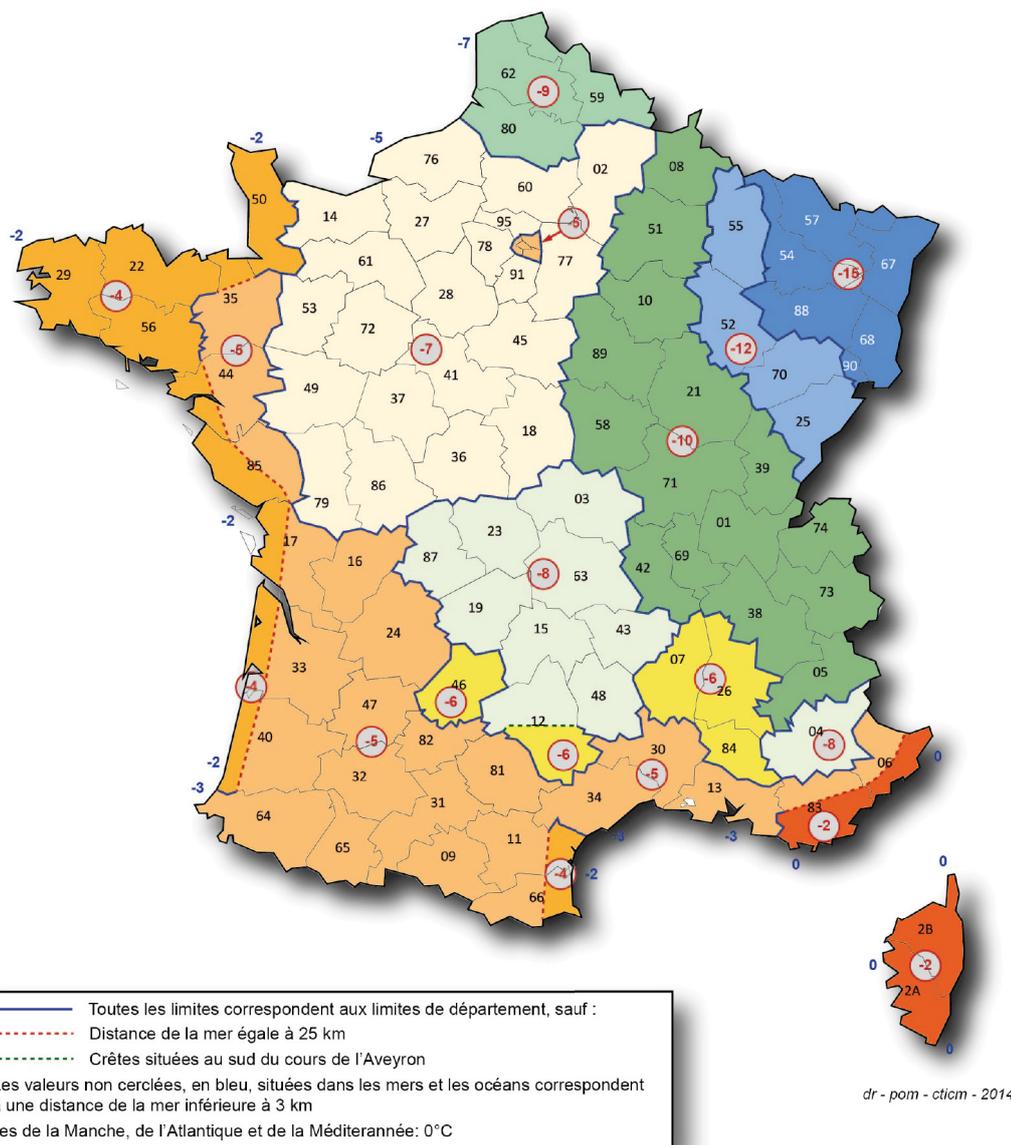
Températures extrêmes de l'air sous abri, par département métropolitain (en °C)

▲ Tableau E.4 : Température maximale et minimale en France issue de l'annexe national 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 surfaces 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'une couverture 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 ((m².K)/W),
- R_{se} : résistance superficielle côté extérieur de la paroi ((m².K)/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 (m²).

Le suivi de la valeur de la conductivité thermique λ doit être assuré. Dans le cas contraire, c'est la valeur forfaitaire des règles Th-bât de la réglementation thermique en vigueur qui s'applique (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 :

Épaisseur nominale de l'âme du panneau (mm)	Ψ (W/m.K)	χ (W/K)
≤ 40	0.200	0,01
60	0.060	
80	0.024	
≥ 100	0.015	

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),
- n : nombre de fixations des panneaux,
- 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 :

Épaisseur nominale de l'âme du panneau (mm)	Ψ_j (W/m.K)	χ (W/K)
≤ 40	0.200	0,01
60	0.060	
80	0.024	
≥ 100	0.015	

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_c (W/m ² .K)
0,023	80	0.276
0,023	100	0.223
0,023	120	0.187
0,023	150	0.15
0,025	80	0.299
0,025	100	0.242
0,025	120	0.202
0,025	150	0.163
0,028	80	0.334
0,028	100	0.269
0,028	120	0.226
0,028	150	0.182
0,032	80	0.379
0,032	100	0.306
0,032	120	0.257
0,032	150	0.207

– $R_{si} = 0.10$ (m².K)/W
– $R_{se} = 0.04$ (m².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	0.270
0,023	102	0.219
0,023	122	0.184
0,023	152	0.148
0,025	82	0.292
0,025	102	0.237
0,025	122	0.199
0,025	152	0.161
0,028	82	0.326
0,028	102	0.264
0,028	122	0.222
0,028	152	0.180
0,032	82	0.370
0,032	102	0.301
0,032	122	0.253
0,032	152	0.204

- $\Delta e = 2$ 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
 - $R_{si} = 0.10$ (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

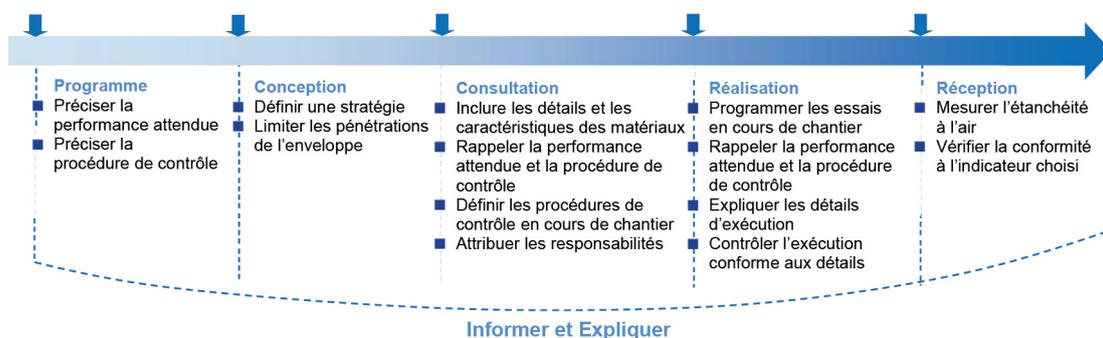
Cette annexe donne des exemples de solutions d'amélioration de l'étanchéité à l'air et de correction de ponts thermiques aux niveaux des liaisons :

- Bardage / couverture
- Faîtage simple
- Faîtage contre mur
- Faîtage double
- Couverture / lanterneau

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.

Les dispositions prises sont inadaptées pour les couvertures en forte hygrométrie et à pression de vapeur P_i comprise entre 5 et 10 mmHg.

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

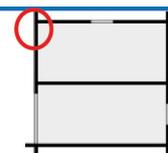
Note

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.



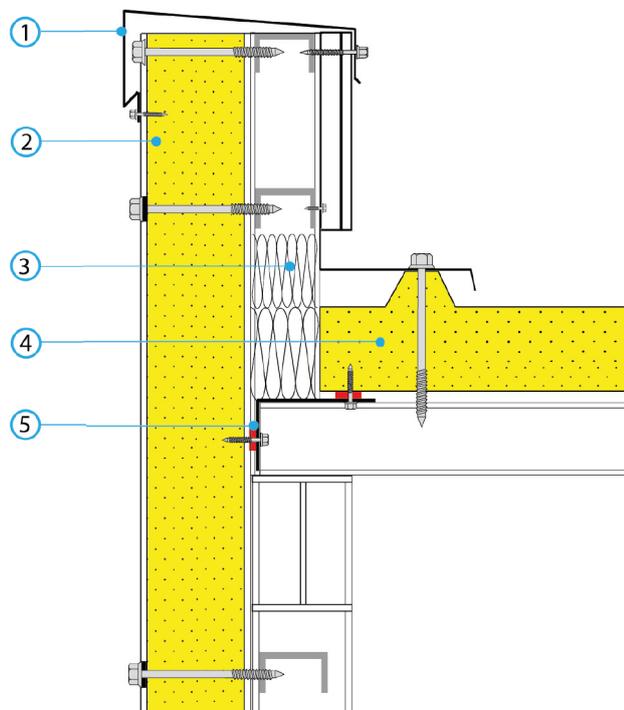
Liaison bardage / couverture (Acrotère) : Cas 1



Coupe

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

Ψ (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 à 0.031 W/(m.K)

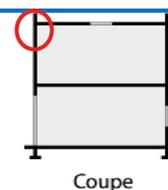


Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL



Liaison bardage / couverture: Cas 2



Coupe

Désignation

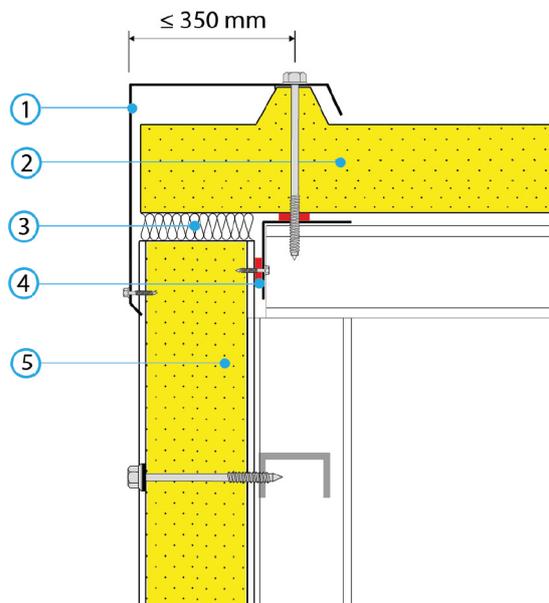
1. Bande de rive en saillie
2. Panneau sandwich de couverture
3. Complément d'isolation
4. Joint d'étanchéité
5. Panneau sandwich de bardage

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 ; $\lambda \leq 0.042$ W/m.K) (3).



Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

0.30

Valable pour :

- panneaux de bardage ≥ 80 mm.
- panneaux de couverture ≥ 80 mm.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K)

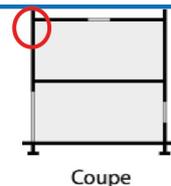


Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL



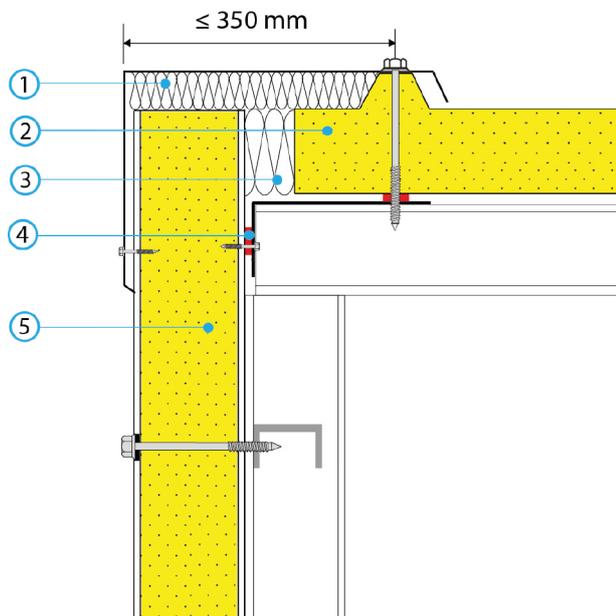
Liaison bardage / couverture: Cas 3



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

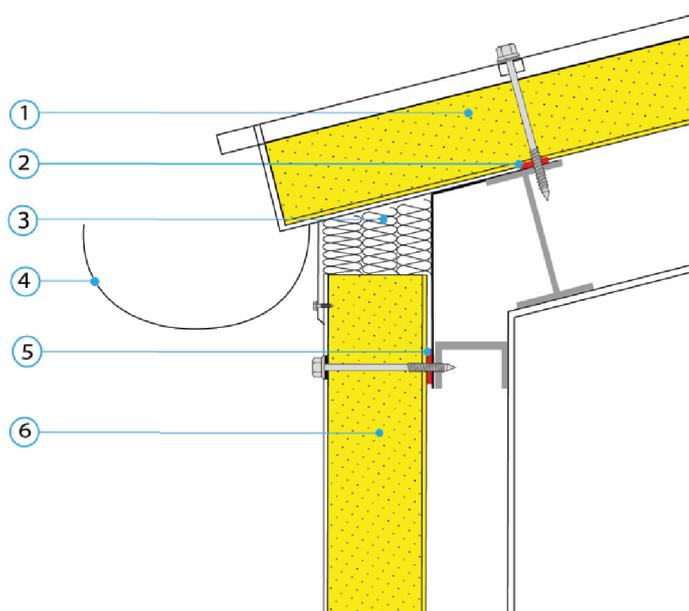


Liaison bardage / couverture: Cas 4



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

Ψ (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 à 0.031 W/(m.K)

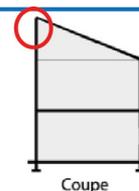


Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

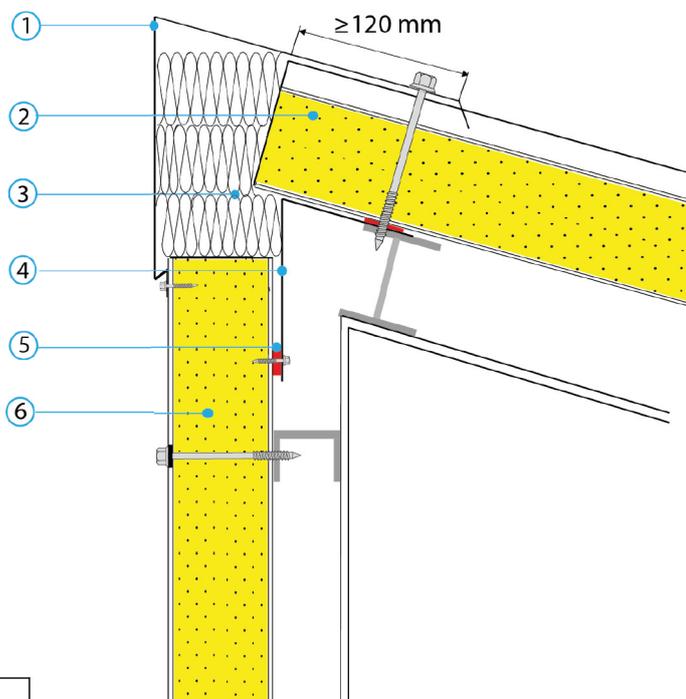


Liaison faîtage simple:



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

Ψ (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 à 0.031 W/(m.K)

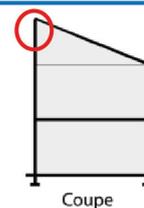


Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL



Liaison faîtage contre mur : Cas 1



Désignation

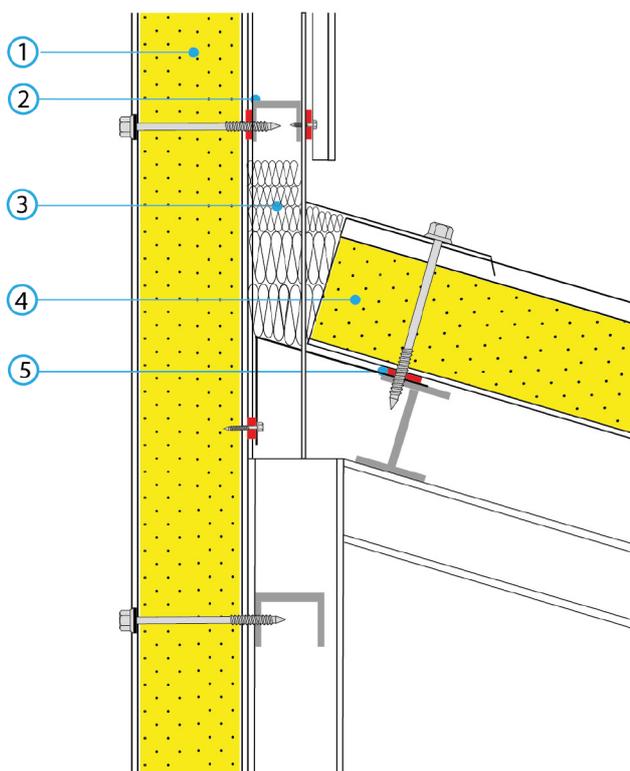
1. Panneau sandwich de bardage
2. Profilé U
3. Complément d'isolation
4. Panneau sandwich de couverture
5. Joint d'étanchéité

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 ; $\lambda \leq 0.042$ W/m.K) (3).



Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

0.45

Valable pour :

- panneaux de bardage ≥ 80 mm.
- panneaux de couverture ≥ 80 mm.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K)



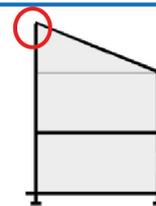
Ces préconisations sont valables pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL



Liaison faîtage contre mur :

Cas 2



Coupe

Désignation

1. Joint mastic
2. Bande porte solin
3. Faîtière contre mur
4. Complément d'isolation
5. Panneau sandwich
6. Joint d'étanchéité
7. Mur

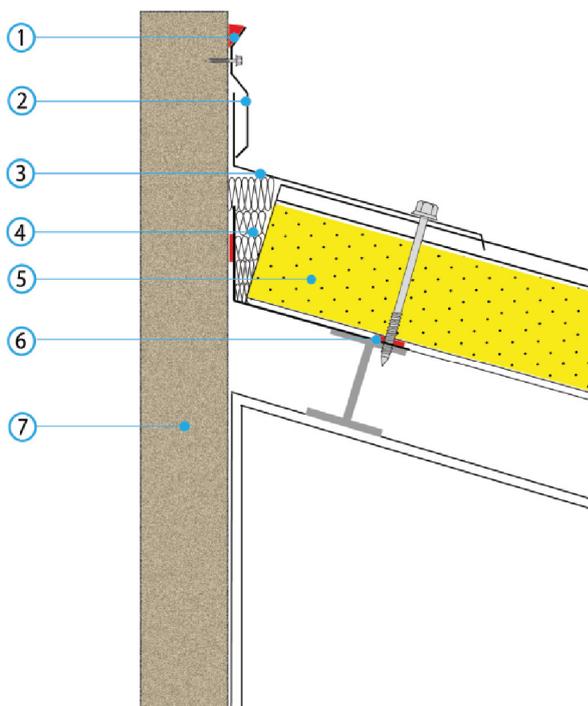
Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (6).

Travaux de correction du pont thermique

thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042 \text{ W/m.K}$) (4).



Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

0.60

Valable pour :

- panneaux de bardage $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : 0.023 à 0.031 W/(m.K)

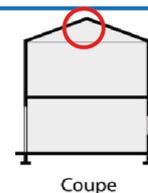


Ces préconisations sont valables pour les locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL

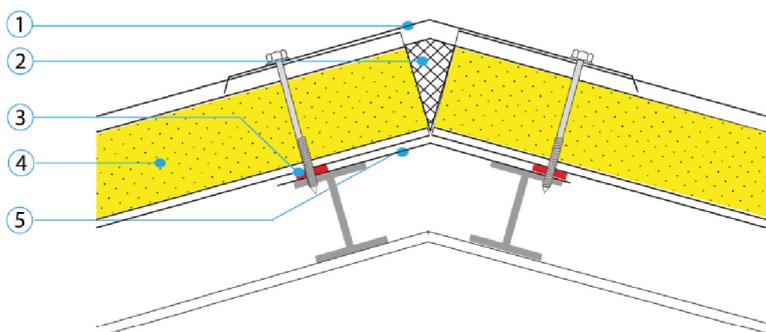


Liaison faîtage double



Désignation

1. Faîtière double pente
2. Complément d'isolation
3. Joint d'étanchéité
4. Panneau sandwich
5. Tôle sous faîtière



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

Ψ (W/(m.K))

0.05

Valable pour :

- panneaux de couverture $\geq 80 \text{ mm}$.
- conductivité thermique de l'isolant des panneaux : $0.023 \text{ à } 0.031 \text{ W/(m.K)}$

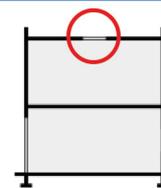


Ces préconisations sont valables pour les locaux à faible ou moyenne hygrométrie

ABL



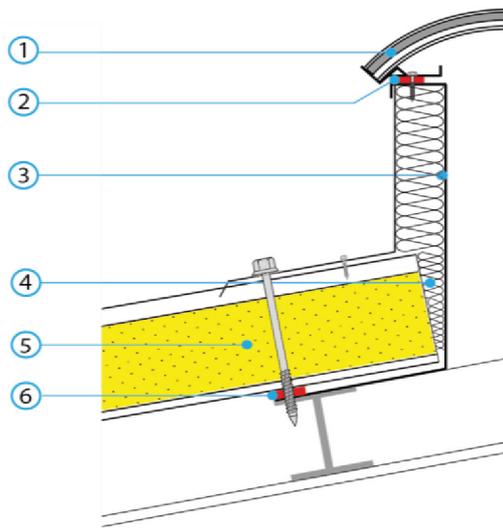
Liaison couverture / lanterneau



Coupe

Désignation

1. Lanterneau
2. Joint d'étanchéité
3. Costière isolée
4. Complément d'isolation
5. Panneau de couverture
6. Joint d'étanchéité



Travaux d'étanchéité à l'air

Mise en œuvre de joints d'étanchéité (2 et 6).

Travaux de correction du pont thermique

Mise en œuvre d'un complément d'isolation (en Laine Minérale ; $\lambda \leq 0.042$ W/m.K) (4).

Caractéristiques thermiques

Ψ (W/(m.K))

0*

**Selon la RT 2012, les ponts thermiques des lanterneaux ne sont pas considérés comme des ponts thermiques de liaison*



Ces préconisations sont valables pour les locaux à faible ou moyenne hygrométrie

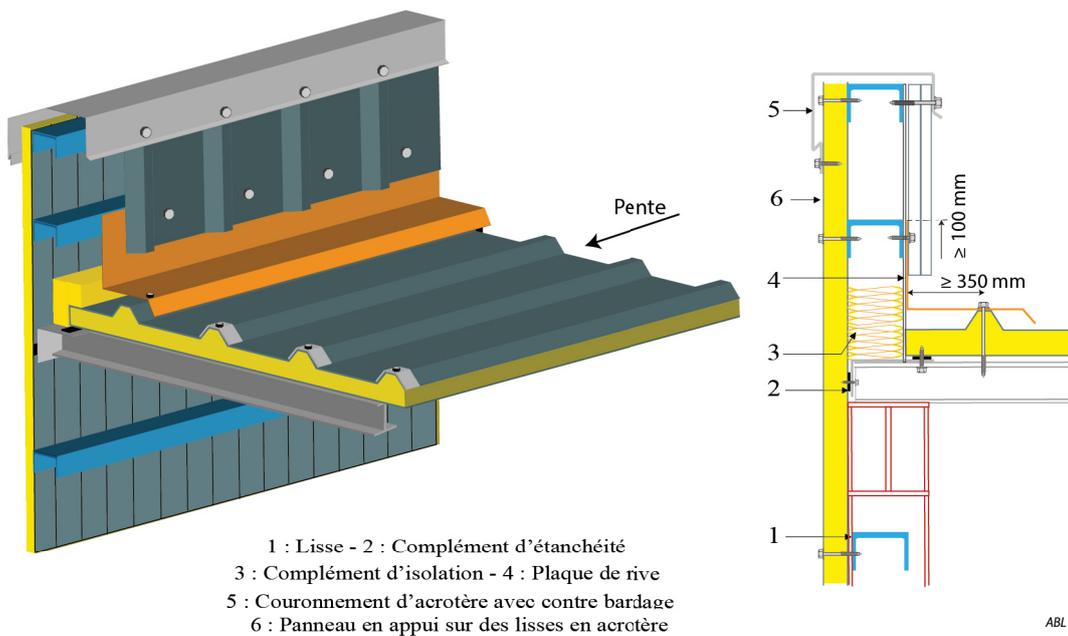
ABL

ANNEXE H – EXEMPLES DE DÉTAILS D'EXÉCUTION DES POINTS SINGULIERS

Principe d'exécution des couvertures en panneaux sandwich à 2 parements acier et à âme PUR ou PIR.

H.1. Acrotère

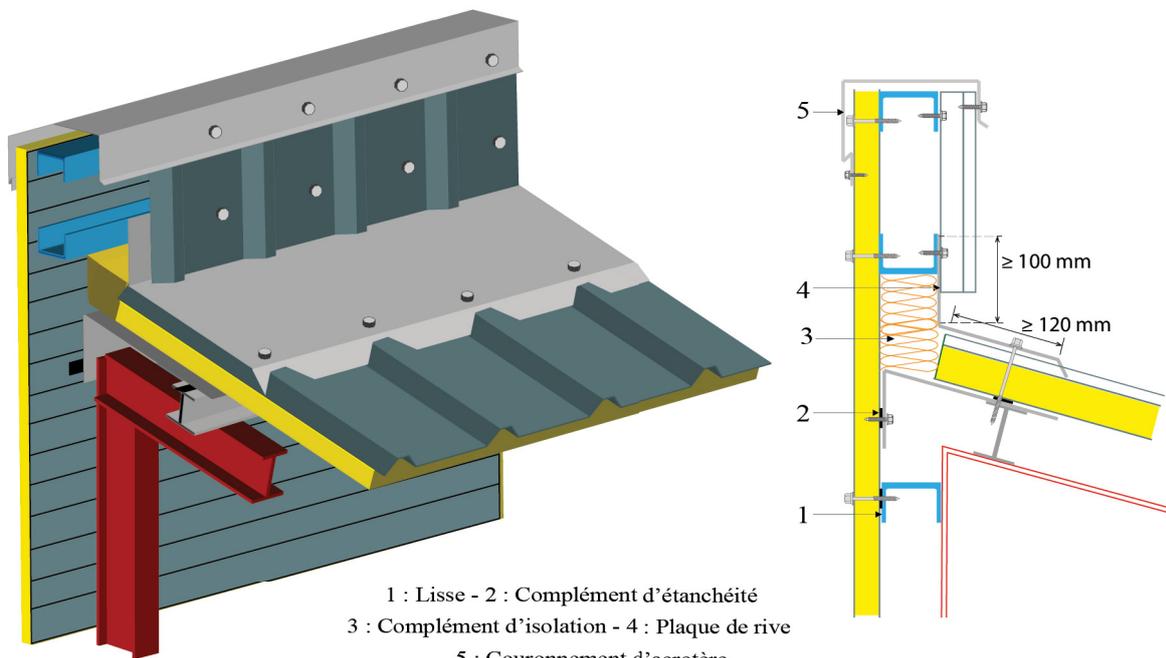
Détail 1 : Acrotère



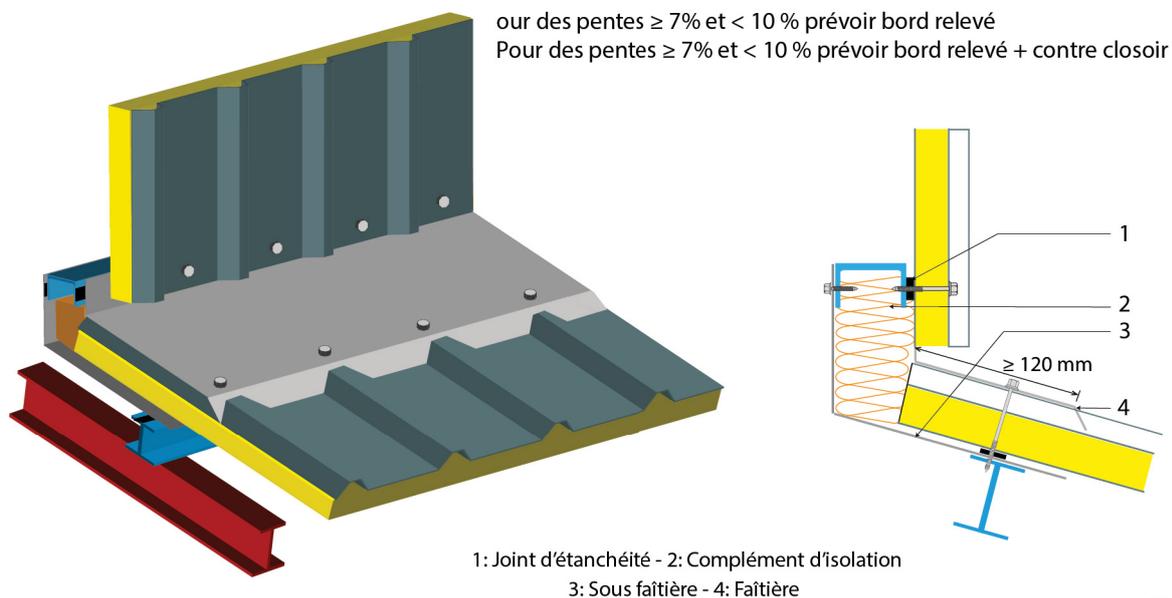


H.2. Faîtage en solin

Détail 2 : Faîtage en solin - Cas 1



Détail 3 : Faîtage en solin - Cas 2

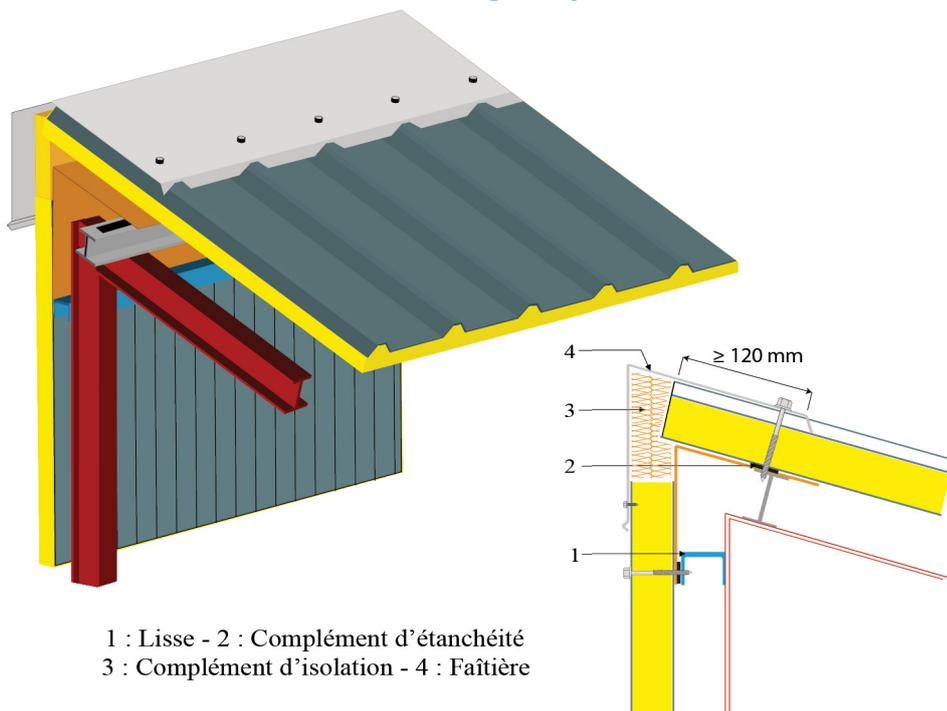


ABL

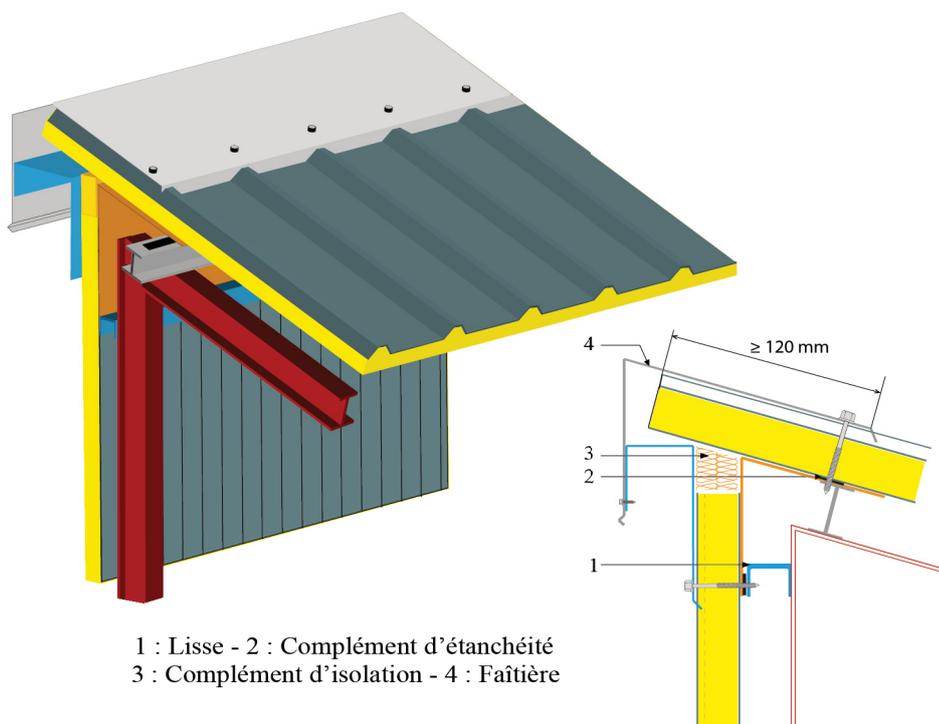


H.3. Faîtage simple

Détail 4 : Faîtage simple



Détail 5: Faîtage simple avec dépassement de toiture



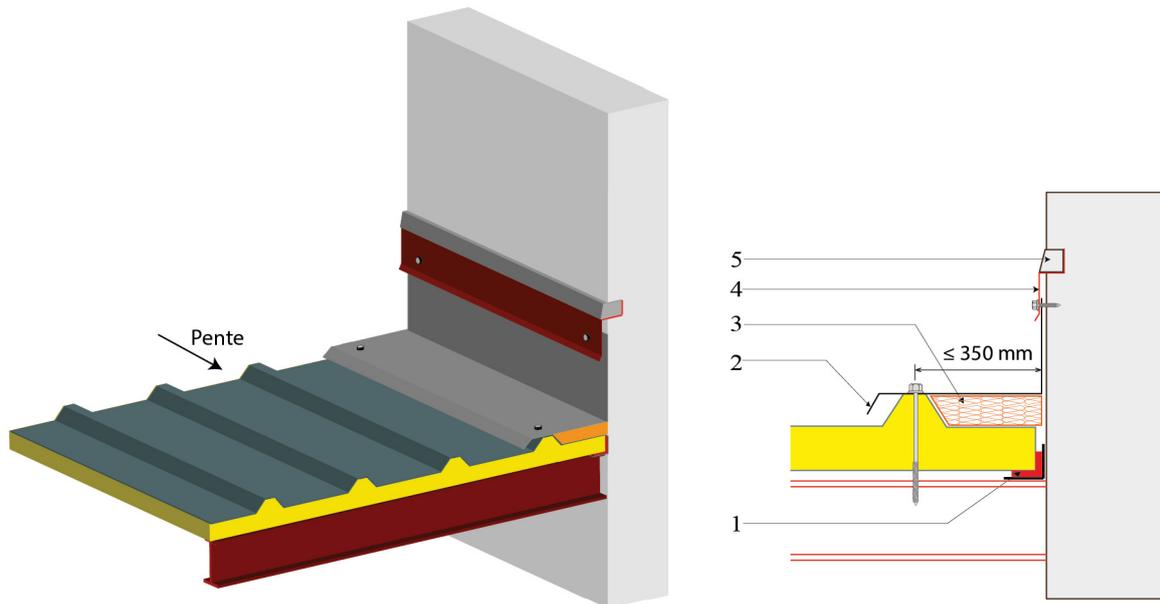
Pour pentes $\geq 7\%$ et $< 10\%$ prévoir bord relevé
Pour pentes $\geq 5\%$ et $< 7\%$ prévoir bord relevé + contre closoir

ABL



H.4. Faîtage contre mur

Détail 6 : Raccordement contre mur

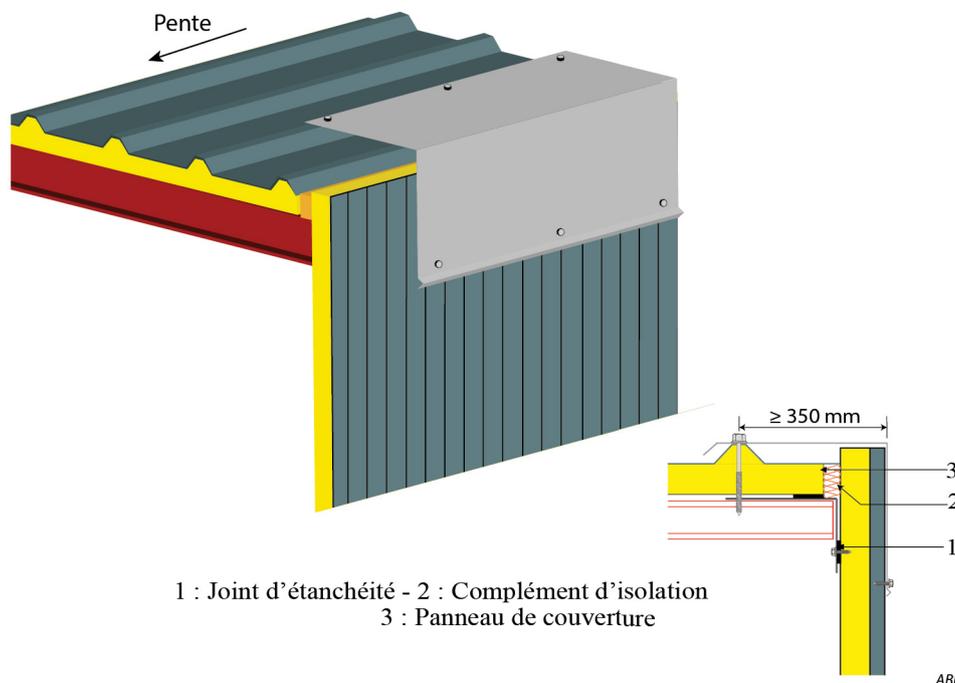


1 : Joint d'étanchéité à l'air - 2 : Faîtière
 3 : Complément d'isolation - 4 : Solin - 5 : Solin ciment

ABL

H.5. Bandeau de rive

Détail 7 : Bandeau de rive



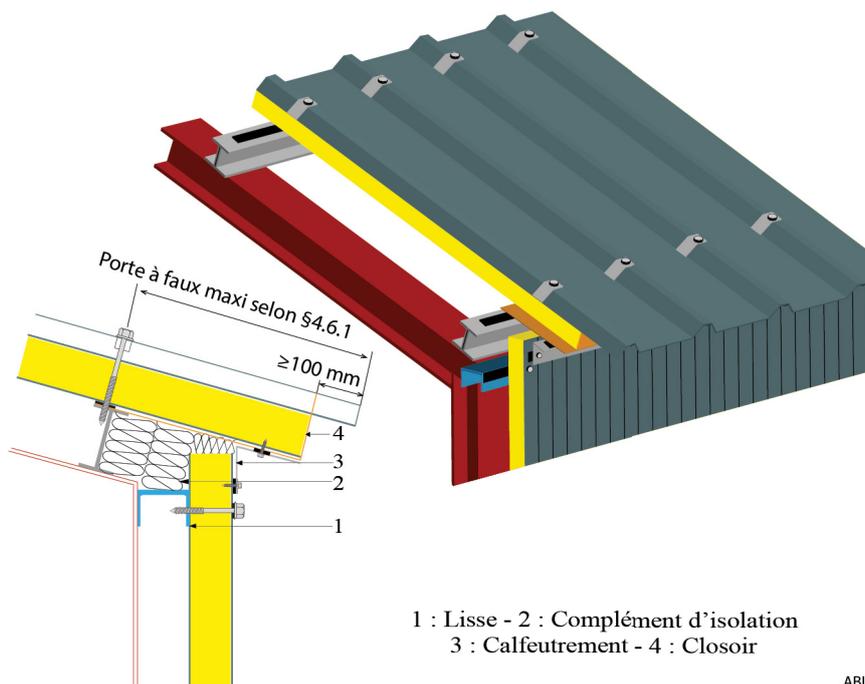
1 : Joint d'étanchéité - 2 : Complément d'isolation
 3 : Panneau de couverture

ABL



H.6. Débord libre sans chéneau

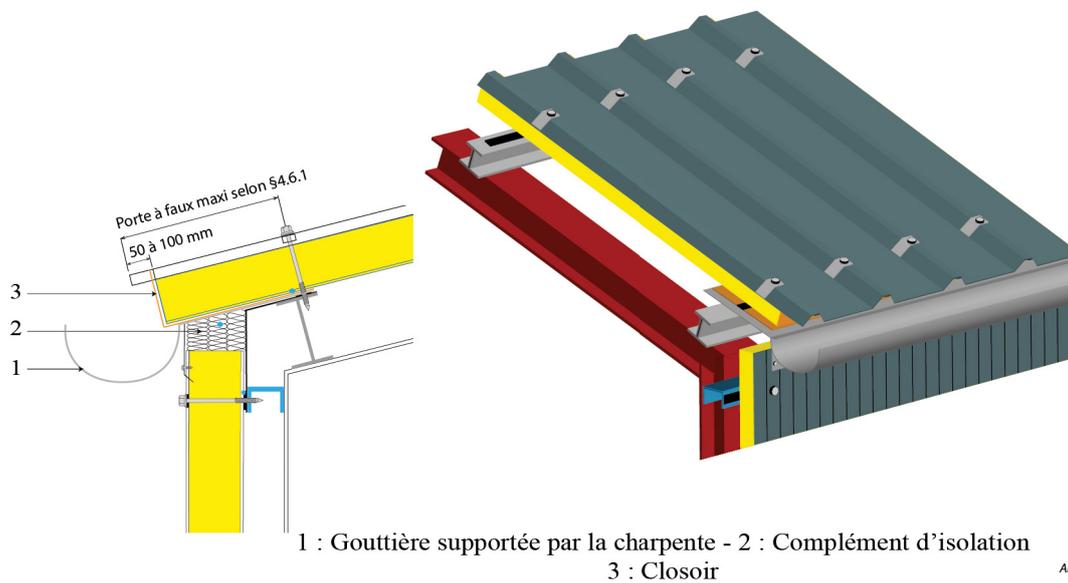
Détail 8 : Débord libre sans chéneau



ABL

H.7. Gouttière pendante

Détail 9 : Gouttière pendante

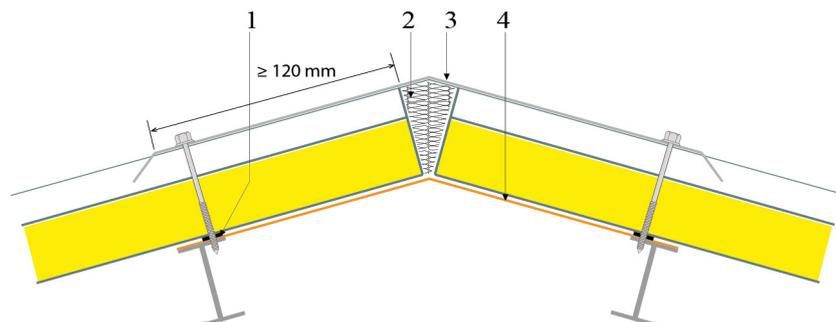
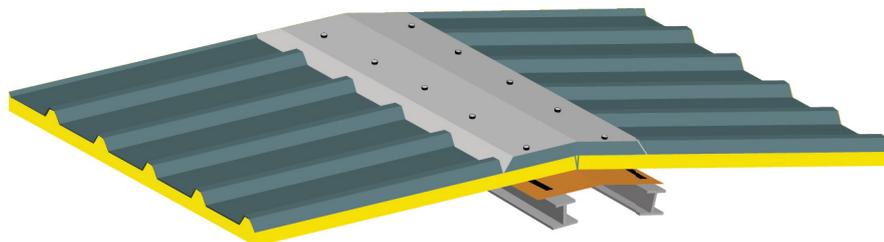


ABL



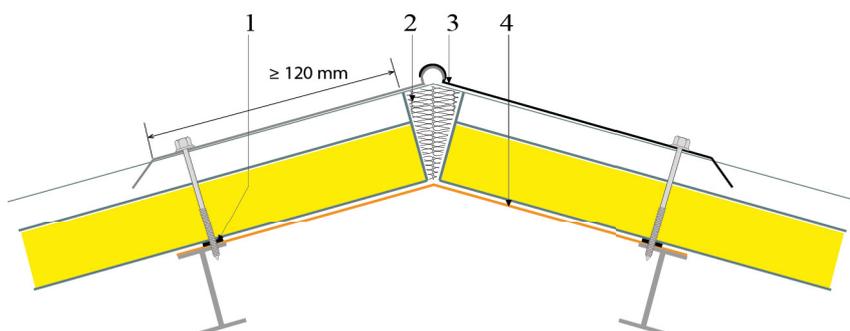
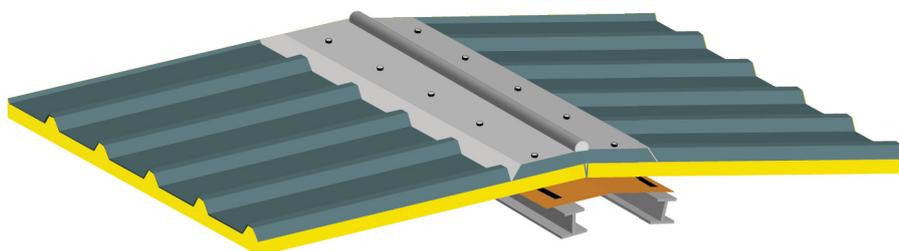
H.8. Faîtage double

Détail 10 : Faîtière double



- 1 : Complément d'étanchéité - 2 : Complément d'isolation
3 : Faîtière double - 4 : Sous faîtière

Détail 11 : Faîtière à boudin

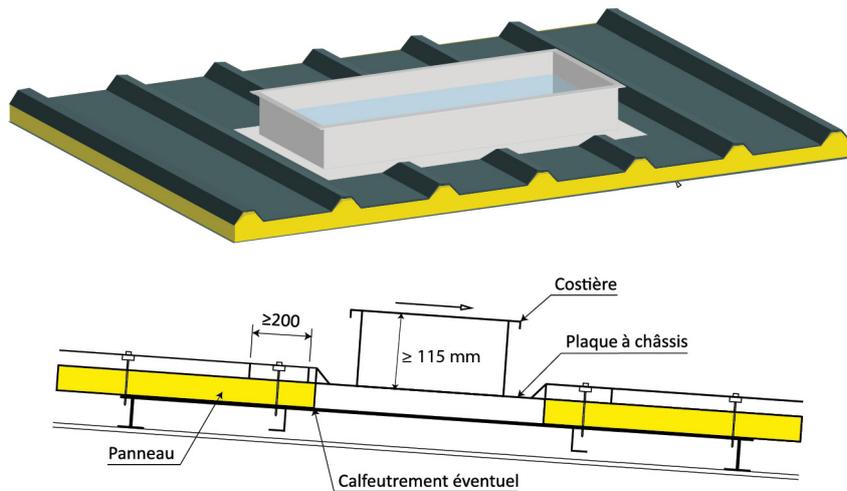


- 1 : Complément d'étanchéité - 2 : Complément d'isolation
3 : Faîtière double - 4 : Sous faîtière

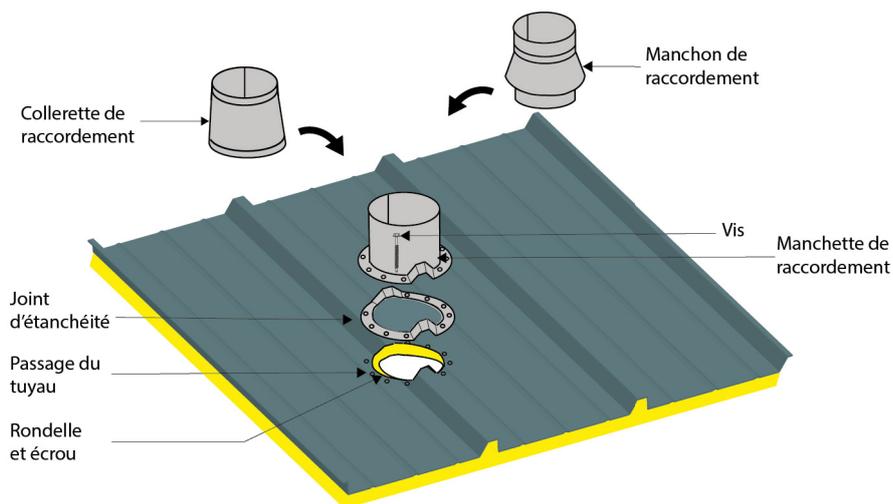
ABL

H.9. Sorties de couverture

Détail 12 : Costière



Détail 13 : Plaque à douille

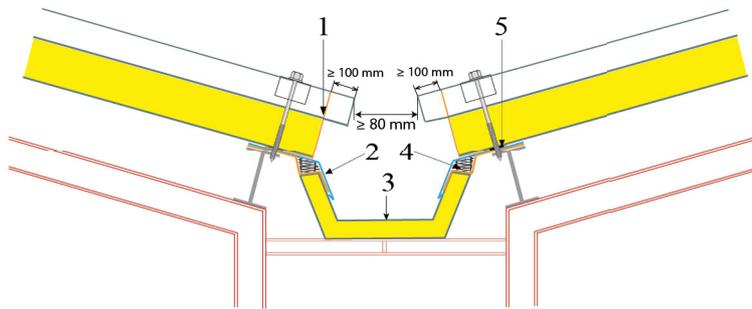
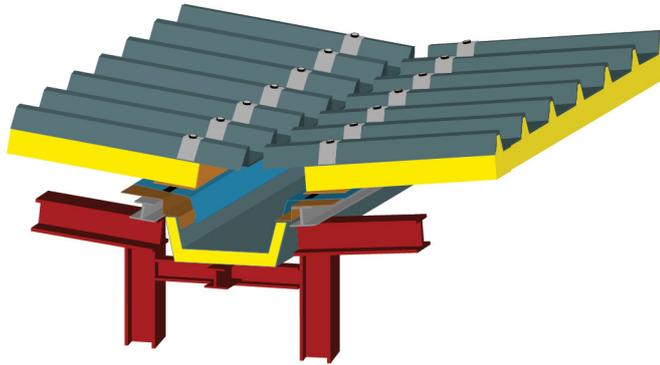


ABL



H.10. Chéneau

Détail 14 : Chéneau



- 1 : Closoir - 2 : Bavette - 3 : Chéneau central isolé
4 : Complément d'isolation - 5 : Complément d'étanchéité

ABL



ANNEXE I – CAPACITÉ RÉSISTANTE DES ASSEMBLAGES

I.1. Préambule

Cette annexe s'adresse au « couvreur » 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 :

- le complément national (cf. I.2) ;
- la méthode alternative par essai (cf. I.3) ;
- 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 :
 - soit issues des NV 65 modifiées 2009, noté 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 NV 65 avec $z = H$.

- 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 demande.
- La pondération de W'_k est 1,5 aux ELU et 1,0 aux ELS.

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)) et aux ELS par $1 \times 1,00$ de façon à retrouver le vent caractéristique Eurocode en site normal.

Les panneaux sont vérifiés aux ELU et ELS de résistance et les fixations aux ELU de résistance.



I.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.2a et I.2b ci-dessous donnent des valeurs de résistance au déboutonnage des assemblages avec cavaliers 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 de la norme NF EN 14509.

Les efforts résistant 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 du CSTB, dans les présentes Recommandations Professionnelles, ou selon un calcul exact établi selon l'Eurocode vent.

I.2.1. Valeurs forfaitaires de $F_{RE\ deb\ Rd}$ et $F_{RU\ deb\ Rd}$ avec cavalier

Les valeurs forfaitaires ci-dessous (cf. Tableaux I.2a et I.2b) sont valables sous l'action du vent en prenant en compte l'effet de la fatigue pour des fixations en acier de diamètre 5,5 ou 6,3 mm avec cavalier et en considérant une limite d'élasticité minimale du parement de $f_y = 320$ MPa et $f_y = 250$ MPa.

Épaisseur nominale du parement acier (en mm)	$F_{RE\ deb\ Rd}$ (daN) $f_y = 320$ MPa	$F_{RU\ deb\ Rd}$ (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.2a : Valeur de $F_{RE\ deb\ Rd}$ avec cavalier

Pour des valeurs inférieures de f_y , il convient de déterminer $F_{RE\ deb\ Rd}$ et $F_{RU\ deb\ Rd}$ avec cavalier au prorata du rapport des limites d'élasticité inférieures des parements et en considérant une limite d'élasticité minimale du parement de $f_y = 320$ MPa servant de référence

Épaisseur nominale du parement acier (en mm)	$F_{RU\ deb\ Rd}$ (daN) $f_y = 320$ MPa	$F_{RE\ deb\ Rd}$ (daN) $f_y = 250$ MPa
0,50	247	193
0,63 ou 0,60	352	275
0,75 ou 0,80	390	305
0,88	435	340

▲ Tableau I.2b : Valeur de $F_{RU\ deb\ Rd}$ avec cavalier



1.2.1.1. Valeurs forfaitaires de $F_{RE\text{ déb Rd}}$ et $F_{RU\text{ déb Rd}}$ sans cavalier

Les valeurs forfaitaires définies dans le Tableau I.3 ci-dessous sont valables sous l'action du vent en prenant en compte l'effet de la fatigue pour des fixations en acier de diamètre 5.5 mm ou 6.3 mm avec une rondelle de 19 mm et en considérant une limite d'élasticité minimale du parement de $f_y = 350$ MPa et $f_y = 250$ MPa.

Épaisseur nominale du parement acier en mm	$F_{RE\text{ déb Rd}}$ (daN) $f_y = 320$ MPa	$F_{RU\text{ déb Rd}}$ (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.3 : Valeur de $F_{RE\text{ déb Rd}}$ (daN) sans cavalier

Le cas du parement inox est à regarder au cas par cas.

Pour des valeurs différentes de f_y , il convient de déterminer $F_{RE\text{ déb Rd}}$ sans cavalier au prorata du rapport des limites d'élasticité des parements. Avec une limite d'élasticité minimale du parement de $f_y = 320$ MPa servant de référence

Épaisseur nominale du parement acier en mm	$F_{RU\text{ déb Rd}}$ (daN) $f_y = 320$ MPa	$F_{RU\text{ déb Rd}}$ (daN) $f_y = 250$ MPa
0,50	112	87
0,63 ou 0,60	225	176
0,75 ou 0,80	270	211

▲ Tableau I.4 : Valeur de $F_{RU\text{ déb Rd}}$ (daN) sans cavalier

Le cas du parement inox est à regarder au cas par cas.

Pour des valeurs différentes de f_y , il convient de déterminer $F_{RU\text{ déb Rd}}$ sans cavalier au prorata du rapport des limites d'élasticité des parements.

1.2.2. Valeurs de $F_{RU\text{ anc Rd}}$ et $F_{RE\text{ anc Rd}}$

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 capacités des fixations sont à effectuer.

Les efforts de vent à considérer sont établis dans le Cahier 3732 du CSTB et les présentes recommandations.



I.3.1. Vérification de l'ancrage de fixation

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 agissant et vérifications sont effectués comme indiqué ci-après (cf. cahier 3731 du CSTB).

- Panneaux isolés avec pose sur 2 appuis :

$$\frac{P_k}{\gamma_m} = \frac{(1,50 \times W' - 1,00 \times G) \times L \times l}{2 \times n}$$

- Panneaux posés sur 2 appuis avec recouvrement transversal :

$$\frac{P_k}{\gamma_m} = \frac{(1,50 \times W' - 1,00 \times G) \times L \times l}{n}$$

- Panneaux posés sur 3 appuis :

$$\frac{P_k}{\gamma_m} = \frac{1,25 \times (1,50 \times W' - 1,00 \times G) \times L \times l}{n}$$

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 avec cavalier à prendre en compte pour la détermination de la valeur de charge du vent Eurocode sont indiquées dans le Tableau I.3 ci-dessous.

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 : Valeurs forfaitaires de déboutonnage avec cavalier



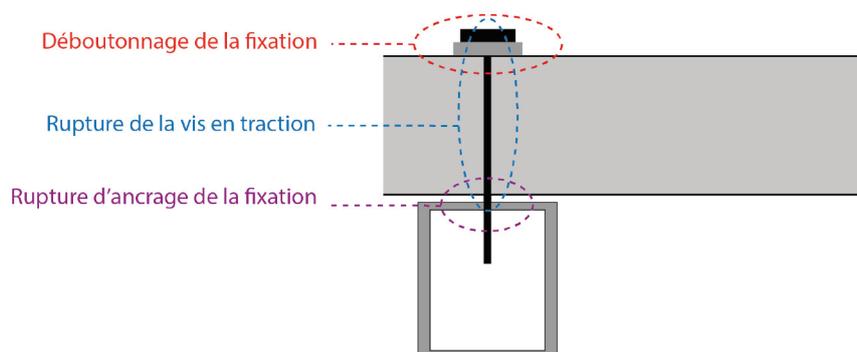
I.4. Utilisation de l'annexe E de la NF EN 14509 avec les recommandations de l'ECCS

I.4.1. Dispositions générales

Note 1

Il est fait référence aux recommandations de l'ECCS, car l'annexe E de la norme panneaux n'explicite pas comment dimensionner les assemblages.

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 mode 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 :

$$F_{R,tk} = \min(F_{Rt,vis,k} ; F_{Rt,ancrage,k} ; F_{Rt,déboutonnage,k})$$

La résistance de l'assemblage est donnée via l'expression ci-dessous :

$$F_{R,td} = \frac{F_{Rtk}}{\gamma_{M2}}$$

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 (voir fiche technique du fabricant de fixation).
- $F_{Rt,ancrage,k}$ est la résistance caractéristique de l'assemblage à l'ancrage dans le support = P_k (fournis par le fabricant de vis).
- $F_{Rt,déboutonnage,k}$ est la résistance caractéristique de l'assemblage au déboutonnage obtenu 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 déboutonnage des panneaux sont issues, soit des essais grandeur de flexion, soit des valeurs forfaitaires.

Cette méthode prend en compte les réactions exactes sur appuis en tenant compte des redistributions d'efforts liés aux déformations d'efforts tranchants.

Note 3

Le fabricant de panneaux sandwich doit faire les essais de déboutonnage 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 le Tableau I.4 en deux appuis et Tableau I.5 en trois appuis. Les efforts de vent à considérer sont établis dans le Cahier 3732 du CSTB et les présentes recommandations.

I.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	$n_{\text{vi}(\xi \text{ rive})} = \frac{ F_{1,d1} }{F_{R,td}} \geq 2$

▲ Tableau I.4 : Efforts agissants au niveau des appuis aux ELU dans le cas de panneaux sur 2 appuis

I.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
Coefficients de calcul	$\alpha_1 = \frac{B_F}{B_S} ; \gamma = \frac{B_S}{G_c A_c L^2} ; \lambda = \sqrt{\frac{(1+\alpha_1)}{\alpha_1 \gamma}} ; B_F = E_{F1} \times I_{F1} ;$ $B_S = \frac{E_{F1} A_{F1} E_{F2} A_{F2} e^2}{(E_{F1} A_{F1} + E_{F2} A_{F2}) B}$ $\varepsilon_1 = \frac{5(1+\alpha_1) + 12\gamma \left(1 - 2 \frac{\cosh(\lambda) - 1}{\lambda^2 \cosh(\lambda)}\right)}{4(1+\alpha_1) + 12\gamma \left(1 - \frac{\tanh(\lambda)}{\lambda}\right)} ;$ $\varepsilon_2 = 1 - \frac{\varepsilon_1}{2} ;$ $\varepsilon_5 = - \frac{3(1+\alpha_1) \times \left(1 - 2 \frac{\cosh(\lambda) - 1}{\lambda^2 \cosh(\lambda)}\right)}{1 + \alpha_1 + 3\gamma \left(1 - \frac{\tanh(\lambda)}{\lambda}\right)} ;$ $\varepsilon_6 = - \frac{\varepsilon_5}{2} ; \theta = \frac{\alpha \Delta T}{e}$	
Charge permanente	$F_{1.G,k} = G_k \varepsilon_2 L$	$F_{2.G,k} = 2 \times 0.5 G_k \varepsilon_1 L$
Action du vent en pression ou dépression	$F_{1.w,k} = -W_k \varepsilon_2 L$	$F_{2.w,k} = -2 \times 0.5 W_k \varepsilon_1 L$
Action due au gradient thermique	$F_{1.\Delta T,k} = - \left \varepsilon_6 \frac{\alpha \Delta T_{hiver} B_S}{L \times e} \right $	$F_{2.\Delta T,k} = - \left 2 \times 0.5 \varepsilon_5 \frac{\alpha \Delta T_{été} B_S}{L \times e} \right $
Combinaison d'actions aux ELU	$F_{1.d1} = F_{1.G,k} + \gamma_F F_{1.w,k} + \gamma_F \psi_{0,\Delta T} F_{1.\Delta T,k}$ $F_{1.d2} = F_{1.G,k} + \gamma_F F_{1.\Delta T,k} + \gamma_F \psi_{0,w} F_{1.w,k}$ avec $\gamma_F = 1,5$ et $\psi_0 = 0,6$	$F_{2.d1} = F_{2.G,k} + \gamma_F F_{2.w,k} + \gamma_F \psi_{0,\Delta T} F_{2.\Delta T,k}$ $F_{2.d2} = F_{2.G,k} + \gamma_F F_{2.\Delta T,k} + \gamma_F \psi_{0,w} F_{2.w,k}$ avec $\gamma_F = 1,5$ et $\psi_0 = 0,6$
Nombre de fixations par appui et par mètre de largeur de panneau	$n_{vis(rive)} = \frac{ \max F_{1.di} }{F_{R,td}} \geq 2$	$n_{vis(central)} = \frac{ \max F_{2.di} }{F_{R,td}} \geq 2$

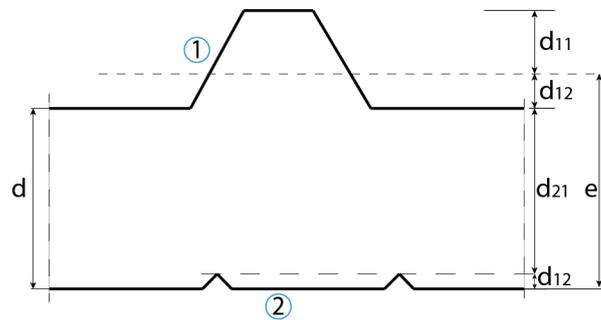
▲ Tableau I.5 : Efforts agissants au niveau des appuis aux ELU dans le cas de panneaux sur 3 appuis

Notations :

- L : est la portée du panneau entre appuis ;
- B_S : la rigidité de flexion (cf. fiche technique en [Annexe JJ]) ;
- B_F : la rigidité de flexion ($E \times I$) du parement extérieur nervuré seul ;
- $G_c A_c$: la rigidité de cisaillement (cf. fiche technique en [Annexe JJ]) ;
- G : poids propre du panneau par m de largeur ;
- W_k : action caractéristique de vent (cf. 4.3.2.2) ;
- α : le coefficient de dilatation thermique de l'acier ($12 \text{ E}^{-6} \text{ K}^{-1}$) ;
- ΔT : le gradient thermique considérer le cas échéant à prendre en compte lorsque calculs selon NF EN 14509 ou sur spécifications des DPM ;



- F_{Rtd} : résistance de l'assemblage ;
- e : distance entre centre de gravité des parements tel que définis sur la figure ci-dessous.



Note

Il est fait référence aux recommandations de l'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).



ANNEXE J – EXEMPLES DE FICHES TECHNIQUES / TABLEAUX DE CHARGES DE PANNEAUX SANDWICH

J.1. Généralités

Trois modèles de fiches techniques sont possibles en fonction de la méthode de dimensionnement choisie.

La vérification à l'ancrage et au débouffonnage 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 donnent des exemples de fiches de valeurs caractéristiques des panneaux sous charges descendantes et ascendantes en fonction des 3 méthodes possibles.

J.2. Exemples de fiches techniques

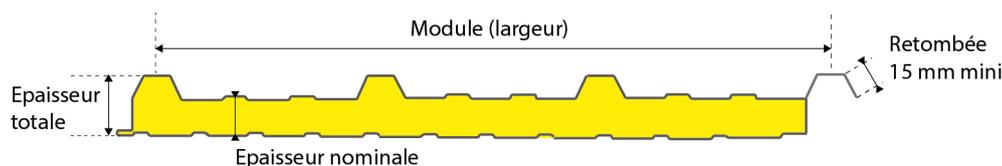
Le contenu minimal d'une fiche technique ainsi que des exemples de tableaux de charges sont donnés ci-après.

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 couvertures 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 couverture – 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 au feu extérieur de couverture ou CWT :..... 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 :

Pour climat de montagne : f_{cc} :.....MPa

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 descendante													
Charge ascendante													
Charge descendante													
Charge ascendante													

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 caractéristique q_k ou s_k ou s_{ad} () sous charges descendantes en daN/m² (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								
...								

(*) q_k : action caractéristique d'exploitation, d'entretien donnée dans l'EN 1991-1-1 complétée par son annexe nationale française

(*) s_k : action caractéristique de la neige donnée dans l'EN 1991-1-3 complétée par son annexe nationale française

(*) s_{ad} : action caractéristique accidentelle de la neige donnée dans l'EN 1991-1-3 complétée par son annexe nationale française

Exemple de Tableau – Action du vent caractéristique W_k ou W_{ad} () sous charges ascendantes en daN/m² (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



Exemple de Tableau xx – Action du vent caractéristique W_k ou W_{ad} sous charges ascendantes en daN/m^2 (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				
2,50				
...				

Ce tableau est valable pour des fixations autotaraudeuse 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 $\frac{P_k}{\gamma_m} < xxx$ daN, la charge maximale caractéristique peut être obtenue à partir des formules suivantes :

$$1,25 \times L \times \ell \times (1,5W_k - g_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m} \text{ pour un appui intermédiaire (panneau sur 3 appuis)}$$

$$1,25 \times L \times \ell \times (1,0W_{ad} - g_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m} \text{ pour un appui intermédiaire (panneau sur 3 appuis)(**)}$$

$$\frac{L}{2} \times \ell \times (1,5W_k - g_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m} \text{ pour un appui d'extrémité (hors jonction bout à bout)}$$

$$L \times \ell \times (1,5W_k - g_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m} \text{ pour un appui de rive en jonction bout à bout}$$

$$\frac{L}{2} \times \ell \times (1,0W_{ad} - g_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m} \text{ pour un appui d'extrémité (hors jonction bout à bout) (**)}$$

$$L \times \ell \times (1,0W_{ad} - g_k) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m} \text{ pour un appui de rive en jonction bout à bout (**)}$$

W_k : Dépression de vent caractéristique maximale en daN/m^2 calculée suivant l'EN 1991-1-4 suivant les différentes zones

W_{ad} : Dépression de vent caractéristique accidentelle en daN/m^2 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 débouffage de l'assemblage en daN

γ_m : Le coefficient de sécurité matériau. Il est de 1,15 pour les supports en acier supérieur à 3mm et 1,35 si l'épaisseur du support d'acier est comprise entre 1,5 et 3 mm ou si support bois

g_k : poids propre du panneau en daN/m^2

(**) Situation à considérer uniquement si demandé dans les Documents Particuliers du Marché.

Note 1

Le tableau d'assemblage précédent peut être fusionné avec celui des panneaux seuls 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 charges descendantes 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 sous charges ascendantes 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 sous charges ascendantes en daN/m² (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 auto-perceuse 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 :

$1,25 \times L \times \ell \times (1,75q - g) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui intermédiaire (panneau sur 3 appuis)

$\frac{L}{2} \times \ell \times (1,75q - g) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui de rive d'extrémité (hors jonction bout à bout)

$L \times \ell \times (1,75q - g) = n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$ pour un appui en jonction bout à bout

q : Dépression de vent normal en daN/m² 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/m²



J.2.4. Exemple de tableau de valeurs caractéristiques de calcul

Valeurs caractéristiques de calcul					Épaisseur de panneau (mm)				
Épaisseur de parement extérieur (mm)		t_1	Épaisseur de parement intérieur (mm)		t_2	e_1	e_2	e_3	
Masse du panneau sandwich (kg/m ²)									
Sollicitations résistantes sous charges descendantes (**)	Rigidité de flexion : B_s (daN.m ²) (*)		Sur 2 appuis						
			Sur 3 appuis ou plus						
	Rigidité de flexion du parement nervuré B_f (daN.m ²) (*)								
	Rigidité de cisaillement : G_{cAc} (daN) (*)		Sur 2 appuis						
			Sur 3 appuis ou plus						
	Moment résistant de flexion (daN.m/m)	En travée simple MU2TRd et/ou ME2TRd		T = 20°C					
				Sous température (****)					
		En double travée et plus	En travée	MU3TRd et/ou ME3TRd	T = 20°C				
				Sous température (****)					
	En double travée et plus	Sur appui	MU3ARd et/ou ME3ARd	T = 20°C					
			Sous température (****)						
	Effort tranchant résistant (daN/m)	En travée simple		VU2TRd et/ou VE2TRd					
En travée double et plus		En rive :		VU3TRd et/ou VE3TRd					
		Sur appui :		VU3ARd et /ou VE3ARd					
Capacité résistante en réaction d'appui (***)	En travée simple		RU2TRd et/ou RE2TRd						
	En travée double et plus	En rive :		RU3TRd et/ou RE3TRd					
		Sur appui :		RU3ARd et /ou RE3ARd					

(*) 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 6.4.3

(****) Lorsque nécessaire (cf. Annexe E et article 4.3.2.4)

▲ Tableau J.1 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux de couverture sous charges descendantes dans le cas complément national



Valeurs caractéristiques de calcul					Épaisseur de panneau (mm)				
Épaisseur de parement extérieur (mm)		t_1	Épaisseur de parement intérieur (mm)		t_2	e_1	e_2	e_3	
Masse du panneau sandwich (kg/m ²)									
Sollicitations Résistantes Charges ascendantes (**)	Rigidité de flexion B'_s (daN.m ²) (*)		Sur 2 appuis						
			Sur 3 appuis ou plus						
	Rigidité de flexion du parement nervuré B_F (daN.m ²) (*)								
	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 $M'U2T_{Rd}$ et/ou $M'E2T_{Rd}$		T = 20°C					
				Sous température (****)					
		En double travée et plus	En travée	$M'U3T_{Rd}$ et/ou $M'E3T_{Rd}$	T = 20°C				
				Sous température (****)					
	En double travée et plus	Sur appui	$M'U3A_{Rd}$ et/ou $M'E3A_{Rd}$	T = 20°C					
			Sous température (****)						
	Effort tranchant résistant (daN/m)	En travée simple		$V'U2T_{Rd}$ et/ou $V'E2T_{Rd}$					
En travée double et plus		En rive	$V'U3T_{Rd}$ et/ou $V'E3T_{Rd}$						
		Sur appui	$V'U3A_{Rd}$ et /ou $V'E3A_{Rd}$						
Capacité des assemblages (***)	En travée simple		$F'U2T_{Rd}$ (= $F_{R,td}$ en 2 appuis) et/ou $F'E2T_{Rd}$						
	En travée double et plus	En rive	$F'U3T_{Rd}$ (= $F_{R,td}$ en 3 appuis)et/ou $F'E3T_{Rd}$						
		Sur appui	$F'U3A_{Rd}$ (= $F_{R,td}$ en 3 appuis)et /ou $F'E3A_{Rd}$						

(*) Pour 1 m de largeur de panneau sandwich

(**) Déterminé selon le complément national (cf. art. 4.3)

(***) Nombre de fixations établis selon l'Annexe I

(****) Lorsque nécessaire (cf. Annexe E et article 4.3.2.4)

▲ Tableau J.2 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux de couverture sous charges ascendantes dans le cas du complément national

Valeurs de calcul pour une épaisseur de panneau		
Charges descendantes	2 appuis	M_c 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		
Charges ascendantes	2 appuis	M'_{u2a}
	3 appuis toutes nervures fixées	M'_{u3a} M'_{s3a} R'_{u3A} R'_{s3A}
	3 appuis fixation réduite(*)	M''_{u3a} M''_{s3a} R''_{u3A} R''_{s3A}
(*) Optionnel		

▲ Tableau J.3 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux de couverture sous charges descendantes et ascendantes 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	
Masse du panneau sandwich (kg/m ²)									
Sollicitations résistantes sous charges descendantes (**)	Rigidité de flexion : B_S (daN.m ²) (*)	Sur 2 appuis							
		Sur 3 appuis ou plus							
	Rigidité de flexion du parement nervuré : B_F (daN.m ²) (*)								
	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 M_{Su} et M_{Du}	T = 20°C						
			Sous température (****)						
		En double travée et plus	En travée	M_u M_{Su} et M_{Du}	T = 20°C				
				Sous température (****)					
		Sur appui		M_u M_{Su} et M_{Du}	T = 20°C				
Sous température (****)									
Effort tranchant résistant (daN/m)	En travée simple		V_s et V_F						
	En travée double et plus	En rive :	V_s et V_F						
		Sur appui :	V_s et V_F						
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 1m de largeur de panneau

(**) La NF EN 14509 ne différencie pas la terminologie sous charges ascendantes ou descendantes

(***) Largeur minimum d'appui de rive conforme au paragraphe 6.4.3

(****) Lorsque nécessaire (cf. Annexe E et article 4.3.2.4)

▲ Tableau J.4 – Exemple de caractéristiques mécaniques des panneaux de couverture sous charges descendantes dans le cas de l'annexe E de la NF EN 14509



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	
Masse du panneau sandwich (kg/m ²)									
Sollicitations résistantes sous charges ascendantes (**)	Rigidité de flexion : B_s (daN.m ²) (*)		Sur 2 appuis						
			Sur 3 appuis ou plus						
	Rigidité de flexion du parement nervuré : B_F (daN.m ²) (*)								
	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_{Su} et M_{Du}		T = 20°C					
				Sous température (****)					
		En double travée et plus	En travée	M_u	T = 20°C				
				M_{Su} et M_{Du}	Sous température (****)				
		Sur appui	M_u	T = 20°C					
			M_{Su} et M_{Du}	Sous température (****)					
	Effort tranchant résistant (daN/m)	En travée simple		V_s et V_F					
En travée double et plus		En rive	V_s et V_F						
		Sur appui	V_s et V_F						
Capacité résistante des assemblages (***)	En travée simple		F_u						
	En travée double et plus	En rive	F_u						
		Sur appui	F_u						

(*) Pour 1m de largeur de panneau

(**) La NF EN 14509 ne différencie pas la terminologie sous charges ascendantes ou descendantes

(***) Nombre de fixations établis selon l'Annexe I

(****) Lorsque nécessaire (cf. Annexe E et article 4.3.2.4)

▲ Tableau J.5 – Exemple de Caractéristiques mécaniques des panneaux de couverture sous charges ascendantes dans le cas de l'annexe E de la NF EN 14509



ANNEXE K – FIXATIONS ET 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.3.

On distingue :

- les fixations et leurs accessoires utilisés en sommet de nervure principale des plaques (Tableaux K.1 et K.2) ;
- les fixations de couture (Tableau K.3).

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⁾ , 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 EN 10263-2 (FR 8) galvanisé à chaud selon NF EN 10684 (450 g/m² minimal). • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.
		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 de 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2L de SO₂ sans apparition de rouille rouge). • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033
	Vis auto-perceuse à bois Vis autota-raudeuse à bois	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 - surmoulage en Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844 - NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille d'acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi18-8). • Alliage d'aluminium selon NF EN 1301-1 (AGS 6060). • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.

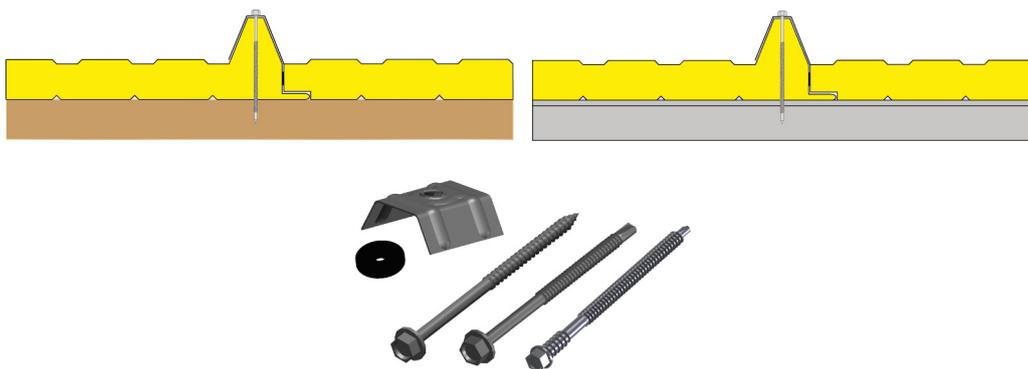


Support	Type	Élément	Dimensions et caractéristiques ¹⁾	Matériau ²⁾ , protection contre la corrosion ³⁾
Acier	Boulon-crochet Étrier Tige filetée (ou vis) + Agrafe (ou attache spéciale) + Écrou	Crochet Étrier Tige filetée Vis	Diamètre minimal : 7 mm. Longueur en fonction de la plaque et du sup- port à assembler. Crochet et étrier de forme adaptée au support	<ul style="list-style-type: none"> Acier de résistance minimale 500 N/mm², galvanisé à chaud en continu selon NF EN 10684 (classe B) et avec protection complémentaires des filets et des extrémités (peinture riche en zinc). Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.
		Agrafe	A rabattre Largeur minimale : 28 mm. Épaisseur minimale : 1,5 mm pour ailes ≤ 65 mm ; 2,0 mm pour ailes > 65 mm.	<ul style="list-style-type: none"> Acier galvanisé selon NF EN 10346 (Z275). Acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi18 8).
		Attache spéciale	Spécifique à chaque type	<ul style="list-style-type: none"> Acier de construction selon NF EN 10025 (S235), galvanisé à chaud selon NF EN 10684 (300 g/m² minimal par face).
		Écrou	Normal ou borgne	<ul style="list-style-type: none"> Acier selon NF EN 10263-2 (FR 8), galvanisé à chaud selon NF EN 10684 (450 g/m² minimal). Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.
			Borgne	<ul style="list-style-type: none"> Acier de cémentation selon NF A35-551, avec revêtement de zinc selon NF EN ISO 4042 (5 µm min), chromatisation selon NF A91-472 (classe C-D), avec en plus : <ul style="list-style-type: none"> surmoulage avec polyamide 6, 11, PA 6-6, ou surmoulage en Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou sertissage d'une feuille d'acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi18-8) Alliage d'aluminium selon NF EN 1301-1 (AGS 6060)



Support	Type	Élément	Dimensions et caractéristiques ¹⁾	Matériau ²⁾ , protection contre la corrosion ³⁾
Acier	Vis auto-perceuse Vis autotaraudeuse	Tige des vis	Vis auto-perceuse : diamètre minimal : 5,5 mm. longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous le support après pose. Vis autotaraudeuse : diamètre minimal : 6,3 mm ; longueur telle que le dépassement sous la panne support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis.	<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 - surmoulage en Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille d'acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi18-8) Alliage d'aluminium selon NF EN 1301-1 (AGS 6060). Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.
<p>1) Le diamètre correspond 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.</p>				

▲ Tableau K.1 : Caractéristiques des fixations utilisées en sommet de nervure



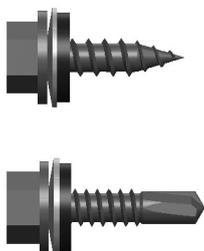
▲ Figure K.1 : Fixation de panneaux sandwich de couverture



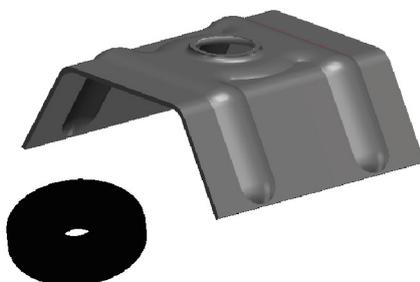
▲ Figure K.2 : Tire-fond



▲ Figure K.3 : Vis autotaraudeuse et autoperceuse



▲ Figure K.4 : Vis de couture



▲ Figure K.5 : Cavalier

Type	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériau
Plaque cavalier + Rondelle d'étanchéité	Plaque cavalier	Épaisseur minimale : acier : 0,75 m. alliage d'aluminium : 1,0 mm. La forme doit être réalisée au profil de la nervure à équiper.	<ul style="list-style-type: none"> • Acier galvanisé selon NF EN 10346 (Z350). • Acier galvanisé prélaqué selon XP P34-301 :1994 • Acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi18-8) • Alliage d'aluminium selon NF EN 485 (3003).
	Rondelle d'étan- chéité	Diamètre minimal : 18 mm. Épaisseur minimale : 3 mm. Le diamètre du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation pour les rondelles en élastomère, et au diamètre extérieur de filetage pour les rondelles en feutre bitumineux.	<ul style="list-style-type: none"> • Élastomère rigide selon NF EN 12365-1 (dureté 55 à 65 DIDC). • Feutre bitumineux type 40 (pour bac acier galvanisé uniquement).



Type	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériau
Rondelle d'appui + Rondelle d'étanchéité ¹⁾	Rondelle d'appui plate ou conique	Diamètre minimal : plate : 18 mm conique : 16 mm Épaisseur minimale : acier : 0,75 mm alliage d'aluminium : 1,0 mm.	<ul style="list-style-type: none"> Acier galvanisé selon NF EN 10346 (Z350). Acier galvanisé prélaqué selon XP P34-301 :1994 Acier inoxydable selon NF EN 10088-2 (X9CrNi18-8) Alliage d'aluminium selon NF EN 485 (3003).
	Rondelle d'étanchéité	Diamètre minimal : 18 mm. Épaisseur minimale : 3 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 P 85-301 (dureté 55 à 65 DIDC).
Rondelle vulcanisée monobloc (étanchéité rendue solide 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 (X9CrNi18-8) Acier galvanisé prélaqué selon P34-301:1994 Alliage d'aluminium NF EN 485 (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 EN 12365-1 (dureté 55 à 65 DIDC).
<p>1) L'utilisation de rondelles d'appui à la place de cavaliers ne concerne que les parements en tôle d'acier galvanisée prélaquée, d'épaisseur au moins égal à 0,88 mm, et dont la largeur du sommet de la nervure principale n'est pas supérieure de plus de 10 mm au diamètre de la rondelle d'appui utilisée. Pour la rondelle vulcanisée monobloc également.</p>			

▲ Tableau K.2 : Accessoires utilisés en sommet de nervure



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 dépasse. 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 T 30-055 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge). • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E 25-033
	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 (X9CrNi18-8) - sertissage d'une feuille d'alliage d'aluminium selon NF EN 485 (3003). • Alliage d'aluminium selon NF EN 1301-1 (AGS 6060). • Acier inoxydable (austénitique A2) selon E25-033.

1) Le diamètre correspond 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 caractéristiques sont identiques à celles données dans le tableau 2, avec un diamètre minimal de 14 mm.

▲ Tableau K.3 : Caractéristiques des fixations de couture

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 (DPM) doivent comprendre notamment :

- la désignation des surfaces à traiter et la hauteur de l'ouvrage ;
- le plan général de couverture avec les indications suivantes :
 - pentes des versants, des noues et des chéneaux ;
 - longueur du rampant ;
 - implantation des ouvrages particuliers ;
 - faîtage, noues, arêtières, chéneaux... ;
 - joints de dilatation ;
 - lanterneaux, exutoires de fumées, aérateurs... ;
 - entrées d'eaux pluviales et trop-pleins ;
 - pénétrations diverses (conduits de ventilation, crosses pour canalisations électriques, supports d'équipements lourds...) ;
 - etc.
- la conception du système de collecte et d'évacuation d'eaux pluviales ;
- la destination du local situé sous la couverture, l'ambiance intérieure, la classe d'hygrométrie, les températures inférieures basses ou élevées ; W/n, la pression de vapeur intérieure... ;
- les dimensions, la hauteur du bâtiment ;
- la nature de l'ossature et les caractéristiques des appuis des panneaux sandwich (dimensions, épaisseurs...) ;
- les données concernant le vent et la neige 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 et NF EN 1991-1-3) ;
- la zone de vent et l'orographie et altitude :
 - (NV65 zone de vent, site, bâtiment ouvert ou fermé) ;
 - Eurocode vent (rugosité, orographie, altitude, cas particulier) ;
- le type d'atmosphère extérieure, et les rejets éventuels en couverture ;
- les coefficients de transmission thermique surfacique de la couverture, la résistance thermique ou le type et l'épaisseur de l'isolant ;

Note

Les faux-plafonds ne doivent pas être isolés sauf si le comble est correctement chauffé et ventilé pour ne pas générer des condensations en sous face des panneaux sandwich.



- la prise en compte ou non du gradient thermique. Dans le cas de prise en compte, indication des températures intérieures et extérieures ;
- les dispositions éventuelles d'isolation acoustique ;
- la présence éventuelle d'ouvrages fixés sur les ossatures secondaire de la charpente (plafonds suspendus...) ;
- les raccordements éventuels à d'autres constructions ;
- les précautions particulières éventuelles concernant les stockages et la manutention des charges (en particulier des panneaux sandwich de couverture) sur l'ossature en fonction du type de cette dernière ;
- l'implantation des appuis en partie courante et leurs largeurs, au droit des ouvrages particuliers, et dans les zones où il y a majoration de la charge de neige ;
- l'accessibilité de la couverture avec l'implantation des différentes zones et les charges à prendre en compte ;
- les données sismiques (zones, catégories d'importance, type de sol) en panneaux sandwich, dans le cas de la catégorie d'importance IV les critères de fonctionnalité ;
- les charges d'entretien si elles sont plus élevées que celles indiquées dans la norme NF EN 1991-1-6 ou 200 daN ;
- l'obligation éventuelle de continuité de l'isolation thermique et du pare-vapeur entre la couverture et les façades ;
- les dispositifs éventuels de calfeutrement à l'air ;
- la conception et la nature des ouvrages particuliers tels que, contre-bardage, bande de rive ;
- description des constituants de la couverture et coupes associées ;
- les dispositifs d'accès permanents aux toitures (non fixés aux panneaux) ;
- les dispositifs de protection permanents lorsque la toiture comporte des éléments en matériaux peu résistants ;
- 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 – CONDITIONS DE RÉCEPTION APPLICABLES AUX FOURNITURES DE PANNEAUX SANDWICH DE COUVERTURE À ÂME POLYURÉTHANE (PUR/PIR), À 2 PAREMENTS EN ACIER ET À FIXATIONS TRAVERSANTES

M.1. Généralités

La présente annexe décrit les conditions de réception des panneaux sandwich de couverture 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 la conductivité thermique et la résistance thermique de l'isolant et bénéficiant d'un niveau d'EVCP 1 pour les performances de réaction au feu au sens du règlement produit de construction.

M.2. Objet de la réception

L'objet de la réception est de vérifier la conformité des panneaux sandwich de couverture 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).

M.2.1. Caractéristiques contrôlées

La réception porte sur :

- la performance mécanique des panneaux (cf. Tableau M.1) ;
- la performance thermique des panneaux (cf. Tableau M.1) ;
- la performance en réaction au feu des panneaux (cf. Tableau M.1) ;
- la durabilité des produits (cf. Tableau M.1) ;
- les caractéristiques géométriques (cf. Tableau M.3) ;
- le marquage des produits (cf. Tableau M.1).

M.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.



M.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 couverture 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.

M.2.4. Frais de réception

Les frais de contrôles et d'essais sont à la charge du fournisseur.

M.3. Echantillonnage

M.3.1. Identification du lot

Vérifier que son indiqués sur les colis :

- Le nom du procédé de couverture 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.

M.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 couverture : minimum 3 et maximum 10 panneaux par lot ;
- Les lots plus importants sont à subdiviser en lots d'inspection de la taille ci-dessus.



M.4. Méthodes d'essais

M.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 M.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
Comportement au feu extérieur – couverture	5.2.4.3 de la NF EN 14509	TS 1187	CWFT ou essai Nécessaire pour les panneaux livrés	Epaisseurs de panneaux livrés	voir TS 1187
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 M.1 : Caractéristiques, exigences, essais et nombre d'échantillons



M.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

M.4.3. Evaluation des résultats

Réaliser l'évaluation des résultats à partir des caractéristiques et des critères de conformité correspondants fixés dans le tableau M.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	Gc 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.
5.2.1.3 de la NF EN 14509 – Coefficients de fluage à courte et longue durée	A. 6 de la NF EN 14509	Dans le cas de panneau sandwich de couverture utilisé en climat de montagne, le coefficient de fluage devra être supérieur à la valeur déclarée.



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
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.
5.2.1.7 de la NF EN 14509 – Moment résistant 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 résistant 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 présentes recommandations.
5.2.2 de la NF EN 14509 – Conductivité thermique	A. 10 de la NF EN 14509 et de la norme EN 12667	Valeur déclarée sur les produits ou le colis $\leq 0,032$ W/(m.K) et inférieure à la valeur déclarée vieillie (selon C.4.2 de la NF EN 13165). Valeur U_{gRS} déclarée sur les produits ou le colis \leq 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).



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	
5.2.4.1 de la NF EN 14509 – Réaction au feu	EN ISO 1716, EN ISO 1182 EN 13823 (OIF) EN ISO 11925-2	Classement conforme-ment à la EN 13501-1	Doit être conforme aux exigences requises sur l'ouvrage de destination
5.2.4.3 de la NF EN 14509 – Comportement au feu extérieur de couverture	TS 1187	Doit être conforme à l'exigence requise sur l'ouvrage de destination	
5.2.5 de la NF EN 14509 – Tolérances dimensionnelles (toutes)	Annexe D de la NF EN 14509	Pas de défaut (cf. Tableau M.3)	

▲ Tableau M.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 mesure
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	$d_s \leq 1 \text{ mm} \pm 30 \%$ de d_s $1 \text{ mm} < d_s \leq 3 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$ $3 \text{ mm} < d_s \leq 5 \text{ mm} \pm 10 \%$ 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 M.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.

M.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 M.4.2 ;
- la décision sur la conformité du lot contrôlé avec les exigences selon le paragraphe M.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 CINOV) ;
- 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 (UNSFA) ;
- 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 « **Couvertures en panneaux sandwich à deux parements en acier et âme polyuréthane** » ont pour objet de définir les prescriptions minimales de conception et de mise en œuvre des couvertures 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 couverture réalisés en France métropolitaine à base de panneaux sandwich, pour des locaux à température positive dont l'hygrométrie intérieure est faible à moyenne et où la pression de vapeur est comprise entre 5 et 10 mmHg.

Les bâtiments visés sont de types industriels, commerciaux, tertiaires, bureaux, 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

