RECOMMANDATIONS

PROCÉDÉS DE BARDAGE RAPPORTÉ À LAME D'AIR VENTILÉE : EMPLOI ET MISE EN ŒUVRE NEUF ET RÉNOVATION

JUILLET 2022

PROFEEL
9 défis pour la rénovation énergétique

AVANT-PROPOS

Avec le programme PROFEEL, la filière Bâtiment s'est rassemblée pour répondre collectivement aux défis de la rénovation énergétique. 16 organisations professionnelles ont été à l'initiative de cette démarche et, continuent aujourd'hui à la porter activement.

PROFEEL se compose concrètement de 9 projets, positionnés sur trois grands enjeux : favoriser le déclenchement des travaux de rénovation, garantir la qualité des travaux réalisés et consolider la relation de confiance entre les professionnels. Ces projets s'appuient sur l'innovation, qu'elle soit technique ou numérique, afin de mieux outiller les professionnels du bâtiment, d'améliorer les pratiques sur le marché de la rénovation énergétique et de garantir la qualité des travaux réalisés. Ces outils permettront d'accompagner les acteurs durant toutes les étapes d'un projet de rénovation : en amont, pendant et après les travaux.

Dans le cadre du projet BONNES PRATIQUES, un des 9 projets PROFEEL, 14 nouveaux outils pratiques sont développés pour accompagner les professionnels dans la conception, la mise en œuvre et la maintenance de solutions techniques, clés ou innovantes de rénovation énergétique. Cette nouvelle collection d'outils s'inscrit dans la continuité des référentiels techniques produits dans le cadre de précédents programmes portés par la filière Bâtiment : PACTE et RAGE.

Le présent document est le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Pour plus d'information : https://programmeprofeel.fr/

PARTENAIRES PROFEEL :

Pouvoirs Publics

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Porteurs

AQC Agence Qualité Construction

CSTB le futur en construction

Financeurs

EDF

TotalEnergies

ENGIE

eni

CPCU

Filière Bâtiments

AIMCC

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment

FÉDÉRATION CINOV

ORDRE DES ARCHITECTES

FILIANCE Filière de confiance

Fédération Française de l'Assurance

FFB Fédération française du bâtiment

FIEEC

FNBM

FRANCE FÉDÉRATION PROMOTEURS IMMOBILIERS

Pôle Habitat FFB

Fédération SCOP BTP

SYNTEC INGÉNIERIE

Unsfa Union des Architectes

Untec

L'UNION SOCIALE POUR L'HABITAT

PROFEEL, un programme financé par le dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE)

CEE Les certificats D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

SOMMAIRE

	INTRODUCTION	5
1	DOMAINE D'APPLICATION	7
2	RÉFÉRENCES	8
3	TERMES ET DÉFINITIONS	11
4	COMPOSANTS	14
5	PRINCIPES DE CONCEPTION	31
6	SUPPORTS ADMISSIBLES ET PRÉPARATION DES STRUCTURES PORTEUSES	43
7	MISE EN ŒUVRE EN PARTIE COURANTE	49
8	TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS ET DES INTERFACES	71
9	AUTOCONTRÔLES ET ACCEPTATION DE L'OUVRAGE	92
10	ENTRETIEN ET MAINTENANCE	104

VERSION	DATE DE LA PUBLICATION	MODIFICATIONS
Initiale	Mai 2015	
Mise à jour	Juillet 2022	Points singuliers Mise à jour suite publication des différentes parties du DTU 45.4

Conception : Agence Bastille - Rédacteur : CTICM-ABL - Illustrations : Laubywane - Réalisation : Jouve - Editeur : Agence Qualité Construction - ISBN : 978-2-35443-713-8

SOMMAIRE

11 ANNEXES 105

A ANNEXE A : ESSAIS SUR LES PATTES DE FIXATION 106

B ANNEXE B : CALCULS THERMIQUES 113

C ANNEXE C : ACCEPTATION DES PRODUITS DE PAREMENT SUR CHANTIER 121

D ANNEXE D : PASSAGE AUX EUROCODES POUR LA PRISE EN COMPTE DU VENT 125

E ANNEXE E : SÉCURITÉ INCENDIE 139

F ANNEXE F : PROTECTION CONTRE LA CORROSION 143

G ANNEXE G : EXEMPLES DE TABLEAUX D'AUTOCONTRÔLE 150

H ANNEXE H : INTERPRÉTATION STATISTIQUE DES RÉSULTATS D'ESSAIS 156

INTRODUCTION

Le présent document traite des bardages rapportés en clins PVC et en ardoises, traditionnellement posés sur ossature bois et liteaux bois. Cependant, pour le traitement des points singuliers, et notamment les pieds de bardage, il propose en plus de l'ossature bois, des solutions avec ossature métallique, utiles pour les praticiens dans le cas de bardages rapportés autres qu'en clins PVC ou en ardoise. Il est à signaler qu'à l'heure de la rédaction de l'actualisation du document Recommandations Professionnelles « Isolation thermique extérieure – Recommandations professionnelles pour la mise en œuvre des procédés de bardage rapporté à lame d'air ventilée » de mai 2015, un projet de DTU (NF DTU 45.4) est en cours de rédaction, qui a terme, se substituera au présent document.

Les principales modifications apportées au document « Recommandations professionnelles mise en œuvre des procédés de bardage rapporté à lame d'air ventilée » de mars 2015 portent sur :

- Suppression des paragraphes concernant les parements en HPL, fibres-ciment et tuiles, visés par le NF DTU 45.4
- Suppression du § 2.1 « Normes » du fait de la suppression du § 2.2
- Suppression du § 2.2 (§ relatif aux ETAG)
- § 4.3.3 suppression de la désignation DX51D. La nuance minimale de l'acier est S 220 GD conformément à la norme NF EN 10 346
- Les alliages d'aluminium sont issus de la série 3000 au minimum et présentent une limite d'élasticité Rp 0,2 supérieure à 110 MPa
- Mise à jour du § 4.3.4. Références aux tableaux de l'annexe F
- 4.4 Chevilles Suppression des références aux ETAG et ajout de « Les chevilles devront être dimensionnées selon la NF EN 1992-4 en se basant sur leurs performances mentionnées dans l'ETE dont elles relèvent »
- § 4.6.4.2 mis à jour alliages d'aluminium sont issus de la série 3000 au minimum et présentent une limite d'élasticité Rp 0,2 supérieure à 110 MPa
- § 5.2.4 remplacement de la référence à l'ETAG 34 par la référence à l'EAD 090062-00-0404
- § 5.5.3 Suppression des références aux ETAG et ajout de « Les chevilles devront être dimensionnées selon la NF EN 1992-4 en se basant sur leurs performances mentionnées dans l'ETE dont elles relèvent »
- Mise à jour du § 5.8. Remplacement du renvoi aux règles Th U par un renvoi aux règles ThBat version 2017, fascicule Ponts Thermiques
- 6.2 Suppression de ETAG 001, 020 et 029
- Annexe B : Mise à jour de l'annexe B « Calculs thermiques » Suppression de la RT2005 au profit de la RT 2012. Ajout de l'arrêté du 22 mars 2017 pour la RT existant
- Annexe E : Sécurité incendie
- Mise à jour des textes réglementaires : Suppression de « L'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu permettant d'utiliser les Euroclasses obtenues lorsque les exigences sont encore exprimées en classement « M ». Ceci dans l'attente de l'introduction des Euroclasses dans la réglementation incendie relative aux bâtiments d'habitation en particulier. » et du tableau 29

- A la date de mise à jour du présent document, les derniers arrêtés en dates sont :
  - L'arrêté du 7 août 2019 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 (relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation)
  - arrêté du 7 août 2019 relatif aux travaux de modification des immeubles de moyenne hauteur (IMH) et précisant les solutions constructives acceptables pour les rénovations de façade
- Annexe F : Mise à jour du tableau 37 « Traitement de protection des pattes de fixation en acier inoxydable ». Remplacement de « adapté » par E.S Etude Spécifique en atmosphère urbaine ou industrielle sévère. Suppression des nuances ferritiques « 2 » et « 4 » X6Cr17 et X2CrTi18-2 pour ne conserver que les nuances austénitiques

Les bardages métalliques rapportés, avec ou sans lame d'air ventilée, sont visés par les Recommandations Professionnelles RAGE 2012 « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable – Conception et mise en œuvre » – Juillet 2014.

Les solutions techniques de bardages rapportés sur une ossature secondaire en bois avec un revêtement traditionnel en bois sont traitées dans le NF DTU 41.2.

1 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document propose des clauses types de spécifications de mise en œuvre pour les travaux d'exécution des procédés d'Isolation Thermique Extérieure constitués de bardages rapportés avec les revêtements extérieurs suivants :

- clins PVC (NF EN 13245-2),
- petits éléments de couverture :
  - ardoises naturelles conformes au NF DTU 40.11,
  - ardoises en fibres-ciment conformes au NF DTU 40.13,

Les procédés de bardage rapporté visés par le présent document s'appliquent sur les bâtiments neufs ou sur les bâtiments existants.

Ces ouvrages peuvent être appliqués sur les parois verticales extérieures droites en béton (conformes aux NF DTU 21 et NF DTU 23.1) ou sur des parois constituées de maçonneries de petits éléments (conformes au NF DTU 20.1) enduites.

Le bardage rapporté ne participe pas aux fonctions de transmission des charges, de contreventement et de résistance aux chocs de sécurité. Ces fonctions incombent à l'ouvrage qui le supporte.

Seule la France métropolitaine est traitée sous l'angle des sollicitations climatiques hors la pose sur bâtiments de plus de 50 m de hauteur en situation d au sens du NF DTU 20.1 (partie P3, § 4.2.1).

Les procédés de bardage rapporté visés par ce document s'appliquent aux bâtiments construits dans les zones de sismicité 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 et selon les dispositions décrites au § 5.5.

Le présent document définit aussi les ossatures secondaires (liteaux) sur lesquelles les bardages sont posés.

2 RÉFÉRENCES

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application des recommandations 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).

- NF EN 1990 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures
- NF EN 1991-1-4 : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent
- NF EN 1992-1-1 : Eurocode 2 – Calcul des structures en béton – Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments
- NF EN 1993-1-1 : Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments
- NF EN 1995-1-1 : Eurocode 5 – Conception et calcul des structures en bois – Partie 1-1 : généralités – Règles communes et règles pour les bâtiments
- NF EN 1996-1-1 + A1 : Eurocode 6 – Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée
- NF EN 1998-1 : Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments
- NF EN 1999-1-1 : Eurocode 9 – Calcul des structures en aluminium – Partie 1-1 : règles générales
- Guide ENS Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment à risque normal (juillet 2013).
- NF EN 335-1 (B 50-100-1) : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Définition des classes de risque d'attaque biologique – Partie 1 : généralités.
- NF EN 335-2 (B 50-100-2) : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Définition des classes de risque d'attaque biologique – Partie 2 : application au bois massif.
- NF EN 755-2 (A50-630-2) : Aluminium et alliages d'aluminium – Barres, tubes et profilés filés – Partie 2 : Caractéristiques mécaniques
- NF EN 755-9 (A50-630-9) : Aluminium et alliages d'aluminium – Barres, tubes et profilés filés – Partie 9 : profilés, tolérances sur dimensions et forme
- NF EN 10088-2 (A35-572-2) : Aciers inoxydables – Partie 2 : conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général
- NF EN 12326-1 (P32-303-1) : Ardoises et pierres pour toiture et bardage extérieur pour pose en discontinu – Partie 1 : spécifications pour ardoises et ardoises carbonatées
- NF EN 12326-2 (P32-303-2) : Ardoises et pierres pour toiture et bardage extérieur pour pose en discontinu – Partie 2 : méthodes d'essai pour ardoises et ardoises carbonatées
- NF EN 13245-2 (T 54-409-2) : Plastiques – Profilés en poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC U) pour applications dans le bâtiment – Partie 2 : profilés en PVC-U et profilés en PVC-UE pour finitions des murs et plafonds intérieurs et extérieurs

- NF EN 492 (P33-302) : Ardoises en fibres-ciment et leurs accessoires en fibres-ciment – Spécifications du produit et méthodes d'essai.
- NF EN ISO 1461 (A 91-121) : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai
- NF EN10025 (A35-501-2) : Produits laminés à chaud en aciers de construction – Partie 2 : conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés
- NF EN 10 346 (A36-240) : Produits plats en acier revêtus en continu par immersion à chaud pour formage à froid – Conditions techniques de livraison
- NF EN 13162 (P 75-403) : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécification.
- NF EN 13163 (P 75-404) : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécification.
- NF EN 13164 (P-75-405) : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) – Spécification.
- NF EN 13165 (P-75-406) : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse rigide de polyuréthane (PU) – Spécification.
- NF EN 13183-2 (B53-611-2) : Teneur en humidité d'une pièce de bois scié – Partie 2 : estimation par méthode électrique par résistance
- NF EN 15804/CN (P01-064/CN)) : Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Déclarations environnementales sur les produits – Règles régissant les catégories de produits de construction – Complément national à la NF EN 15804+A1
- FD P20-651 : Fascicule de documentation – Durabilité des éléments et ouvrages en bois.
- 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 – Résistance aux chocs – Méthodes d'essais et critères.
- NF P 32-301 : Caractéristiques générales des ardoises
- NF P 34-310 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées à chaud en continu destinées au bâtiment – Classification et essais
- NF EN ISO 10140-1 (S31-049-1) : Acoustique – Mesure en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 1 : Règles d'application pour produits particuliers.
- NF EN ISO 10140-2 (S31-049-2) : Acoustique – Mesure en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 2 : Mesurage de l'isolation au bruit aérien.
- NF EN 13501-1 (P 92-800-1) : Classement au feu des produits et éléments de construction – Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu.
- NF P 24-351 : Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.
- NF B 50-105-3 : Bois et matériaux à base de bois traités avec un produit de préservation préventif – Partie 3 : spécifications de préservation des bois et matériaux à base de bois et attestation de traitement – Adaptation à la France Métropolitaine et aux DOM
- NF DTU 20.1 (P10-202) : Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs.
- NF DTU 21 (P18-201) : Exécution des ouvrages en béton.
- NF DTU 22.1 (P10-210) : Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire.

- NF DTU 23.1 (P18-210) : Murs en béton banché.
- NF DTU 24.1 (P51-201) : Travaux de fumisterie – Installation de systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils
- NF DTU 24.2 (P51-202) : Travaux d'âtrerie
- DTU 33.2 (XP P28-003) : Tolérances dimensionnelles du gros œuvre destiné à recevoir des façades rideaux, semi-rideaux ou panneaux – Tolérances dimensionnelles en construction neuve.
- NF DTU 36.5 (P20-202) : Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures.
- NF DTU 41.2 (P65-210) : Revêtements extérieurs en bois.
- NF DTU 40.11 (P32-20-1) : Couverture en ardoises naturelles.
- NF DTU 40.13 (P32-202) : Couverture en ardoises en fibres-ciment.
- NF DTU 44.1 (P85-210) : Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics.
- NF DTU 45.4 (P 75-501) : Système d'isolation thermique par l'extérieur en bardage rapporté avec lame d'air.
- DTU P22-702 Règles de conception et de calcul des charpentes en alliages d'aluminium (dites règles Al 1971).
- DTU P22-701 : Règles CM – Règles de calcul des constructions en aciers (dites règles CM 66)

NOTE

Pour les normes eurocodes, il faut considérer leurs annexes nationales, leurs amendements et leurs corrigendums.

3 TERMES ET DÉFINITIONS

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Accessoire

Composant utilisé pour traiter un détail spécifique ou un point singulier du bardage rapporté (départs, arrêts, joints, etc.). Les accessoires sont des pièces de liaison, des profilés de raccordement ou de protection.

Bardage rapporté à lame d'air ventilée

Un procédé de bardage rapporté est un procédé de revêtement extérieur de façade plane verticale. Il est composé d'un isolant, d'une ossature, d'une lame d'air ventilée et d'un parement extérieur.

Tout au long de ce document, le terme utilisé est « bardage rapporté ».

Chevron

Sciage aligné parallèle dont la section est carrée ou rectangulaire. Une des dimensions du chevron est comprise entre 40 mm et 120 mm.

Isolant thermique

Matériau isolant en plaques, en panneaux ou en rouleaux semi-rigides dont les caractéristiques thermiques permettent à la paroi verticale extérieure d'atteindre la résistance thermique prescrite.

Lame d'air ventilée

Espace libre ménagé en arrière du revêtement extérieur et devant un isolant, ou parement extérieur de la structure porteuse, pour permettre l'évacuation de l'humidité provenant d'infiltrations ou de condensations éventuelles. Des ouvertures en rive basse (entrée d'air) et en rive haute (sortie d'air) permettent la ventilation de la lame d'air.

Liteau

Élément en bois posé horizontalement, fixé mécaniquement sur l'ossature primaire, et support du parement extérieur, appelé ossature secondaire.

Organes de fixation

Sont appelés « organes de fixation » les éléments suivants : clous, vis, rivets, chevilles en plastique ou en métal et les ensembles cheville + vis.

Ossature

Ensemble du dispositif permettant de rapporter le parement extérieur sur la structure porteuse.

L'ossature primaire peut être composée de chevrons en bois ou de profilés métalliques (appelés par la suite « montants ») disposés verticalement. Ils sont fixés mécaniquement à la structure porteuse soit directement, soit à l'aide de pattes de fixation.

L'ossature primaire peut être complétée par une ossature horizontale (ossature secondaire : liteaux).

Patte de fixation

Élément métallique en forme de L (patte équerre), de U ou de T (étriers) permettant la fixation des montants d'ossature à la structure porteuse.

Revêtement extérieur

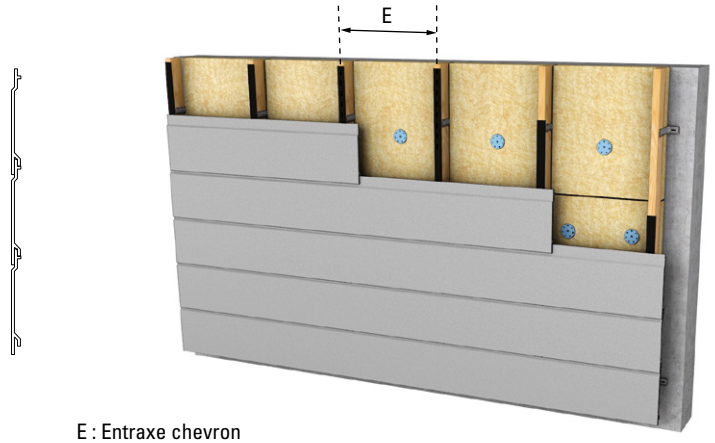
Parement extérieur visible du procédé du bardage rapporté, fixé mécaniquement sur l'ossature et constitué d'un des types d'élément suivants :

- clins PVC à fixations traversantes en partie haute et à emboîtements en partie basse (cf. figure 1) ;
- petits éléments de couverture :
  - ardoises naturelles conformes au NF DTU 40.11 (cf. figure 2),
  - ardoises en fibres-ciment conformes au NF DTU 40.13 (cf. figure 3),

Structure porteuse

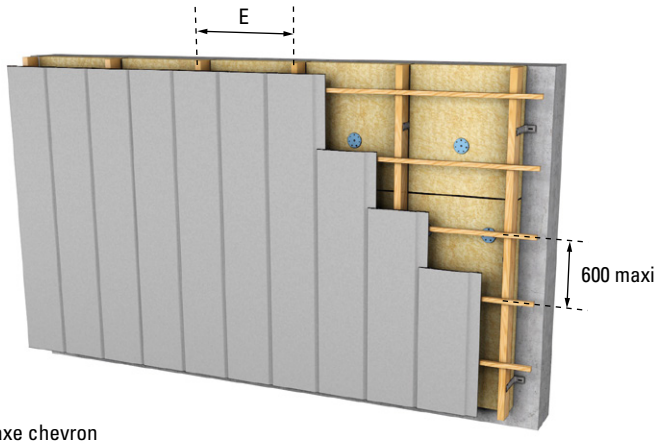
On appelle « structure porteuse » (ou gros œuvre) la structure sur laquelle le procédé de bardage rapporté va être mis en œuvre. Elle doit notamment assurer la stabilité du bâtiment et son étanchéité à l'air. Ne sont visées par ce document que les structures porteuses réalisées en béton et/ou en maçonneries de petits éléments.

Figure 1 **Exemple de bardage rapporté de clins PVC (cf. § 4.7.1) – pose horizontale**



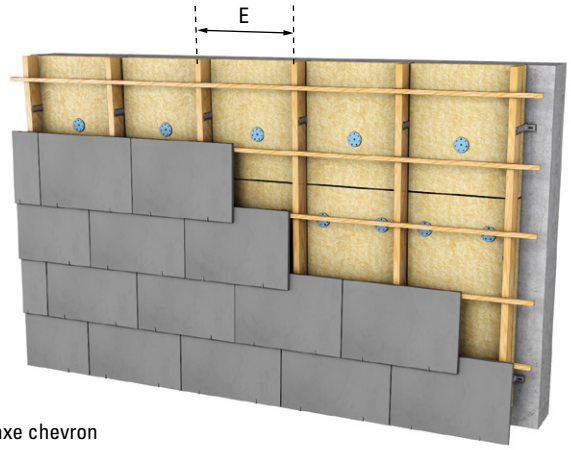
E : Entraxe chevron

Figure 2 Exemple de bardage rapporté de clins PVC (cf. § 4.7.1) – pose verticale



E : Entraxe chevron

Figure 3 Exemple de bardage rapporté de petits éléments de couverture



E : Entraxe chevron

4 COMPOSANTS

4 1 RÔLE DU BARDAGE RAPPORTÉ

Le bardage rapporté joue surtout un rôle dans la satisfaction d'une ou de plusieurs des exigences suivantes :

- l'aspect ;
- la protection contre les intempéries en participant à l'étanchéité à l'eau de l'ouvrage ;
- la contribution à l'isolation thermique ;
- la protection et la résistance aux chocs de conservation des performances.

Les différents composants d'un procédé de bardage rapporté sont :

- la structure porteuse ;
- les pattes de fixation ;
- l'isolant ;
- l'ossature ;
- le revêtement extérieur ;
- les organes de fixation.

4 2 STRUCTURE PORTEUSE

Le présent document vise la mise en œuvre des bardages rapportés sur les types suivants de structure de bâtiment :

- béton conforme aux NF DTU 21 et NF DTU 23.1 ;
- maçonneries d'éléments conformes au NF DTU 20.1 enduites conformément au NF DTU 26.1 (enduit obligatoirement côté extérieur s'il n'y a pas d'isolant extérieur ou si le mur est de type XIII).

En cas de structure existante, le maître d'ouvrage doit réaliser une étude préalable justifiant l'aptitude de cette structure à supporter le bardage rapporté (voir chapitre 6).

REMARQUE

Pour la pose d'un bardage rapporté sur une façade constituée de grands panneaux en béton préfabriqués conformes au NF DTU 22.1 « Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions de type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire », il est nécessaire de vérifier que l'étanchéité à l'air et à l'eau est bien assurée et de tenir compte dans le plan de calepinage de la présence des joints entre panneaux béton préfabriqués pour l'implantation des ossatures.

4 3 PATTES DE FIXATION

4.3.1 RÔLE DES PATTES DE FIXATION

Les pattes de fixation ont pour fonctions :

- de transférer le poids propre et les charges climatiques agissant sur le bardage rapporté, ainsi que les efforts éventuels dus à la dilatation de cet ouvrage, sur la paroi support en gros œuvre ;
- de permettre la création d'un espace suffisant entre la paroi en gros œuvre et la face arrière du revêtement pour disposer un isolant thermique et ménager une lame d'air ventilée ;
- de corriger les éventuels défauts du gros œuvre (planéité, verticalité, etc.) et ponter les éventuels défoncés ou saillies locales de la façade (allèges, chaînages, acrotères, etc.).

Compte tenu des dispositions prises à la mise en œuvre et des conditions d'emploi, les pattes de fixation doivent présenter :

- une durabilité suffisante ;
- une géométrie assurant une déformation limitée sous l'action des sollicitations transmises (poids propre, vent, séisme, dilatation) ;
- une conception permettant de corriger les imprécisions de pose des chevrons ou montants et permettant la dilatation de l'ossature du bardage rapporté ;
- des trous prépercés de diamètre adapté aux chevilles de fixation prévues pour la paroi support en gros œuvre et, éventuellement, pour la fixation des éléments de bardage (chevrons, profilés, rails, etc.).

4.3.2 GÉOMÉTRIE DES PATTES DE FIXATION

Les pattes de fixation sont généralement du type cornière en L. Elles sont obtenues par pliage et peuvent, en cas d'emploi de métal relativement mince, être renforcées par estampage d'une ou de deux nervures en angle ou par un gousset rapporté.

La petite branche de L constitue l'aile d'appui sur la paroi support du bardage rapporté, et la grande branche, l'aile d'appui sur le chevron ou montant. Cette grande aile peut être fixe ou réglable. Lorsqu'elle est réglable, elle est constituée de deux parties coulissant l'une sur l'autre selon une course guidée, les deux parties étant associées par boulonnage (Figure 4).

Pour les profilés tubulaires carrés ou en forme de U, des pattes de fixation en forme d'étrier sont mieux adaptées. Ces pattes peuvent être façonnées par pliage lorsqu'elles sont en acier (inoxydable ou galvanisé), mais elles sont le plus souvent débitées dans des profilés en alliage d'aluminium.

Figure 4 **Exemples des formes des pattes de fixation**

4.3.3 NATURE DU MÉTAL

Les pattes de fixation des chevrons ou montants à la structure porteuse sont en alliage métallique durable par lui-même (acier inoxydable, acier galvanisé, alliage d'aluminium) :

- acier : les pattes sont usuellement en acier à bas carbone selon la norme NF EN 10346 ;

  La nuance minimale de l'acier est S 220 GD conformément à la norme NF EN 10 346.

- aluminium : l'alliage utilisé doit être exempt de cuivre ou en contenir moins de 1 %. Par ailleurs, il est nécessaire de vérifier la compatibilité électrolytique des pattes avec les fixations (*cf.* norme NF E25-032, annexe A), avec les essences de bois choisies ainsi qu'avec un éventuel produit de préservation ;

  Les alliages d'aluminium sont issus de la série 3000 au minimum et présentent une limite d'élasticité Rp 0,2 supérieure à 110 MPa.

- acier inoxydable : il doit être de la nuance minimale X5CrNi18-10 selon la norme NF EN 10088-2.

En bordure de mer (laquelle comprend le littoral sur une profondeur de 3 km), l'emploi de pattes de fixation en métal durable est nécessaire.

4.3.4 TRAITEMENT DE PROTECTION DU MÉTAL

Les pattes en acier sont protégées par galvanisation. La protection est apportée :

- soit par l'emploi de tôles galvanisées par immersion à chaud
- soit par immersion dans le zinc fondu (galvanisation par trempage à chaud)

On se reportera à la norme NF P24-351 pour définir le niveau de protection (Z275 ou plus) selon la sévérité des expositions, en considérant que de par leur position à l'intérieur de l'ouvrage, les pattes sont situées en atmosphères extérieures protégées et ventilées (notées E21 à E29 dans la norme NF P24-351 précitée).

Galvanisation à chaud

Les revêtements obtenus par galvanisation, par immersion dans le zinc fondu (galvanisation à chaud) sur produits finis ou semi-finis doivent satisfaire à la norme NF EN ISO 1461.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 30 de l'annexe F.

Les formages ultérieurs sur produits semi-finis, par exemple par profilage aux galets ou pliage à la presse, ne doivent pas détériorer la protection.

Revêtements de zinc (galvanisation) par immersion à chaud en continu (tôles et bandes) sans peinture de finition

Les produits obtenus par galvanisation à chaud en continu de tôles et bandes doivent satisfaire à l'une des normes suivantes : NF EN 10346 ou NF P 34-310.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 31 de l'annexe F.

NOTE

La norme NF P 34-310 donne des informations utiles sur la galvanisation à chaud.

4.3.5 FICHE TECHNIQUE

Les pattes de fixation font l'objet d'une fiche technique établie par le fabricant de pattes. Cette fiche indique les caractéristiques de l'alliage utilisé et les caractéristiques géométriques des pattes.

De plus, cette fiche indique les performances des pattes de fixation vis-à-vis des efforts de vent et les charges de service de poids propre de bardage en fonction de la longueur de la patte. Ces performances sont déterminées selon les essais décrits dans l'Annexe A.

4 4 CHEVILLES

Les chevilles pouvant être utilisées pour la fixation des pattes de fixation pour bardage rapporté sont :

- sur paroi support béton, des :
  - chevilles mécaniques à expansion ou à verrouillage de forme à l'exception des vis à béton ;
  - chevilles chimiques.
- sur paroi support en maçonnerie de petits éléments, des :
  - chevilles plastiques ;
  - chevilles chimiques.

Les chevilles devront être dimensionnées selon la NF EN 1992-4 en se basant sur leurs performances F_{rk}, N_{rk}, V_{rk} et γ_M précisées dans la spécification technique européenne citée en Annexe E de la NF EN 1992-4.

NOTE

Lorsque le fabricant a établi une Evaluation Technique Européenne (ETE) selon les documents d'évaluation européenne suivants DEE 330076-00-0604, DEE 330232-00-0601 ou DEE 330499-00-0601 pour le support béton et selon DEE 330076-00-0604 ou DEE 330076-00-0604 pour les supports maçonnés, il faudra vérifier dans l'ETE, la présence des caractéristiques Frk, Nrk, Vrk et γM des chevilles.

Les chevilles en acier zingué peuvent convenir lorsqu'elles sont protégées par un isolant pour les emplois en atmosphère protégée rural non polluées, urbaines et industrielles normales ou sévères. Pour les autres atmosphères, les chevilles en acier inoxydable A4 doivent être utilisées.

Figure 5 Différents types de cheville

4 5 ISOLANT

4.5.1 GÉNÉRALITÉS

L'isolant assure une ou plusieurs des fonctions suivantes :

- isolation thermique ;
- isolation acoustique ;
- protection incendie.

Il doit satisfaire aux dispositions de la réglementation incendie (Instruction technique n° 249 relative aux façades, notamment).

Les produits utilisés sont des panneaux ou des rouleaux de laine minérale semi-rigide ou rigide et des isolants en plaques rigides comme les panneaux de polystyrène expansé, les panneaux de polystyrène extrudé ou les panneaux de polyuréthane.

REMARQUE

! D'autres types d'isolant peuvent être envisagés : ils doivent faire l'objet d'une évaluation dans le cadre de la procédure de l'Avis Technique, ou, s'ils sont sous norme européenne harmonisée, de Document Technique d'Application.

Les Documents Particuliers de Marché précisent les conditions d'acceptation des isolants sur chantier.

4.5.2 ISOLANTS À BASE DE LAINE MINÉRALE

Les isolants à base de laine minérale doivent être conformes à la norme NF EN 13162.

Les panneaux ou les rouleaux de laine minérale doivent attester des niveaux suivants :

- WS, ce qui correspond au critère d'absorption à court terme (24 heures) par immersion partielle Wp < 1,0 kg/m^2 selon la norme EN 1609 – Méthode A ;

- Minimum « isolant semi-rigide » pour l'épaisseur concernée ou, à défaut, TR50, ce qui correspond au critère de résistance en traction s_{mt} > 50 kPa selon la norme EN 1607.

NOTE

Le classement WL (P) ne se substitue pas au classement WS.

NOTE

Les isolants à base de laine minérale bénéficiant d'une certification ACERMI avec un classement WS et l'indication « isolant semi-rigide » peuvent être acceptés sans conditions particulières d'acceptation sur chantier.

4.5.3 ISOLANTS À BASE DE PLASTIQUES ALVÉOLAIRES NORMALISÉS

Des isolants en plaques rigides (panneaux de polystyrène expansé moulé, panneaux de polystyrène extrudé, panneaux de polyuréthane, etc.) peuvent être employés à condition que :

- les défauts de planéité du support (désaffleurements, balèvres, bosses et irrégularités diverses) ne soient pas supérieurs à 5 mm sous la règle de 20 cm, et à 10 mm sous la règle de 2 m ;
- les éventuelles lames d'air parasites en partie arrière des panneaux d'isolant ne doivent pas communiquer avec l'extérieur ;
- la conception de l'ossature et des fixations le permette, compte tenu de la rigidité des panneaux.

Les plaques de polystyrène expansé doivent être conformes à la norme NF EN 13163.

Les isolants en plaques de polystyrène extrudé doivent être conformes à la norme NF EN 13164.

Les isolants en plaques de polyuréthane rigide doivent être conformes à la norme NF EN 13165.

NOTE

Les isolants bénéficiant d'une certification ACERMI peuvent être acceptés sans conditions particulières d'acceptation sur chantier.
Le classement ISOLE minimal des isolants mis en œuvre en bardage rapporté est : $I_1\ S_1\ O_2\ L_2\ E_1$
Avec O_2 pour isolant non hydrophile et L_2 pour isolant semi-rigide.
Les plastiques alvéolaires sont réputés satisfaire intrinsèquement au niveau L_2 et O_2 du classement ISOLE.

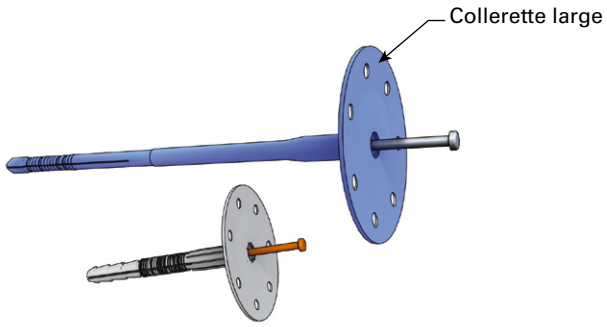
4.5.4 ORGANES DE FIXATION DE L'ISOLANT SUR LA STRUCTURE PORTEUSE

La fixation de l'isolant sur le support doit s'effectuer conformément aux prescriptions du fabricant de l'isolant. Les organes de fixation peuvent être spécifiques à la nature de l'isolant à fixer. Les plus couramment utilisés sont :

4.5.4.1 CHEVILLES ÉTOILES

Ce sont des organes de fixation moulés en matière plastique présentant une collerette large, généralement étoilée ou ajourée (en matière plastique ou en métal). Le diamètre de cette collerette est ≥ 80 mm pour la fixation des laines minérales semi-rigides et ≥ 50 mm pour les panneaux rigides (mousse alvéolaire ou laine minérale). Ces chevilles existent avec ou sans clou d'expansion.

Figure 6 **Chevilles étoiles pour fixation d'isolant**



4.5.4.2 ÉQUERRES À DENTS

Elles sont obtenues par pliage, dont l'angle est très légèrement supérieur à l'angle droit afin d'assurer une certaine pression sur l'isolant. Elles sont fabriquées en tôle d'acier d'épaisseur ≥ 5/10^{e} mm, galvanisé de classe au moins égale à Z 275 (selon la norme NF A36-321). Certains types d'équerre à dents sont en forme de râteau à clipper sur les pattes de fixation des chevrons ou montants.

4 6 OSSATURES

4.6.1 DÉFINITION

On appelle « ossature » l'ensemble du dispositif permettant de rapporter le parement extérieur sur la structure porteuse. Le type d'ossature utilisé est celui constitué de chevrons en bois ou montants métalliques disposés en réseau vertical.

Ces montants peuvent être solidarisés à la structure porteuse soit par fixation directe, soit, le plus souvent, à l'aide de pattes de fixation qui permettent un réglage d'adaptation pour obtenir la planéité du parement, compte tenu des tolérances et des irrégularités plus ou moins importantes du gros œuvre.

Pour la pose verticale des clins PVC et des petits éléments de couverture, des liteaux horizontaux compléteront l'ossature primaire constituée par les chevrons.

Lorsque l'ossature est constituée d'une simple ossature primaire, il s'agit d'une ossature simple réseau.

Lorsqu'elle comporte une ossature primaire et une ossature secondaire, il s'agit d'une ossature double réseau.

Les revêtements extérieurs sont fixés directement sur l'ossature.

4.6.2 RAPPEL DES EXIGENCES

Compte tenu des dispositions prises à la mise en œuvre et des conditions d'emploi, les montants doivent présenter :

- une durabilité suffisante ;
- une section assurant :
  - une déformabilité sans conséquence préjudiciable sous l'action des agents climatiques (hygrothermique, vent),
  - une largeur « vue » (face avant des chevrons ou montants) correctement adaptée au dimensionnement et à la position des fixations des revêtements extérieurs et des liteaux éventuels.

De plus, les fixations des parements à l'ossature et le mode de liaisonnement de l'ossature à la structure porteuse doivent être aptes à reprendre le poids propre du bardage.

4.6.3 OSSATURE BOIS

4.6.3.1 DURABILITÉ

Nature du bois

Les chevrons (le plus souvent en sapin, épicéa ou en pin) doivent présenter les caractéristiques minimales suivantes :

- une durabilité naturelle ou conférée correspondant à la classe d'emploi 2 ou 3b selon le fascicule de documentation FD P20-651 ;
- un classement mécanique correspondant à la classe C18 selon la norme NF EN 338.

Au moment de leur mise en œuvre, les chevrons et les liteaux en bois devront avoir une humidité cible maximale de 18 %, avec un écart entre deux éléments au maximum de 4 %. Le taux d'humidité des éléments doit être déterminé selon la méthode décrite par la norme NF EN 13183-2 (avec un humidimètre à pointe).

Dispositions de protection des chevrons

Dans le cas où les bois d'ossature seraient soumis aux projections et/ou ruissellement des eaux de pluie (notamment aux jonctions de clins en pose horizontale), les chevrons devront alors être protégés par une bande de protection et/ou être de durabilité naturelle ou conférée au minimum en classe d'emploi 3b.

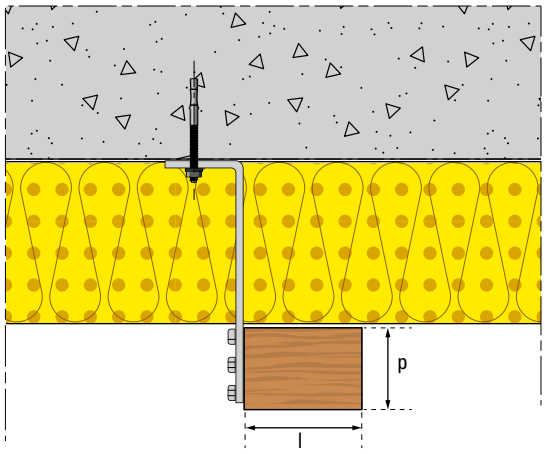
REMARQUE

La situation du bois en œuvre et les risques biologiques correspondant aux classes d'emploi 2 et 3b sont précisés dans le fascicule FD P20-601.
Les stations de traitement doivent, sur demande, fournir un certificat de traitement des bois traités (cf. NF B 50 105-3).
La satisfaction des exigences fonctionnelles ou réglementaires ne nécessite pas d'autres traitements de préservation.
Les bois doivent être livrés secs de traitement.

4.6.3.2 SECTION DES CHEVRONS

La section des chevrons est une section rectangulaire définie selon la (Figure 7) :

Figure 7 **Définition de la section d'un chevron**



l : largeur vue du chevron

p : profondeur du chevron

Cette section dont :

- l'élancement transversal *e* est égal à *p/l* pour éviter le vrillage des bois, l'élancement transversal *e = p/l* devra être compris entre 0,5 et 2 ;
- le moment d'inertie *I* est égal à (l x p^3/12) en cm^4, au regard des actions du vent perpendiculaires à le parement de bardage rapporté, il doit répondre à un certain nombre de conditions :
  - pour ce qui concerne la largeur vue l, celle-ci doit permettre un appui et une fixation suffisants compte tenu des éléments qu'elle aura à supporter (éléments de parement ou réseau de liteaux) et des gardes aux bords à respecter et des tolérances de pose,
  - dans le cas où le joint vertical entre deux éléments est prévu au droit d'un chevron (Figure 8), cette largeur l doit permettre :

  l'ouverture *j* du joint entre éléments,

  une distance *d* suffisante entre l'axe des fixations de l'élément et le bord de l'élément.

  une garde *g* suffisante entre l'axe des fixations de l'élément et le flanc du chevron. Cette garde est au moins égale à :

$$g = n\ \emptyset \text{ mm}$$

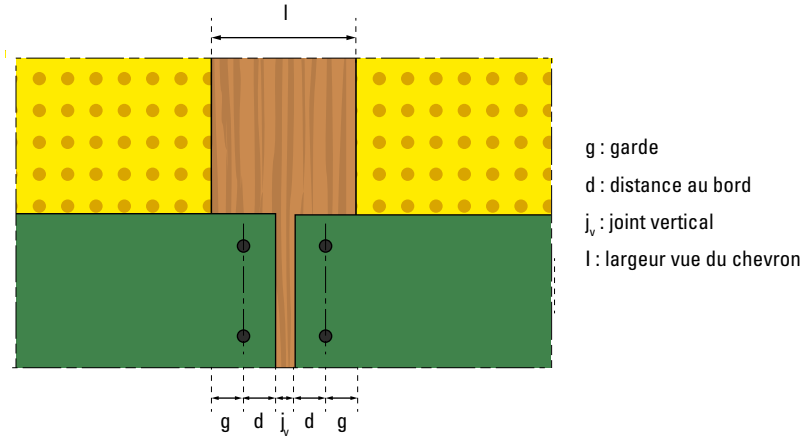
où :

n = 5 dans le cas des clous et des pointes

n = 3 dans le cas des vis à bois

Ø est le diamètre nominal de la fixation.

Figure 8 **Joint vertical entre deux éléments de parement prévus au droit d'un chevron**



D'où une largeur vue *l* du chevron égale à :

$$l = 2g + 2d + j_v$$

Compte tenu de la largeur vue l retenue, la profondeur p du chevron doit être choisie afin que la flèche prise en pression ou en dépression sous vent de site W50, soit inférieure au 1/167e de la portée entre fixations du chevron à la structure porteuse.

REMARQUE

Lorsque la nature de la structure porteuse impose l'entraxe des fixations, la profondeur du chevron est fonction de cet entraxe. Inversement, lorsque la section du chevron est imposée, l'entraxe des fixations est fonction de cette section.
La non-prise en compte de l'équilibrage des pressions sur les faces du parement extérieur, en cas de parements perméables à l'air, conduit à une marge de sécurité vis-à-vis de cette exigence.

4.6.3.3 BANDE DE PROTECTION

Comme indiqué § 4.6.3.1, les parements de bardage à joints laissés ouverts nécessitent des bois d'ossature de classe d'emploi 3b. En cas de classe d'emploi 2 seulement, la face avant des chevrons devra être protégée complètement (sur toute sa hauteur) des projections et/ou du ruissellement des eaux de pluie par une bande de protection.

Cette bande, qui peut être réalisée dans divers matériaux, doit être mince, imperméable, durable.

Pratiquement, cette bande de protection est constituée :

- soit par une bande EPDM débordant de 10 mm de part et d'autre du chevron ;
- soit par une bande de PVC souple non débordante (uniquement lorsque les joints horizontaux sont fermés), d'épaisseur environ 1 mm comportant une ou deux lèvres de part et d'autre de son axe de symétrie et spécialement extrudée pour cet emploi. La fermeture du joint horizontal peut être obtenue par la mise en place d'un profilé horizontal (profilé « chaise », par exemple) ;
- soit par un feuillard en aluminium laqué débordant de 10 mm de part et d'autre du chevron ;

La bande EPDM doit être continue y compris au droit du fractionnement des chevrons et du joint ouvert entre parements, ou recouvrir la tête de chevron inférieur au droit de ce fractionnement et de ce joint.

4.6.3.4 LITEAUX

Les liteaux sont en bois.

L'utilisation des lisses métalliques n'est pas visée dans ce document.

Nature des bois

Les liteaux utilisés ne doivent pas présenter de défauts susceptibles de réduire gravement leur résistance. Sont prohibés, en particulier :

- les altérations biologiques (dues aux champignons et aux insectes) autres que le bleuissement et les piqûres noires ;
- les défauts localisés (nœuds, flaches, poches de résine, etc.) qui, de manière isolée ou regroupés en une même section, réduiraient de plus d'un quart la surface de la section considérée ;
- les pentes générales de fils supérieures à 12 % par rapport à l'axe géométrique de la pièce.

Par ailleurs, les liteaux ne doivent pas comporter de nœuds dont le diamètre est supérieur à 1/3 des deux dimensions de la section du liteau, et leur masse volumique moyenne doit être supérieure à 380 kg/m^3.

Lors de la livraison, le taux d'humidité des bois doit être au plus égal à 20 % en poids.

Traitement de préservation des bois

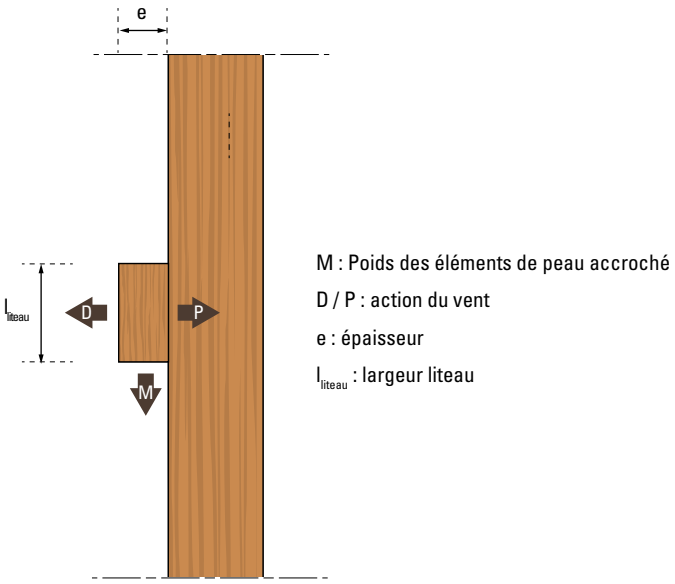
À l'instar des bois de chevron, les bois de liteau doivent satisfaire aux conditions de durabilité naturelle ou conférée correspondant au minimum à la classe d'emploi 2 selon le fascicule de documentation FD 20-601 dans la mesure où le bardage est à joints fermés. Sinon, la classe d'emploi des liteaux est 3b.

Dimensions

L'épaisseur des liteaux est de 22 mm au minimum pour un entraxe de chevrons inférieur ou égal à 400 mm, et de 27 mm pour un entraxe de chevrons supérieur à 400 mm et inférieur ou égal à 600 mm.

La section des liteaux en bois est usuellement une section rectangulaire, auquel cas elle est définie comme précisé (Figure 9) :

Figure 9 Section des liteaux



Le moment d'inertie de cette section :

- par rapport aux charges horizontales dues au vent, est égal à :

$$I = l \times e^3/12$$

- par rapport aux charges verticales dues au poids supporté, est égal à :

$$I = e \times l^3/12.$$

La section des liteaux doit être telle que :

- sous la charge permanente due au poids des éléments de parement que le liteau supporte, la flèche prise entre les fixations sur chevron soit au plus égale à 1/250^{e} de la portée entre les axes de fixation ;
- sous les pressions de vent W_{ELS} (cf. Annexe D), la flèche prise entre les appuis sur chevron soit au plus égale à 1/83ème de la portée entre axes des fixations sur les chevrons ;
- l'épaisseur *e* soit adaptée pour recevoir les crochets (cas de la pose aux crochets des éléments de parement) ou puisse permettre l'ancrage des fixations des éléments sans déboucher (cas de la pose clouée ou de la pose vissée des éléments de parement).

REMARQUE

En cas de parement extérieur en petits éléments (ardoises) et d'entraxe maximal des chevrons égal à 60 cm, la section usuelle des liteaux est *l* x *e* = 40 x 14 mm.

4.6.4 OSSATURE MÉTALLIQUE

4.6.4.1 PRINCIPES DE CONCEPTION

Stabilité d'ensemble

L'ossature doit rester stable sous l'effet des sollicitations de vent et des charges permanentes.

Pour la reprise des dilatations, l'ossature sera de conception bridée ou librement dilatable. Dans le cas d'une conception bridée, la longueur sera limitée à 3 m lorsque l'ossature est en aluminium et 6 m dans le cas où elle est en acier.

L'ossature sera conçue de façon à rendre les effets de déversement, torsion, et voilement négligeables.

Déformations

Les déformations doivent rester dans des limites admissibles fixées par les conditions d'emploi (rapport « flèche / portée » au plus égales à 1/167[e]).

Variations dimensionnelles

La prise en compte des lois physiques appliquées aux phénomènes de dilatation doit conduire à une conception permettant d'assurer une libre dilatation des profilés dans le cas des ossatures librement dilatables (cf. § 7.7.2.5 JOINTS DE FRACTIONNEMENT), ou tout au moins de limiter convenablement les contraintes et/ou les déformations résultant d'un montage dans lequel les mouvements seraient plus ou moins bridés.

Les coefficients de dilatation retenus sont :

- pour l'acier : 12.10^{-6} m/m.K ;
- pour les alliages d'aluminium : 23.10^{-6} m/m.K.

REMARQUE

! La pratique montre qu'une prévision de variation dimensionnelle de + 1 mm par mètre pour l'aluminium et de + 0,5 mm par mètre pour l'acier est suffisante.

4.6.4.2 PROFILÉS D'OSSATURE

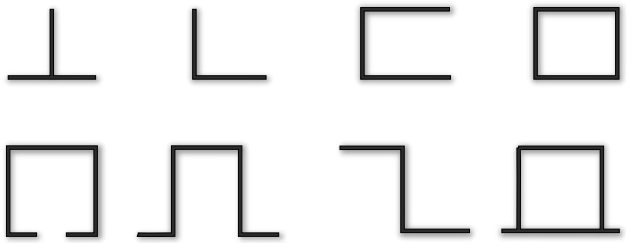
Section des profilés

La forme sera choisie en fonction de la facilité avec laquelle elle permettra l'adaptation des revêtements ou du réseau de liteaux horizontaux.

Les sections courantes sont indiquées sur la Figure 10.

La section caractérisée par la largeur vue *l* et la profondeur *p* doit répondre à un certain nombre de conditions.

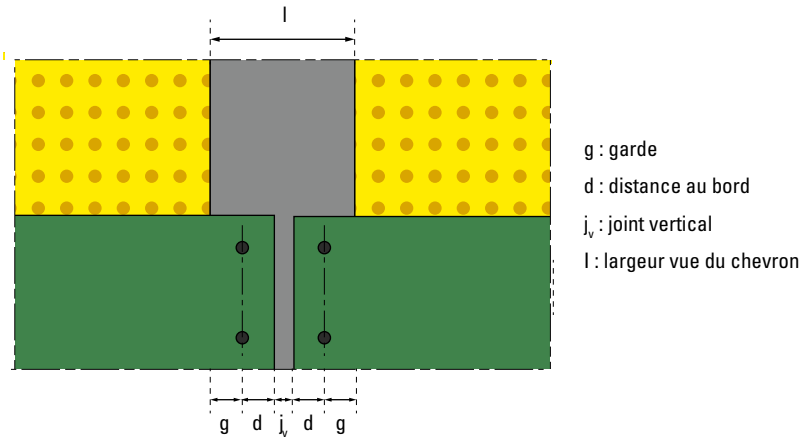
Figure 10 **Différentes formes de profilé métallique**



En ce qui concerne la largeur vue *l*, celle-ci, dans le cas où le joint vertical entre deux éléments est prévu au droit d'un profilé porteur, doit permettre :

- l'ouverture j_v du joint entre éléments ;
- une distance *d* suffisante entre l'axe des fixations de l'élément et le bord de l'élément ;
- une garde *g* suffisante entre l'axe des fixations de l'élément et le bord du profilé. Cette garde minimale est au moins égale de 1,5 fois à 2 fois le diamètre nominal de la fixation. Se reporter selon la nature du métal aux NF DTU P22-702 (règles AL) et NF DTU P22-701 CM 66 ou à l'Eurocode 3 (NF P22-311) et au § 2.2.4.2.1.

Figure 11 **Joint vertical. Largeur d'appui sur ossature métallique**



D'où une largeur vue *l* du chevron égale à :

$$l = 2g + 2d + j_v$$

REMARQUE

Compte tenu de la largeur vue *l* retenue, l'inertie du profilé doit être choisie afin que la flèche prise en pression ou en dépression sous vent de site W_{50} (cf. Annexe D) soit inférieure au 1/167^{e} de la portée entre fixations du profilé à la structure porteuse.
Dans le cas de fixation du revêtement extérieur par vis, l'épaisseur minimale des profilés métalliques est de :
– 1,5 mm pour l'acier ;
– 2,5 mm pour l'aluminium.

Durabilité

Nature du métal

Les profilés sont réalisés à partir des produits ou demi-produits ci-après.

Profilés en acier

- profilés laminés à chaud : la nature de l'acier est conforme aux spécifications de la norme NF EN 10025, la géométrie est conforme aux spécifications des normes françaises applicables dont l'indice de classement appartient à la série A45 ;
- profilés formés à partir de tôles : les tôles utilisées pour la fabrication des profilés doivent être conformes aux spécifications des différentes normes françaises applicables dont l'indice de classement appartient à la série A36 (normes de produit) ou à la série A46 (normes de tolérances dimensionnelles).

Profilés en aluminium ou alliages

Les alliages d'aluminium utilisés sont caractérisés par l'absence de cuivre ou par une teneur en cuivre inférieure à 1 %.

- profilés filés : les caractéristiques de ces produits (généralement issus de la série 6000) sont conformes à la norme NF EN 755-2 et les tolérances sur dimensions sont conformes à la norme expérimentale NF EN 755-9 ;
- profilés formés à partir de laminés : dans le cas de produits formés à partir de tôles et bandes prélaquées, les caractéristiques sont conformes à la norme NF EN 1396 complétée par le Cahier du CSTB 3812 de septembre 2019.

Les alliages d'aluminium sont issus de la série 3000 au minimum et présentent une limite d'élasticité Rp 0,2 supérieure à 110 MPa.

Profilés en acier inoxydable

Les principales nuances d'acier inoxydable, selon la NF EN 10088-2, à utiliser conformément aux spécifications de la norme NF P24-351 (reprises dans l'Annexe F de ce document) sont les suivantes :

- acier austénitique au chrome nickel X5 Cr Ni 18-10 ;
- acier inoxydable au chrome-nickel-molybdène X2 Cr Ni Mo 17-12-2.

Protection

La protection contre la corrosion des montants métalliques doit être réalisée selon l'Annexe F de ce document.

4.7 PAREMENTS

4.7.1 CLINS PVC

Les profilés en PVC-U ou PVC-UE doivent être conformes à la norme NF EN 13245-2 pour une utilisation à l'extérieur et doivent avoir une hauteur maximale de 250 mm et une longueur maximale de 5 m.

Les conditions d'acceptation des clins livrés sur chantier sont décrites en Annexe C.

NOTE

La marque de qualité QB15 relative aux « Produits de bardages rapportés, vêtures et vêtages et habillages de sous-toiture », apposée sur les clins, dispense de la vérification des critères exigés et certifie de la conformité.

4.7.2 PETITS ÉLÉMENTS DE COUVERTURE

4.7.2.1 ARDOISES NATURELLES CONFORMES AU NF DTU 40.11

Les ardoises naturelles utilisées en toiture doivent être conformes à la NF EN 12326-1 et aux exigences complémentaires suivantes mesurées selon la NF EN 12326-2 :

- La teneur en carbone non carbonaté est inférieure ou égale à 2 % ;
- L'ardoise est classée W1 (≤ 0,6 %) pour le taux d'absorption d'eau ;
- L'ardoise est classée T1 pour le cycle thermique ;
- L'ardoise est classée S1 pour l'exposition au dioxyde de soufre.

NOTE

Ces critères doivent permettre d'assurer une bonne tenue de l'ouvrage d'un point de vue du clos et du couvert. Ils ne préjugent pas des éventuelles coulures ou changement de teinte ou d'aspect de l'ardoise naturelle.

NOTE

La marque de qualité NF Ardoises naturelles, apposée sur les ardoises, dispense de la vérification des critères exigés et certifie de la conformité.

Épaisseur

L'épaisseur est déterminée selon les dispositions du § 8 de la norme NF EN 12326-2. Elle ne doit pas être inférieure à 2,0 mm.

Les mesures d'épaisseur individuelle doivent se trouver dans les limites déclarées, qui ne doivent pas dépasser ± 25 % de l'épaisseur minimale déclarée. L'épaisseur individuelle de base est calculée selon l'Annexe B de la norme NF EN 12326-1, en utilisant la valeur X = 1 pour le sens transversal et X = 1 pour le sens longitudinal.

L'épaisseur individuelle des ardoises est déterminée selon le § 8.2 de la norme NF EN 12326-2, comme la moyenne de 4 mesures d'épaisseur.

L'écart relatif entre les 4 valeurs individuelles doit être :

- inférieur à 15 % pour les ardoises d'épaisseur nominale < 4,5 mm ;
- inférieur à 20 % pour les ardoises d'épaisseur nominale ≥ 4,5 mm.

Absorption d'eau

L'essai est réalisé selon le § 11 de la norme NF EN 12326-2.

L'absorption d'eau doit être inférieure ou égale à 0,4 %.

Essai de cycle thermique

L'essai est réalisé selon le § 15 de la norme NF EN 12326-2.

Seul le code T1 est retenu dans le cadre de la marque NF.

Suite à l'essai, il ne doit pas être observé :

- de changement d'aspect ;
- de changement de couleur des inclusions métalliques affectant la structure ou la forme des tâches de décoloration.

Teneur en carbonate de calcium

L'essai est réalisé selon le § 13 de la norme NF EN 12326-2.

La teneur en carbonate de calcium ne doit pas être supérieure à la limite supérieure déclarée par le fabricant (limite qui doit être inférieure ou égale à 1,5 %).

Essai d'exposition au dioxyde de soufre

L'essai est réalisé selon le § 14 de la norme NF EN 12326-2.

Après examen des éprouvettes à l'œil nu, il ne doit pas être décelé de gonflements, ramollissements, délitements ou fissures sur les tranches ou écaillages superficiels. Seules les ardoises répondant au code S1 sont retenues.

Teneur en carbone non carbonaté

L'essai est réalisé selon le § 13 de la norme NF EN 12326-2.

La teneur en carbone non carbonaté des ardoises de couverture doit être inférieure à 1,5 %.

Défauts

Après examen macroscopique d'ardoises entières, il ne doit pas être mis en évidence de fissures ouvertes ou rebouchées, ni de jointures ou défauts.

Dimensions

Longueur et largeur (selon le § 5 de la norme NF EN 12326-2)

Les dimensions des ardoises rectangulaires ne doivent pas changer de plus de ± 3 mm par rapport à la longueur ou à la largeur déclarée par le fabricant.

Rectitude des bords (selon le § 6 de la norme NF EN 12326-2)

L'écart de rectitude de l'un ou l'autre des grands côtés des ardoises rectangulaires ne doit pas dépasser les limites suivantes :

- pour les ardoises ne dépassant pas 300 mm de longueur, l'écart ne doit pas excéder 3,0 mm ;
- pour les ardoises dépassant 300 mm, l'équerrage de longueur ne doit pas excéder 1 % de la longueur.

Ecart de planéité (selon le § 9 de la norme NF EN 12326-2)

Les ardoises rectangulaires à usage normal ne doivent pas présenter d'écart de planéité supérieur au pourcentage du (Tableau 1) :

Tableau 1 **Écart de planéité en fonction du type d'ardoise selon la norme NF EN 12326-2**

Type d'ardoises	Ecart en pourcentage de la longueur
Très lisse	< 0,9 %
Lisse	< 1,0 %
Normale	< 1,5 %
Rugueuse	< 2,0 %

Spécifications de la norme NF P 32-301

Masse volumique

Les ardoises doivent avoir une masse volumique (déterminée selon le § 4.21 de la norme NF P 32-301) au moins égale à 2,6 g/cm^3.

Résistance à la flexion

Les résultats des essais de résistance à la flexion effectués selon le § 10 de la norme NF EN 12326-2 doivent satisfaire les exigences du § 2.3.1 de la norme NF P 32-301.

Inclusions métalliques

Les inclusions métalliques oxydables ne sont admises que pour les ardoises destinées à être posées sur trois épaisseurs à pureau entier, à la condition que celles-ci ne contiennent pas d'inclusions métalliques oxydables sous forme de grains ou de bandes les traversant dans la zone définie au § 2.4.1.2 de la norme NF P 32-301.

4.7.2.2 ARDOISES EN FIBRES-CIMENT CONFORMES AU NF DTU 40.13

Les ardoises en fibres-ciment doivent répondre aux caractéristiques de la norme NF EN 492 de novembre 2012 et être de classes A ou B ou BS au sens de cette norme.

Les conditions d'acceptation des ardoises livrées sur chantier sont décrites en Annexe C.

NOTE

La marque de qualité QB17 relative aux ardoises en fibres-ciment, apposée sur les ardoises, dispense de la vérification des critères exigés et certifie de la conformité.

4 8 FIXATION DES PAREMENTS

Les fixations des éléments de parement sur l'ossature de bardage rapporté sont déterminées par le type, le poids et la forme de ces éléments. Le nombre et le type des ancrages (pattes de fixation) dépendent des dimensions des éléments du parement et des sollicitations combinées du poids propre du parement et des efforts exercés sur l'élément par le vent et, dans certains cas, par le séisme.

4.8.1 FIXATIONS POUR CLINS PVC

La fixation des clins PVC se fait par :

- clous annelés en acier inoxydable A4 : Ø2,2 x 30 mm avec un Ø de tête de 4,8 mm minimum ;
- ou par vis en acier inoxydable A2 : Ø4,8 x 40 mm avec un Ø de tête de 7 mm minimum.

4.8.2 FIXATIONS POUR PETITS ÉLÉMENTS DE COUVERTURE

4.8.2.1 ARDOISES NATURELLES CONFORMES AU NF DTU 40.11

Les ardoises naturelles sont fixées par crochets à agrafe ou à pointe en acier inoxydable ou galvanisé ou par clous « à ardoise » (dits « clous à tête large ») en acier galvanisé, en acier inoxydable ou en cuivre avec une tige cylindrique ou carrée pour ces deux derniers. Les crochets et les clous doivent être conformes au CGM du NF DTU 40.13.

4.8.2.2 ARDOISES EN FIBRES-CIMENT CONFORMES AU NF DTU 40.13

Le type, la dimension et la nature des fixations des ardoises en fibres-ciment doivent être conformes au CGM du NF DTU 40.13. L'annexe A du NF DTU 40.13 précise le choix de la nuance de fil des crochets des ardoises en fibres-ciment et des clous apparents en fonction de l'atmosphère extérieure.

5 PRINCIPES DE CONCEPTION

5 1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

Outre son rôle esthétique, la fonction technique du parement est d'améliorer la durabilité du mur support en béton ou en maçonnerie et de protéger l'isolant thermique de façon à pérenniser la qualité thermique requise du bâtiment.

5 2 RÉSISTANCE AU VENT

5.2.1 SOLLICITATIONS À PRENDRE EN COMPTE

L'Annexe D explicite comment sont déterminées les sollicitations au vent selon l'Eurocode 1 et son annexe nationale.

CONSEILS

Pour valider la pose d'un système de bardage rapporté dans une configuration donnée (région, catégorie de terrain, hauteur de bâtiment, localisation sur la façade [partie courante ou rive]), il conviendra de s'assurer que les performances tabulées ci-dessous (ou déterminées par calcul ou essai) sont supérieures aux valeurs en dépression indiquées dans le (Tableau 22) de l'Annexe D.
L'inégalité à satisfaire est la suivante :

$$W_{ELS} / C_{eq} \geq W_{50} \times C_{pe}$$

avec :
W_{ELS} : dépression à la ruine affectée d'un coefficient de 3 ;
C_{eq} : coefficient d'équilibrage des pressions dépendant de la nature du bardage et des joints, fermés ou ouverts (cf. Annexe D, Tableau 23) ;
W_{50} : vent caractéristique calculé selon une période de retour de cinquante ans selon l'Eurocode 1991-1-4 ;
C_{pe} : coefficient de pression dépendant de la localisation sur la façade (partie courante ou rive).

Les valeurs données au tableau 2 correspondent à WELS / Ceq.

5.2.2 CAS DES BARDAGES EN CLINS PVC

Les performances au vent des bardages en clins PVC sont données tableau 2 en fonction de la hauteur des clins :

Tableau 2 **Performances au vent W_{ELS} / C_{eq} des clins PVC**

Hauteur des clins PVC (mm)	Entraxe des chevrons (mm)		
	600	500	400
100	> 3 000 Pa	> 3 000 Pa	> 3 000 Pa
125	2 400 Pa	2 700 Pa	> 3 000 Pa
150	1 800 Pa	2 100 Pa	2 700 Pa
250	1 170 Pa	1 440 Pa	1 480 Pa

5.2.3 CAS DES BARDAGES EN PETITS ÉLÉMENTS DE COUVERTURE

5.2.3.1 ARDOISES NATURELLES CONFORMES AU NF DTU 40.11

La pose se fait selon le NF DTU 40.11 « Couvertures en ardoises ».

Les quatre types de pose sont :

- à pureau entier (voir 5.1)
- à pureau développé (voir 5.2)
- en modèles carrés posés en diagonale (dits losangés)
- à claire-voie ordinaire.

Les limites d'emploi sont celles des tableaux 4, 5, 10, 11, 13 et 14 du NF DTU 40.11 P1-1.

5.2.3.2 ARDOISES EN FIBRES-CIMENT CONFORMES AU NF DTU 40.13

Les types de pose sont limités à :

- la pose à pureau entier ;
- la pose en losange ;
- la pose à claire-voie.

Les limites d'emploi sont celles des tableaux 4, 5, 10, 11, 13 et 14 du NF DTU 40.13.

5 3 RÉSISTANCE AUX CHOCS

La structure porteuse doit être à même de résister aux « chocs de sécurité » et ainsi d'assurer la sécurité des personnes vis-à-vis de chocs exceptionnels provenant de l'intérieur ou de l'extérieur.

Le bardage, lui, doit résister aux « chocs de conservation des performances », chocs accidentels non exceptionnels consécutifs à l'occupation normale.

L'appréciation de l'adéquation entre un système et une partie de façade considérée est fonction de nombreux critères liés à l'environnement. La norme expérimentale P08-302 définit des critères pour faciliter le choix des maîtres d'ouvrage. Cependant, elle ne vise pas les chocs exceptionnellement sévères pouvant résulter d'acte de vandalisme.

Tableau 3 **Typologie selon la norme P08-302**

Situation de l'ouvrage	Aires d'activité			
	Accès privé, sans voie piétonne ni aire de jeu	Accès privé, avec voie piétonne ou aire de jeu	Accès public[1], sans voie piétonne ni aire de jeu	Accès public[1], avec voie piétonne ou aire de jeu
En étage (hauteur > 2,50 m)	Q1	Q1	Q1	Q1[2]
En rez-de-chaussée surélevé	Q1	Q1	Q2	Q2
En rez-de-chaussée	Q2	Q3	Q3	Q4

1. La notion d'accès public est prise dans un sens général et non au sens adopté pour les ERP (établissements recevant du public)
2. Dans le cas d'un accès public avec aire de jeux de ballon, la classe à adopter est Q2 jusqu'à 6 m.

Les performances notées Q1 à Q4 sont définies à partir d'essais de chocs de corps mous et durs normalisés et définis par la norme NF P08-301.

Les essais peuvent être ajustés selon le caractère remplaçable et réparable du bardage rapporté utilisé. Est considéré comme « facilement remplaçable » toute partie d'ouvrage qui, à tout moment, peut être remplacée rapidement, ce qui exige :

- la facilité de dépose et de pose (existence d'une balancelle d'entretien, par exemple) ;
- la facilité d'approvisionnement d'un produit identique ou équivalent ;
- la possibilité, pour l'usager, de rétablir immédiatement, même à titre provisoire, la sécurité et le confort de base ;
- poids + dimensions.

Par extension, est également considérée comme « facilement remplaçable » toute partie d'ouvrage dont la réparation peut être effectuée rapidement par un artisan ou un dépositaire, sous réserve que cette réparation ne risque pas de diminuer les caractéristiques de l'ouvrage.

Si une protection particulière contre les chocs est recherchée, les documents particuliers du marché définissent les protections à prévoir.

Si les Documents Particuliers du Marché définissent des exigences particulières concernant la résistance aux chocs, les vérifications doivent être effectuées par la réalisation d'un essai de choc selon la norme P08-302 « Résistance aux chocs », la note d'information n° 5 « Modalités des essais de chocs de performance sur les bardages rapportés, vêtures et vêtages » et le Cahier du CSTB n° 3546-V2 « Note d'information n° 11 : Résistance aux chocs des bardages rapportés, vêtures et vêtages ».

NOTE

En cas de passage et de stationnement des véhicules à proximité immédiate du bardage rapporté, on ne peut exclure le risque de dégradation par choc lorsqu'il n'y a pas de dispositif empêchant les véhicules de circuler ou de stationner contre la paroi revêtue par l'ITE.

5.3.1 CAS DES BARDAGES EN CLINS PVC

Par défaut, les performances aux chocs des clins PVC de hauteur inférieure ou égale à 250 mm correspondent à la classe d'exposition Q2 en paroi facilement remplaçable définie par la norme P08-302, sous réserve que les entraxes des profilés d'ossature support ne soient pas supérieurs à 600 mm.

5.3.2 CAS DES BARDAGES EN PETITS ÉLÉMENTS DE COUVERTURE

Par défaut, le classement des performances aux chocs des bardages rapportés réalisés à partir de petits éléments de couverture est Q1 en paroi facilement remplaçable.

NOTE

Des bardages rapportés réalisés à partir de petits éléments de couverture peuvent justifier d'un meilleur classement de performance aux chocs selon la norme P08-302 – « Résistance aux chocs » et la note d'information n° 5 « Modalités des essais de chocs de performance sur les bardages rapportés, vêtures et vêtages », et le Cahier du CSTB 3546-V2 « Note d'information n° 11 : Résistance aux chocs des bardages rapportés, vêtures et vêtages ».

5 4 SÉCURITÉ EN CAS D'INCENDIE

La réglementation en matière de sécurité incendie concerne les façades vis-à-vis de deux risques :

- la transmission du feu d'un bâtiment à un autre ;
- la transmission du feu d'un niveau au niveau supérieur dans le cas des bâtiments à plusieurs niveaux (classement de réaction au feu, masse combustible et respect du « C + D »).

Les différentes réglementations incendie sont rappelées en Annexe E.

5.4.1 RÉSISTANCE AU FEU

Les bardages rapportés n'assurent pas de rôle de résistance au feu.

5.4.2 RÉACTION AU FEU

Les exigences relatives au classement au feu des revêtements de façade sont résumées (Tableau 4) en fonction des types de bâtiment :

Tableau 4 **Exigences de réaction au feu pour revêtement de façade**

Type de bâtiment	Exigence minimale de réaction au feu
	Réaction au feu
Habitation 1re famille avec distance à limite de parcelle > 4 m	Art. 12 de l'Arrêté du 31 janvier 1986 modifié
1re famille autres cas	
2e famille	
3e famille	Art. 13 de l'Arrêté du 31 janvier 1986 modifié
4e famille	
ERP 1er groupe	Art. CO20 de l'Arrêté du 25 juin 1980
ERP 2e groupe	Pas d'exigence
Code du travail	
IMH	Art. 13 de l'Arrêté du 31 janvier 1986 modifié + Arrêté du 7 aout 2019 relatif aux travaux de modification des Immeubles de Moyenne Hauteur et précisant les solutions constructives acceptables pour les rénovations de façade
IGH	Art. GH13 de l'Arrêté du 30 décembre 2011

Selon l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu, les ardoises naturelles ont un classement conventionnel A1.

Pour les autres types de bardage considérés dans ce document, les rapports d'essais de classement au feu indiquent en conclusion le domaine d'application du classement au feu :

- substrat correspondant à la structure porteuse ;
- caractéristiques de l'isolant ;
- type d'ossature : bois et/ou métallique ;
- épaisseur minimale de la lame d'air ;
- caractéristiques des revêtements extérieurs : gamme d'épaisseur, nature des fixations, caractéristiques des finitions admises avec les différentes teintes.

REMARQUE

! La plupart des procès-verbaux ou rapports de classement au feu prennent en compte un isolant en laine minérale.
Les rapports de classement au feu ont une durée de validité illimitée pour les clins PVC et les ardoises de fibres-ciment.

5.4.3 MASSE COMBUSTIBLE ET RÈGLE DU « C + D »

Pour les façades comportant des baies, il importe de limiter les risques de transmission d'un étage à l'autre par ces baies, dans le cas d'un embrasement généralisé au niveau inférieur. C'est l'objet de la règle dite du « C + D ».

Pour les établissements recevant du public, les immeubles de grande hauteur et les immeubles d'habitation de 3e et 4e familles, l'instruction technique 249 relative aux façades indique les dispositions permettant de satisfaire à l'exigence de non-transmission du feu par les façades pour les procédés de bardages rapportés avec lame d'air ventilée.

5 5 STABILITÉ EN ZONES SISMIQUES

5.5.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

La nouvelle réglementation sismique s'appuie sur les documents de référence suivants :

- le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- le décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- les arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Cette réglementation fait référence à l'Eurocode 8 (NF EN 1998) pour le dimensionnement des bâtiments en zones sismiques.

Cette réglementation est entrée en vigueur le 1er mai 2011.

Au sens de l'Eurocode 8, les bardages rapportés sont considérés comme des éléments non structuraux. Ils doivent répondre au Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment à risque normal » paru en juillet 2013.

NOTE

Les justifications à apporter sont spécifiques à chaque famille d'éléments non structuraux.

Les systèmes de bardage rapporté doivent avoir été préalablement dimensionnés sous sollicitations climatiques.

Seules les structures porteuses en béton sont visées dans ce document pour la pose en zones sismiques du fait de l'absence d'éléments relatifs aux justifications sous sollicitations sismiques des chevilles dans les supports en maçonnerie de petits éléments.

5.5.2 POSE EN ZONES SISMIQUES SANS JUSTIFICATION PARTICULIÈRE

Les bardages rapportés visés dans le présent document peuvent être posés sans justification particulière dans les zones sismiques et pour les bâtiments de catégories d'importance définis dans le (Tableau 5) :

Tableau 5 **Pose en zone sismique sans justification particulière**

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	X	X	X	X
2	X	X		
3	X	□		
4	X	□		

X	Pose autorisée sans disposition particulière
	Pose non autorisée sans dispositions ou justifications particulières décrites dans le § 5.5.3.
□	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions tels que définis au chapitre I « Domaine d'application » du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.

* *Le paragraphe 1.1 de la norme NF P06-014 décrit son domaine d'application.*

NOTE

Le remplacement des Règles PS-MI par les Règles CP-MI est prévu.

5.5.3 POSE EN ZONES SISMIQUES NÉCESSITANT DES DISPOSITIONS OU JUSTIFICATIONS PARTICULIÈRES

Pour la pose en zone sismique, le support devant recevoir le procédé de bardage est en béton banché conforme au NF DTU 23.1 et à l'Eurocode 8. Les supports maçonnés ne sont pas visés.

Pour les zones sismiques où des justifications sont nécessaires, les dispositions suivantes doivent être respectées :

- la fixation au gros-œuvre est effectuée par chevilles. Les chevilles devront être dimensionnées selon la NF EN 1992-4 en se basant sur leurs performances mentionnées dans l'ETE dont elles relèvent » ;
- la fixation des montants au gros-œuvre est symétrique (étriers, double patte équerre) ou pattes équerres en quinconce ;
- Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions tels que définis au chapitre I « Domaine d'application » du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.

Le présent document ne traite pas des mesures préventives spécifiques, à définir par le maître d'ouvrage dans les documents particuliers du marché, qui peuvent être demandés, notamment dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance IV, au regard de la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme.

5.5.3.1 CAS DES BARDAGES EN CLINS PVC

La pose du bardage rapporté est limitée à l'utilisation de pattes-équerres de longueur maximale 250 mm, fixées en quinconce tous les 1 m maximum.

Les procédés de bardage rapporté en clins PVC peuvent être mis en œuvre en zones et bâtiments suivant le (Tableau 6) (selon les arrêtés des 22 octobre 2010 et 19 juillet 2011) :

Tableau 6 **Pose en zone sismique de clins PVC**

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	X	X	X	X
2	X	X	X	X
3	X	X	X	X
4	X	X	X	X

X Pose autorisée sur parois planes, verticales en béton et en habillage de sous-face sur plancher béton.

5.5.3.2 CAS DES BARDAGES EN PETITS ÉLÉMENTS DE COUVERTURE

La pose du bardage rapporté est limitée à l'utilisation de pattes-équerres de longueur maximale 250 mm, fixées en quinconce tous les 1 m maximum.

En l'absence de justification, les petits éléments décrits dans ce document peuvent être posés en bardage rapporté dans les zones et sur les bâtiments de catégories d'importance suivantes :

Tableau 7 **Pose en zone sismique de petits éléments de couverture**

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	x	x	x	x
2	x	x		
3	x	□		
4	x	□		

X	Pose autorisée sur parois planes, verticales en béton.
	Pose non autorisée sans justification complémentaire par essai.
□	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions tels que définis au chapitre I « Domaine d'application » du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.

** Le paragraphe 1.1 de la norme NF P06-014 décrit son domaine d'application.*

Les configurations non envisagées dans ce paragraphe devront faire l'objet d'une validation expérimentale conforme au Cahier du CSTB n° 3725.

5.5.4 CALCUL DE SOLLICITATION DES CHEVILLES

Les sollicitations des chevilles en traction-cisaillement seront calculées selon le cahier du CSTB n° 3725, tenant compte de la géométrie des pattes de fixation et du poids propre du procédé de bardage rapporté.

5.6 ÉTANCHÉITÉ À L'EAU

Les dispositions technologiques définies dans ce document permettent de considérer que l'étanchéité à l'eau de la paroi complète est réalisée dans le cadre du domaine d'application (cf. § 1), pour les bardages rapportés en clins PVC, en ardoises naturelles ou en fibres-ciment.

En réhabilitation, les parois existantes sont le plus souvent étanches ; il convient alors de ne pas laisser de points d'entrée d'eau, notamment aux points singuliers, susceptibles de générer des accumulations d'eau entre système et mur support.

Le Cahier du CSTB 1833 définit les murs de type XIII et XIV.

Les bardages en clins PVC quel que soit le sens de pose, ou en petits éléments de couverture, permettent de réaliser des murs de type XIII.

Pour prétendre à un mur de type XIV, tous les points singuliers de la paroi devraient être traités afin qu'ils réalisent à eux seuls l'étanchéité à l'eau (l'eau ne pénètre pas derrière les parements de bardage du fait à la fois de l'étanchéité intrinsèque du matériau et des dispositions prises aux jonctions).

5.7 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Les structures porteuses doivent assurer l'étanchéité à l'air. Pour satisfaire cette exigence, les parois de maçonnerie de petits éléments doivent être revêtues d'un enduit intérieur ou extérieur (obligatoirement à l'extérieur lorsqu'il n'y a pas d'isolant extérieur).

Par ailleurs, il convient de traiter avant la pose du bardage, que ce soit pour les supports en maçonnerie ou ceux en béton, toutes les traversées ou pénétrations et tous les points singuliers.

5.8 ISOLATION THERMIQUE

La performance thermique d'une paroi (résistance thermique R ou coefficient de transmission thermique surfacique U_p) fait intervenir de nombreux paramètres et ne se réduit pas à la performance de la partie courante (mur support + isolant).

Cette performance doit être déterminée conformément aux règles Th-Bât en vigueur.

- ponts thermiques structurels par les rails et/ou fixations traversant tout ou partie de l'isolant ;
- influence de la ventilation des lames d'air ;
- pénétration éventuelle de l'eau de pluie ;
- etc.

L'Annexe B présente les principales données, formules et conventions nécessaires à la réalisation d'un calcul thermique. Quelques exemples sont également fournis.

Le coefficient de transmission thermique surfacique U_p d'une paroi intégrant un système d'isolation par l'extérieur à base de bardage ventilé se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \Sigma_i \frac{\Psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

avec :

U_c : le coefficient de transmission thermique surfacique en partie courante, en W/(m².K) ;

Ψ_i : le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré *i*, en W/(m.K) ;

E_i : l'entraxe du pont thermique linéique *i*, en m ;

n : le nombre de ponts thermiques ponctuels par m² de paroi ;

χ_j : le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré *j*, en W/K.

Les coefficients Ψ et χ doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât en vigueur.

5 9 ISOLATION ACOUSTIQUE

5.9.1 PERFORMANCE DU PRODUIT

La performance acoustique d'un bardage rapporté est donnée par l'indice $D(R_w + C)$ et $D(R_w + C_{tr})$ évaluée sur la base de mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique suivant les normes NF EN ISO 10140-1 et NF EN ISO 10140-2 ; plus cet indice est élevé plus le produit est performant. La performance du produit dépend :

- du type d'isolant ;
- de l'épaisseur de l'isolant ;
- de l'épaisseur et du type du parement ;
- de la nature de la paroi support ;
- du nombre de fixation au mètre.

5.9.2 PERFORMANCE DE L'OUVRAGE

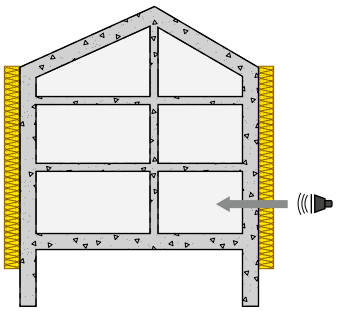
Les réglementations acoustiques définissent en fonction des bâtiments et de leur usage des exigences minimales en termes d'isolement acoustique in situ.

Pour la performance de l'ouvrage, l'influence du bardage sur l'isolement acoustique entre l'extérieur et l'intérieur d'un bâtiment n'intervient généralement que lorsqu'on recherche des isolements acoustiques très élevés, donc en présence d'un environnement extérieur très bruyant.

5.9.2.1 ISOLEMENT PAR RAPPORT À L'EXTÉRIEUR – TRANSMISSION DIRECTE

La (Figure 12) montre schématiquement l'isolement aux bruits aériens (transmission acoustique directe) entre l'extérieur et un logement.

Figure 12 Isolement aux bruits aériens



La performance de l'ouvrage est donnée en termes d'isolement au bruit aérien $D_{nT,A,tr} = D_{nT,w} + C_{tr}$ en dB.

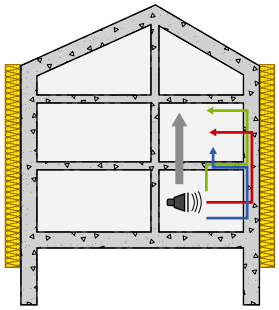
Le niveau réglementaire est de 30 dB à 45 dB en fonction de la situation de l'immeuble entre l'extérieur et l'intérieur.

L'impact de la dégradation de l'isolement du mur doublé à cause du bardage rapporté sur l'isolement de façade est généralement négligeable par rapport aux transmissions au travers des éléments faibles (châssis vitrés, coffres de volet roulant et entrées d'air). Cependant, dans des zones de bruits importants (isolement de façade $D_{nT,A,tr} \geq 37$ - 38 dB), il y a lieu d'être vigilant car la contribution au travers de la paroi opaque peu devenir non négligeable. Cela est d'autant plus vrai que la surface de façade pour une pièce sera importante, par exemple pour les pièces en pignon.

5.9.2.2 ISOLEMENT ENTRE LOGEMENTS – TRANSMISSION LATÉRALE

La (Figure 13) montre schématiquement la transmission latérale par la façade entre deux logements.

Figure 13 Transmission latérale par la façade entre deux logements



La performance de l'ouvrage est donnée en termes d'isolement au bruit aérien $D_{nT,A} = D_{nT,w} + C_{tr}$ en dB.

Pour les bâtiments d'habitation, le niveau réglementaire est de 53 dB entre pièces principales de logements.

Le bardage rapporté correspondant à un système d'isolation par l'extérieur n'a pas d'influence sur la transmission latérale de façade. C'est, selon le cas de figure, un point positif ou négatif. En réhabilitation, il n'y aura pas de dégradation de la performance existante contrairement à certains doublages thermiques par l'intérieur. En revanche, il n'y aura pas non plus d'amélioration possible contrairement à certains doublages thermoacoustiques par l'intérieur.

En neuf, il faut faire attention au dimensionnement du plancher, du refend, de la façade pour obtenir une solution réglementaire du point de vue acoustique à cause des transmissions latérales. Pour diminuer les transmissions latérales qui seraient trop pénalisantes, l'utilisation d'un doublage thermoacoustique par l'intérieur qui fait alors doublon avec le doublage par l'extérieur peut être recommandée.

5.9.3 BÂTIMENTS D'HABITATION

Une nouvelle obligation incombe au maître d'ouvrage de bâtiments d'habitation (bâtiments collectifs ou de maisons individuelles accolées ou contiguës à un local d'activité ou superposés à celui-ci) situés en France métropolitaine pour tout permis de construire déposé après le 1er janvier 2013.

Dans le but d'améliorer le confort acoustique dans les logements et de réduire le taux de non-conformité, le décret du 30 mai 2011 et son arrêté d'application du 27 novembre 2012 concernant l'attestation de prise en compte de la réglementation acoustique responsabilisent les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre par rapport à la réglementation acoustique en phases de conception, d'exécution et de réception du bâtiment. Cette attestation ne peut être délivrée que par une personne pouvant justifier de compétences en acoustique.

Pour les opérations de plus de dix logements, des mesures acoustiques sont aussi à réaliser à l'achèvement des travaux.

5 10 CARACTÉRISTIQUES ENVIRONNEMENTALES ET SANITAIRES

Les performances environnementales et sanitaires d'un procédé ou d'un produit peuvent être renseignées dans des fiches de déclaration environnementales et sanitaires (FDES) propres au procédé ou au produit employé.

Une FDES est une déclaration établie sous la responsabilité des fabricants, ou des syndicats professionnels, du procédé ou du produit. Le normes NF EN 15804/CN fournissent la méthode d'obtention et le format de déclaration des informations environnementales et sanitaires. Ainsi, renseigner une FDES implique de disposer d'une analyse du cycle de vie (ACV) du produit (il s'agit d'un bilan environnemental très détaillé) et d'informations sanitaires résultant d'essais spécifiques.

Les FDES peuvent faire l'objet d'une vérification par un organisme tierce partie indépendant qui contrôle la conformité aux normes NF EN 15804/CN (respect de la méthodologie et des règles d'ACV), la représentativité de la déclaration et la plausibilité des résultats. Cette vérification donne lieu, ou pas, à l'obtention du statut de fiche vérifiée dans le cadre du programme de vérification porté par l'Afnor.

La base de données INIES (www.inies.fr), base nationale de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction, dont la gestion collective réunit l'ensemble des acteurs de la filière de la construction et du bâtiment, met, gratuitement, à la disposition du public les informations environnementales et sanitaires relatives aux procédés et aux produits de construction soumises par les émetteurs (fabricants ou syndicats professionnels) de FDES. Les FDES publiées sur INIES doivent se conformer à la procédure d'admission.

5 11 DURABILITÉ DE L'OUVRAGE

Les dispositions décrites dans ce document permettent d'escompter une durabilité satisfaisante de l'ouvrage.

6 SUPPORTS ADMISSIBLES ET PRÉPARATION DES STRUCTURES PORTEUSES

6.1 ACCEPTATION DES SUPPORTS

6.1.1 FORMALISATION DE L'ACCEPTATION DU SUPPORT

Les points d'autocontrôle concernant l'acceptation du support par l'entreprise chargée de la mise en œuvre du bardage rapporté ne sont pas identiques selon qu'il s'agit d'une construction neuve ou d'un bâtiment existant.

Cependant, pour la construction neuve comme celle existante, la nature du revêtement (parement extérieur) prévue (clins ou petits éléments) détermine les tolérances acceptables dans l'alignement des baies.

Lorsque l'entreprise a commencé la pose, le support est réputé accepté.

6.1.2 CHANTIER NEUF

L'acceptation du support par l'entreprise chargée de la mise en œuvre du bardage rapporté sera réalisée conformément aux préconisations décrit § 6.2.

Les points à examiner avant le démarrage du chantier sont :

- la nature et la qualité des parois supports (ragréage nécessaire ?) ;
- les tolérances géométriques des parois supports ;
- l'alignement des baies ;
- l'étanchéité à l'air de la structure porteuse ;
- la présence des fissures de retrait ;
- les joints de dilatation et de construction ;
- etc.

6.1.3 CHANTIER DE RÉHABILITATION

Le maître d'ouvrage doit faire réaliser une étude préalable justifiant l'aptitude de la paroi à supporter le bardage rapporté (état de dégradation, matériaux, constitution de la paroi). Pour certains types de paroi (pierres ou briques anciennes maçonnées, par exemple), des essais d'arrachement des chevilles sont nécessaires et doivent être réalisés par l'entreprise conformément aux Cahiers du CSTB n° 1661-V2.

Cas particulier de la présence d'amiante : l'entreprise vérifie que les dispositions données § 6.4.1 ont bien été effectuées.

6 2 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES ET NATURE DES STRUCTURES PORTEUSES

Le présent document prend en compte les structures porteuses neuves et existantes verticales.

Les structures porteuses admises sont les suivantes :

- structures porteuses en béton (béton banché, béton préfabriqué) conforme aux NF DTU 21 et NF DTU 23.1 ;
- structures porteuses en maçonnerie conformes au NF DTU 20.1 (pierre naturelle, brique en terre cuite, moellon, bloc de béton de granulat courant, bloc de béton cellulaire) enduite conformément au NF DTU 26.1 ;
- supports mixtes béton-maçonnerie (structure béton avec maçonnerie de remplissage).

Avant le démarrage de ses travaux, l'entreprise procède à l'acceptation de la structure porteuse sur laquelle elle va mettre en œuvre le bardage rapporté. Pour être acceptable, la structure porteuse doit répondre aux exigences suivantes :

- être plane, sans irrégularités importantes ni désaffleurements, conformément aux tolérances de l'exécution courante définies dans les NF DTU 20.1, NF DTU 23.1 et NF DTU 21 ;
- être propre et sèche en surface ;
- être stable et conforme aux normes d'exécution correspondantes ;
- assurer l'étanchéité à l'air ;
- avoir les baies alignées aux plans vertical et horizontal pour être compatible avec la précision exigée par les éléments du parement.

Les murs en béton ou en maçonnerie visés dans le domaine d'emploi des chevilles sont considérés comme supports en matériaux satisfaisants aux exigences concernant les fixations par chevilles.

Dans la suite de ce document, on distingue les structures porteuses neuves et les structures porteuses existantes.

REMARQUE

! Il est important que le lot isolation thermique par l'extérieur (ou bardage rapporté) soit désigné en même temps que les lots gros œuvre et menuiseries extérieures afin que la coordination technique pour la mise en œuvre puisse être assurée.

6 3 ACCEPTATION ET PRÉPARATION DES STRUCTURES PORTEUSES NEUVES

Pour être acceptable, la structure porteuse, notamment sa surface, doit répondre à des exigences précises. L'acceptation impose au minimum la vérification des points suivants :

6.3.1 CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES ET MÉCANIQUES

La structure porteuse assure la stabilité mécanique.

Les dimensions minimales des structures porteuses sont conformes aux normes de conception et d'exécution les concernant.

En ce qui concerne les murs en maçonnerie de petits éléments exécutés conformément au NF DTU 20.1 isolés par l'extérieur, l'épaisseur minimale de la structure porteuse du bardage rapporté ne doit jamais descendre en dessous de 15 cm en cas de mur porteur et de 10 cm en cas de mur de remplissage tout en satisfaisant les règles de calcul et d'élancement.

L'épaisseur minimale de la paroi en béton supportant le bardage rapporté est celle résultant de l'application du NF DTU 23.1 et ne sera jamais inférieure à 12 cm pour permettre sa réalisation correcte.

6.3.2 PLANÉITÉ ET VERTICALITÉ

La structure porteuse doit être plane et ne présenter aucune irrégularité importante en surface, ni désaffleurement supérieur à 1 cm à la règle de 2 m pour une exécution soignée.

Ces exigences d'exécution soignée des structures porteuses doivent être précisées aux DPM.

Si les défauts de planéité de la structure porteuse sont hors tolérances et présentent un caractère généralisé, l'entrepreneur le signale au maître d'œuvre. Celui-ci donne les instructions nécessaires pour la reprise du support.

Les écarts verticaux maximaux admis sont de 20 mm sur la hauteur d'un étage et généralement de 50 mm sur la hauteur de l'ouvrage (l'utilisation de pattes de fixation réglable permet de rattraper les écarts verticaux de la structure porteuse).

6.3.3 HUMIDITÉ

La mise en œuvre du bardage rapporté ne peut se faire sur des murs trempés ou gorgés d'eau.

Dans le cas d'une construction neuve, un délai est à respecter pour éviter les désordres ultérieurs. Ce délai est fonction du degré d'humidité initial pour le béton, de l'exposition de la paroi et des conditions climatiques. À titre indicatif, il doit être de l'ordre de 30 jours pour la maçonnerie de petits éléments et de 45 jours pour le béton.

6.3.4 POINTS SINGULIERS

La bonne réalisation des points singuliers est indispensable afin d'assurer le rôle du bardage rapporté (notamment l'étanchéité à l'eau et l'isolation thermique).

L'ensemble des points singuliers est traité chapitre 8 du présent document.

6.3.4.1 MENUISERIES

Les menuiseries et les fermetures doivent être conformes au NF DTU 36.5.

Les baies doivent être parfaitement alignées en verticalité et en horizontalité afin de permettre la bonne mise en œuvre du bardage rapporté sans découpe.

L'appui, le linteau et le tableau doivent permettre le retour de l'isolant.

Les coffres de volets roulants doivent être isolés.

Les défauts d'alignement des baies constatés ou l'impossibilité d'isoler ces points singuliers seront signalés au maître d'œuvre pour prise en compte.

6.3.4.2 ACROTÈRES

Les acrotères doivent être aptes à recevoir la protection en tête du bardage (couvertine) afin d'éviter l'entrée d'eau en partie haute de la lame d'air et de permettre la ventilation de la lame d'air.

6 4 RÉCONNAISSANCE ET PRÉPARATION DES STRUCTURES PORTEUSES ANCIENNES

Les structures porteuses en maçonnerie d'éléments ou en béton sont souvent recouvertes par une finition qui peut gêner, dans certains cas, la mise en œuvre du bardage rapporté.

En rénovation, la reconnaissance du support est d'autant plus importante que les caractéristiques du bâtiment ne sont pas connues. Les revêtements de façade sont souvent altérés, le béton ou la maçonnerie ont plus ou moins bien vieilli et demandent de ce fait de prendre des précautions en particulier pour la tenue des fixations.

Une reconnaissance du support est indispensable.

Pour être acceptable, la structure porteuse, et sa surface, doit répondre à des exigences précises.

La reconnaissance impose au minimum la vérification des points suivants :

6.4.1 PRÉSENCE D'AMIANTE

L'interdiction de la mise en œuvre de produits contenant de l'amiante dans les bâtiments est entrée en vigueur au 1er janvier 1997.

L'entreprise doit demander le rapport de diagnostic amiante avant travaux, rapport qui est du ressort du maître d'ouvrage.

L'amiante se trouve généralement dans les joints de vitrage, les panneaux d'allège des baies (Glasal®, par exemple), les colles, les mastics, les enduits de finition, les pare-pluie et certains anciens revêtements de façade.

La présence d'amiante demande des précautions particulières avant et pendant les travaux. Ces dispositions, outre les impacts qu'elles peuvent avoir sur la santé, peuvent engendrer des coûts supplémentaires élevés et avoir une incidence sur le calendrier des travaux. Par ailleurs, dans certains cas, les personnes amenées à travailler sur la façade devront avoir une habilitation amiante.

Tout chantier contenant de l'amiante doit faire l'objet d'un retrait de l'amiante conformément au règlement en vigueur et dans les conditions édictées par celui-ci. Le présent document ne traite pas de ce sujet. L'entreprise qui réalise le bardage doit s'assurer de la situation du chantier en regard de la réglementation.

6.4.2 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Le maître d'ouvrage prévoit de faire réaliser une étude préalable justifiant l'aptitude de la structure porteuse à supporter le bardage rapporté (état de dégradation, matériaux, constitution de la paroi).

Si les caractéristiques mécaniques et physiques du support ne sont pas connues, les mesures *in situ* de tenue des chevilles doivent être réalisées selon les prescriptions du cahier du CSTB n° 1661-V2 : « Détermination sur chantier de la résistance à l'état limite ultime d'une fixation mécanique sur supports de bardage rapporté ».

6.4.3 PLANÉITÉ ET VERTICALITÉ

La structure porteuse doit être plane et ne présenter aucune irrégularité importante en surface, ni désaffleurement supérieur à 1 cm à la règle de 2 m pour une exécution soignée.

Pour une exécution courante, cette exigence peut être portée à 1,5 cm pour les maçonneries de petits éléments.

Si les défauts de planéité de la structure porteuse sont hors tolérances et présentent un caractère généralisé, ils doivent alors être traités par un enduit de dressage général afin d'obtenir une surface plane conformément aux prescriptions du NF DTU 20.1.

Ces exigences d'exécution soignée des structures porteuses doivent être précisées aux DPM.

Les écarts verticaux maximaux admis sont de 20 mm sur la hauteur d'un étage et généralement de 50 mm sur la hauteur de l'ouvrage (l'utilisation de pattes de fixation réglable permet de rattraper les écarts verticaux de la structure porteuse).

6.4.4 ÉTAT DE SURFACE

Les façades des bâtiments anciens sont toujours recouvertes d'une finition.

Il peut s'agir de peinture, d'enduit ou de revêtements collés comme la pâte de verre, la céramique ou les plaquettes de briques. Il faut s'assurer que le revêtement de finition est adhérent à la structure porteuse. En cas de non-adhérence, une purge sera réalisée, voire le décapage de la façade afin d'obtenir un état de surface sain et propre.

Toute armature métallique du béton apparente doit être passivée et protégée.

6.4.4.1 HUMIDITÉ

Ne pas appliquer sur support humide, localement trempé ou gorgé d'eau.

Il est fréquent de constater des traces d'humidité côté extérieur du support ou sur son parement côté intérieur.

Elles devront être traitées avant le démarrage des travaux.

6.4.4.2 POINTS SINGULIERS

La bonne réalisation des points singuliers est indispensable afin d'assurer le rôle du bardage rapporté (notamment l'étanchéité à l'eau et l'isolation thermique).

L'ensemble des points singuliers est traité dans le chapitre 8 du présent document.

Modénatures

Il convient de vérifier la compatibilité des modénatures existantes avec la mise en œuvre du bardage.

Idéalement, les modénatures sont à supprimer pour obtenir une structure porteuse plane.

Certains types de modénature ne pourront pas être recouverts par l'ITE. De ce fait, un pont thermique existera. Cette donnée doit être prise en compte dans le projet.

Menuiseries

Les menuiseries et les fermetures doivent être conformes au NF DTU 36.5.

Les baies doivent être parfaitement alignées en verticalité et en horizontalité afin de permettre la bonne mise en œuvre du bardage rapporté sans découpe.

L'appui, le linteau et le tableau doivent permettre le retour de l'isolant.

Les coffres de volets roulants doivent être isolés.

Les défauts d'alignement des baies constatés ou l'impossibilité d'isoler ces points singuliers seront signalés au maître d'œuvre.

NOTE

Afin d'éviter des possibles pathologies il est préférable de coupler les travaux d'ITE avec le changement des menuiseries.

Autres points singuliers

- Conduite d'aération, par exemple cuve fuel domestique (prévoir déportement).
- Boîte à lettres (prévoir le démontage, le gainage et la repose).
- Grille d'aération (prévoir le démontage et le remontage).

- Prises et interrupteurs, sonnette (démontage, remontage et branchement électrique).
- Éclairage extérieur (démontage, remontage et branchement électrique).
- Enseigne lumineuse (démontage, remontage et branchement électrique).
- N° rue (dépose et repose).
- Garde-corps (démontage, modification et repose).
- Avancées de toiture à élargir particulièrement en pignon et sous toitures plates.
- Entrées d'air de façade (cas d'isolement acoustique élevé).
- Toute canalisation transportant du fluide ou de l'air.
- Etc.

Le traitement et la facilité du traitement des points singuliers, ainsi que leur nombre, peuvent entraîner des coûts supplémentaires.

7 MISE EN ŒUVRE EN PARTIE COURANTE

7 1 STOCKAGE

Un stockage abrité sur chantier, en pile aérée, dégagée du sol et à l'abri des projections est nécessaire.

7 2 GÉNÉRALITÉS ET CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

Les grandes étapes de mise en œuvre sont :

1 – traçage et repérage

2 – mise en œuvre des pattes de fixation

3 – mise en œuvre de l'isolant

4 – mise en œuvre des chevrons ou montants

5 – mise en œuvre éventuelle des liteaux horizontaux

6 – mise en œuvre de profilés d'habillage au droit des angles sortants, des angles rentrants, des menuiseries extérieures et des joints de dilatation

7 – mise en œuvre de la première rangée d'éléments

8 – mise en place de la rangée d'éléments suivante.

L'opération 8 est réitérée sur l'ensemble de la façade tout en respectant les fractionnements d'ossature, les fractionnements de la lame d'air et les jeux de pose.

7.3 CALEPINAGE

Un plan de calepinage des parements est nécessaire. Il doit prendre en compte l'ensemble des points suivants :

- entraxe des ossatures ;
- positionnement des menuiseries extérieures ;
- fractionnement des ossatures ;
- recoupement horizontal de la lame d'air si nécessaire ;
- joint de dilatation de la structure porteuse ;
- renforcement éventuel en rez-de-chaussée pour conservation des performances aux chocs extérieurs ;
- pénétrations type ventilation, enseigne.

7.4 TRAÇAGE ET REPÉRAGE

Les axes des chevrons ou montants sont portés sur façade neuve ou à rénover en respectant les entraxes définis sur le plan de calepinage avec un entraxe maximum de 600 mm.

L'emplacement des chevilles de fixation des pattes de fixation sont ensuite tracés par rapport à ces axes.

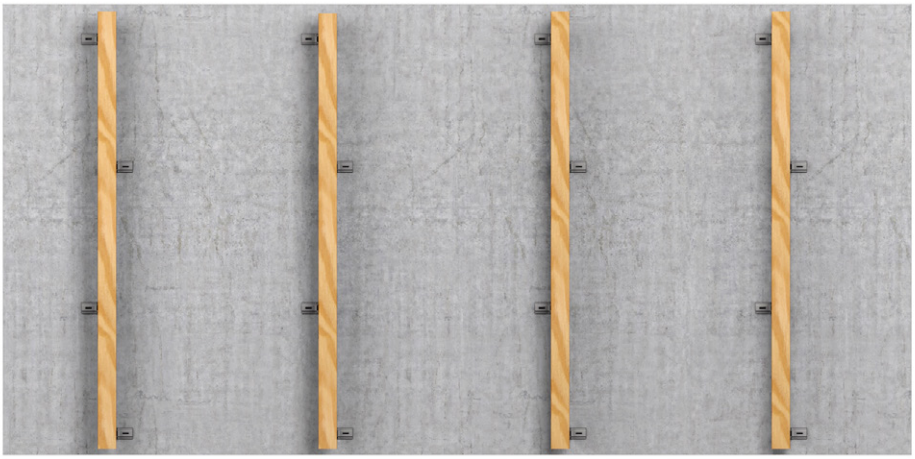
7.5 MISE EN ŒUVRE DES PATTES DE FIXATION

7.5.1 DISPOSITION ET RÉPARTITION DES PATTES

Les pattes sont mises en position selon un alignement vertical parallèle à l'axe du chevron ou montant à poser et décalé de celui-ci d'une distance correspondant à la demi-largeur du chevron.

Il est nécessaire de disposer les pattes en alternance de part et d'autre du chevron (Figure 14), et d'en augmenter le nombre lorsque cette disposition n'est pas possible (cas des chevrons en rive de bâtiment ou arrêts d'ouvrage de bardage).

Figure 14 Disposition des pattes de fixation du chevron



Un nombre minimal de trois pattes est à prévoir quelle que soit la longueur du chevron ou montant (parties en allège notamment).

L'entraxe des pattes le long du chevron ou montant est, (compte tenu des charges dues au vent, de l'entraxe et de l'inertie des chevrons ou montants), fonction de la valeur de calcul à l'état limite de service à l'arrachement des fixations des pattes dans la structure porteuse considérée.

La valeur de l'entraxe des pattes est prise usuellement égale à 1,35 m (demi-hauteur d'étage).

Les pattes sont solidarisées à la structure porteuse par chevilles. Les chevilles doivent, en fonction de leur densité imposée par l'entraxe des chevrons et l'entraxe des pattes sur les chevrons, être choisies compte tenu des conditions d'exposition du chantier et de la valeur de calcul à l'état limite de service à l'arrachement de la fixation dans la structure porteuse considérée.

NOTE

Pour les supports existants, la détermination des caractéristiques mécaniques du support tel que l'aptitude à l'ancrage des chevilles, est réalisée selon les prescriptions du cahier CSTB n° 1661-V2.

7.5.2 FIXATION DES PATTES SUR LA STRUCTURE PORTEUSE

Le logement de la cheville est normalement foré au milieu du trou ovalisé de l'aile d'appui de la patte.

En conséquence et pour tenir compte de l'effet de levier introduit par la forme de la patte, chaque cheville sera supposée devoir transmettre une charge double de celle appliquée à la fixation correspondante et résultante de l'action en dépression du vent extrême.

7 6 MISE EN ŒUVRE DE L'ISOLANT

7.6.1 DISPOSITION DE L'ISOLANT

L'isolant est embroché sur les pattes de fixation des chevrons et fixé au mur support selon les prescriptions du fabricant. La continuité thermique doit être assurée et les panneaux ou rouleaux d'isolant doivent être posés à bords jointifs sans espace entre le mur support et l'isolant. En cas de deux couches superposées, les joints respectifs doivent être décalés.

Les isolants souples ne doivent pas être comprimés sur leur surface à plus de 10 % de leur épaisseur ni au droit des chevrons ou montants et à plus de 5 % au niveau des fixations.

L'isolant doit être posé sur la structure porteuse :

- soit derrière les montants en une couche ;
- soit en deux couches successives, l'une derrière les montants, l'autre entre les montants ;
- soit entre les montants lorsque ceux-ci sont fixés directement sur la structure porteuse.

La (Figure 15), la (Figure 16) et la (Figure 17) illustrent la pose de l'isolant.

Figure 15 Isolant posé derrière les montants d'ossature

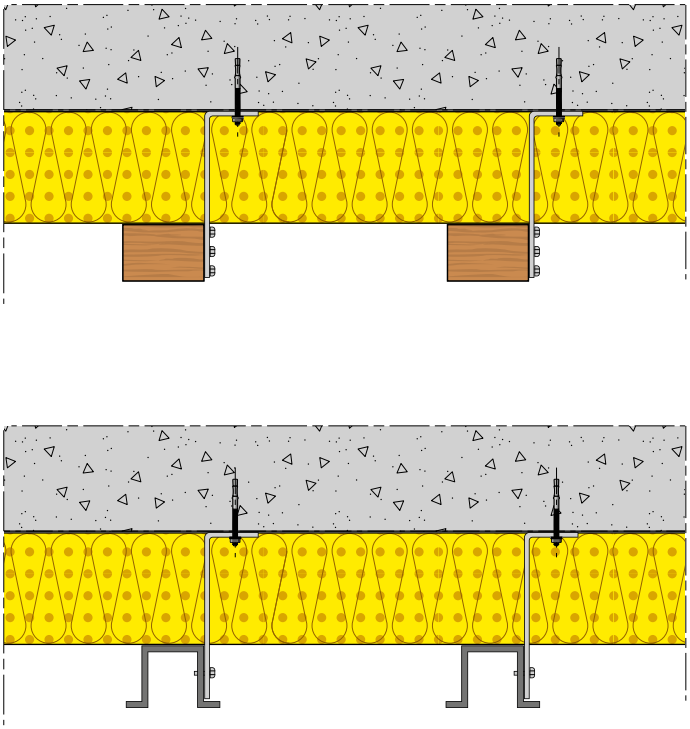
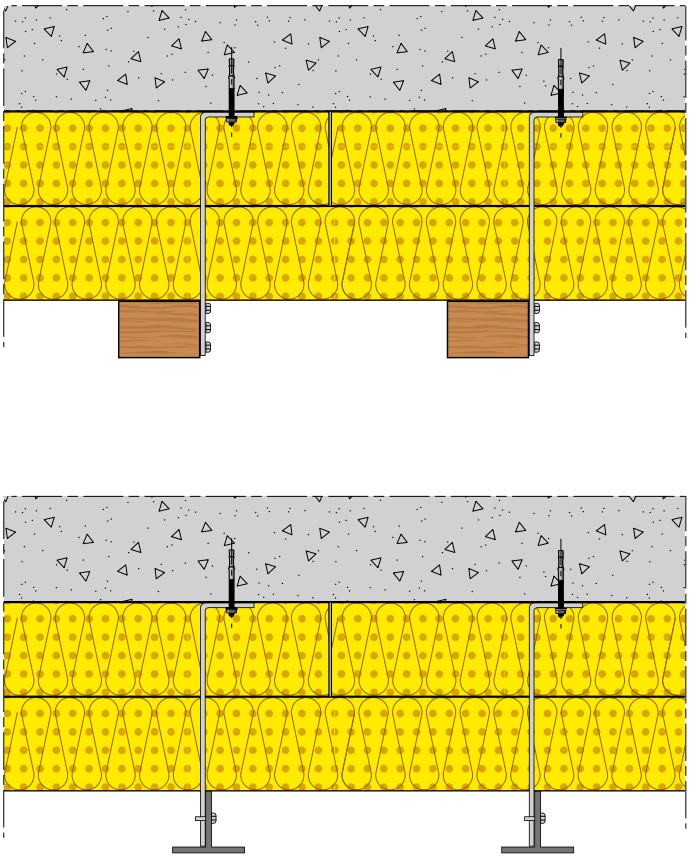


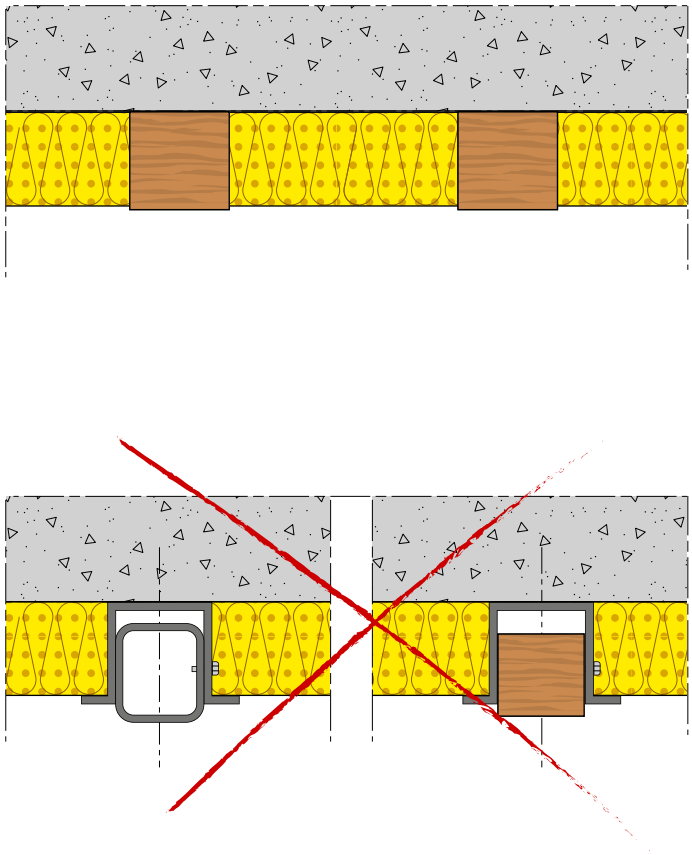
Figure 16 Isolant posé en deux couches superposées



NOTE

Dans cette configuration, les joints respectifs de chaque couche d'isolant doivent être décalés. Il est important de s'assurer qu'à chaque point la largeur de la lame d'air est au moins égale à 2 cm.

Figure 17 Isolant posé entre les montants (forme des ponts thermiques au droit des montants)



7.6.2 FIXATIONS DES ISOLANTS

L'isolant est fixé selon les dispositions décrites ci-après :

7.6.2.1 FIXATION DES PANNEAUX EN LAINE MINÉRALE

Les panneaux sont posés horizontalement ou verticalement.

Dans le cas général, ils sont embrochés sur les pattes de fixations des chevrons avant la pose de l'ossature du bardage (Figure 18). Lorsque celle-ci assure, en outre, un maintien de l'isolant, une fixation au moins par panneau (dimensions usuelles des panneaux 0,60 × 1,35 m) suffit.

Dans les autres cas (pas de maintien par l'ossature), prévoir au minimum deux fixations par panneau, dont au moins une fixation traversante, s'il s'agit de chevilles étoile, et une densité minimale de deux fixations par m^2. Pour les éléments découpés, on peut admettre une seule fixation lorsque sa plus grande dimension n'excède pas 35 cm.

La densité des fixations des panneaux semi-rigides à l'aide des chevilles doit être telle que tout risque de relèvement de bords libres du panneau ou de ses angles soit écarté. Notamment les chevilles trop enfoncées peuvent mettre en traction des fibres de surface du panneau et provoquer ainsi sa déformation. Cette dernière provoquerait alors :

- une diminution préjudiciable de l'isolation thermique de l'ouvrage ;
- une obturation partielle ou totale de la lame d'air dont la ventilation ne sera plus assurée.

Figure 18 Fixation des panneaux de laine minérale

7.6.2.2 FIXATION DES ROULEAUX DE LAINE MINÉRALE

Les laines minérales en rouleau (dimensions habituelles : 60 cm) sont le plus souvent posées verticalement. Dans ce cas de pose, il convient de prévoir au moins deux fixations en partie haute et une densité minimale de deux fixations par m^2 en partie courante. Les fixations traversantes sont disposées soit dans l'axe vertical du rouleau, soit de préférence en quinconce, l'objectif étant d'assurer le meilleur contact entre l'isolant et la structure porteuse.

La fixation par équerres à dents est possible et suppose un entraxe de montants d'ossature au plus égal à 0,60 cm. L'entraxe entre équerres à dents fixées le long d'un même profilé est de 135 cm maximum. Les équerres à dents sont disposées en quinconce travée par travée.

En cas de pose horizontale de la laine minérale, une fixation est mise en place en partie courante tous les 120 cm, soit une fixation toutes les deux travées quand l'entraxe des montants ne dépasse pas 60 cm.

7.6.2.3 FIXATION DES PLAQUES EN POLYSTYRÈNE EXPANSÉ (EPS), POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ (XPS) OU POLYURÉTHANE (PUR)

La fixation est réalisée par chevilles étoiles à raison de deux au minimum par m^2 et par plaque, ou par collage au moyen d'un mortier-colle pour les EPS et XPS ou d'une colle polyuréthane pour les EPS, les XPS et les PUR.

7.6.2.4 FIXATION DES ISOLANTS EN POINTS SINGULIERS

En points singuliers et pour les éléments découpés, la densité des fixations est augmentée, de même que pour les bâtiments de hauteur supérieure à 40 m.

En sites exposés et dans les zones d'action locales du vent (telles que spécifiées par l'Eurocode 1), le nombre de fixations sera automatiquement doublé par rapport à la quantité de fixations applicables en partie courante.

7 7 MISE EN ŒUVRE DE L'OSSATURE

L'un des avantages du bardage rapporté est de pouvoir se poser sur une structure porteuse accusant des défauts de planéité et de verticalité, le réseau de chevrons offrant un nouveau plan vertical de référence pour accueillir le parement extérieur. À cette fin, les chevrons sont posés sur pattes de fixation fixes ou réglables.

Toutefois, lorsque, d'une part, la verticalité et la planéité de la surface d'appui, et, d'autre part, l'épaisseur du chevron le permettent, les chevrons peuvent être fixés en appui direct à l'aide d'une fixation traversante. Une telle pose n'est le plus souvent utilisée qu'en rez-de-chaussée exposé.

Dans ce cas, la fixation, disposée en axe médian du chevron, traverse ce dernier dans toute son épaisseur ; la tête de cette fixation traversante, sous laquelle est disposée une rondelle métallique Ø 16 mm, vient se noyer dans un évidement cylindrique prévu dans le chevron si besoin est, par exemple, dans le cas de plaques fixées directement sur les chevrons ou lorsque l'appui d'un liteau horizontal se situe au droit de cette fixation.

La mise en œuvre décrite ci-après, qui inclut donc la pose normale des chevrons sur pattes, suit sensiblement l'ordre des opérations de pose.

7.7.1 OSSATURE BOIS

7.7.1.1 ENTRAXE DES CHEVRONS

L'entraxe des chevrons dépend d'un certain nombre de facteurs dont, en particulier, la nature du parement extérieur. En effet, il est d'usage pour des raisons d'aspect, de limiter conventionnellement la flèche prise sous vent de site W_{50} par la paroi entre chevrons au 1/83^{e} de la portée entre chevrons.

L'entraxe maximal est égal à 600 mm. Il peut être ramené à 450 ou 300 mm en rives de façade pour des raisons de :

- résistance accrue au vent : en angles de façade et en acrotère ;
- résistance accrue aux chocs : à rez-de-chaussée non protégé.

REMARQUE

En rives de façade, bien que la majoration de la valeur de la charge en dépression, au regard de la valeur en partie courante, puisse être fort importante (x 2), la nécessité de réduire l'entraxe des chevrons en rives de façade ne s'impose pas forcément ; c'est le cas général des systèmes dont la valeur de calcul à l'état limite de service en dépression qui les caractérise en pose sur entraxe normal (60 cm) reste supérieure à la dépression telle qu'elle est calculée en rives d'un bâtiment donné, compte tenu de la région, du site et de sa hauteur.
Il est à noter que le renforcement de l'ossature en angle (voir supra) et en partie courante au-delà d'une certaine hauteur de la façade risque de conduire à terme à des tassements différentiels sous charge de poids propre, étant donné que les pattes seront chargées différemment. Il pourrait en résulter, selon les cas, pour les éléments de parement fixés « à cheval » sur deux zones d'ossature de comportement non homogène, des contraintes de compression ou de traction pouvant conduire à la rupture des plaques ou à leur échappement dans le cas de dalles posées en enfourchement sur des liteaux. Toutes dispositions seront donc prises pour éviter ces phénomènes soit par mise en œuvre d'une ossature homogène (éventuellement redondante en partie courante et en partie basse), soit en prévoyant le fractionnement (voir aussi § 4.3) de l'ouvrage ossature-parement en fonction des reprises de charge différentes. Ces dispositions ne visent pas les parements extérieurs « à écailles » qui, du fait des recouvrements latéraux et horizontaux, peuvent absorber ces variations dimensionnelles différentielles sans contraintes.
Pour ce qui concerne la résistance aux chocs, la réduction de l'entraxe des chevrons à rez-de-chaussée n'améliore que la résistance aux chocs de grands corps mous, lesquels entraînent des effets d'ensemble. La résistance aux chocs de petits corps durs, lesquels conduisent à des effets locaux, n'est pas modifiée et risque même d'être très légèrement amoindrie.

7.7.1.2 RABOUTAGE DES CHEVRONS

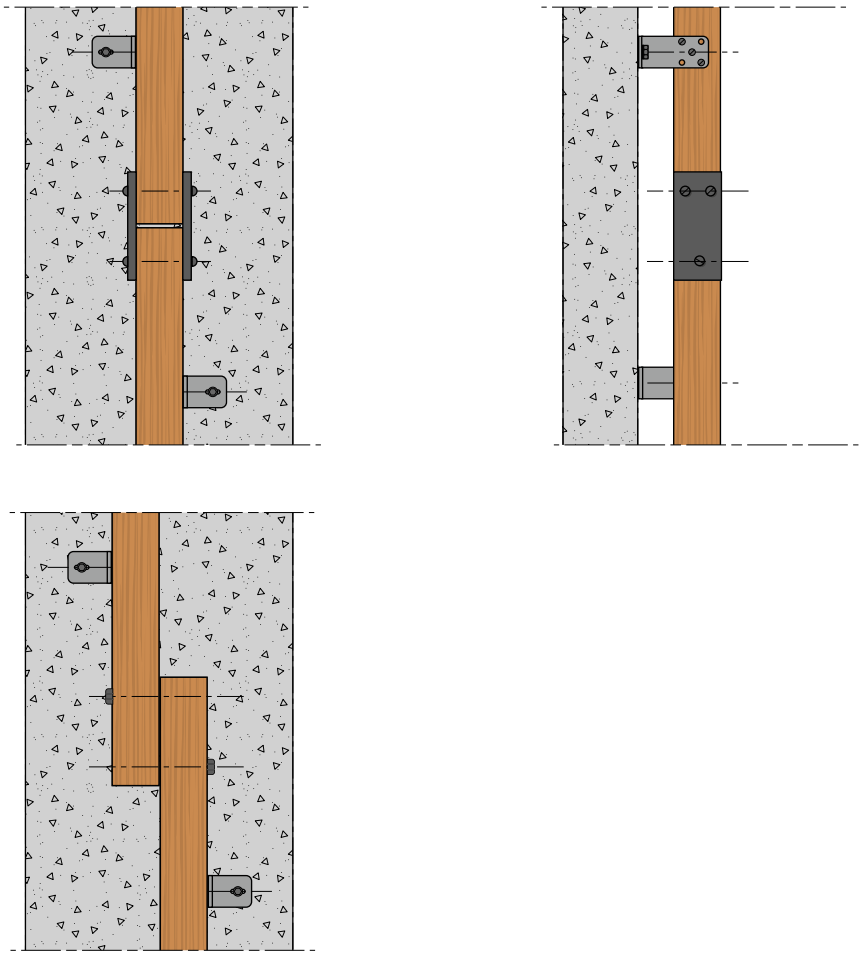
Sur la hauteur d'une façade, l'alignement vertical se fait généralement par chevauchement latéral sur 30 cm environ, ou en ligne bout à bout en laissant un jeu d'au moins 2 cm entre les extrémités des chevrons, chacune d'elles ayant sa fixation propre.

Dans le cas où il est nécessaire de disposer d'une ossature continue, on effectue un raboutage en ligne, chaque extrémité de chevrons ayant sa fixation disposée en alternance. Ce raboutage est réalisé par deux éclisses latérales en contreplaqué CTB-X 10 mm, clouées ou vissées sur les flancs des chevrons. Ces éclisses peuvent être en tôle d'acier d'épaisseur minimale 1 mm et être protégées par une galvanisation à chaud classe Z 275 vérifiée selon les spécifications de la norme NF A 36-321. Toute autre protection équivalente peut être employée.

La dimension des éclisses et les fixations utilisées devront assurer une liaison rigide et respecter les dispositions données (Figure 19).

Le raboutage peut être également effectué sur chevrons accolés et raccordés par chevauchement, à l'aide d'au moins deux tire-fonds ou boulons transversaux (Ø 7 mm minimum) conformément aux dispositions de la (Figure 19).

Figure 19 **Raboutage des chevrons**



Le raboutage des chevrons concernés doit être effectué avant mise en charge de l'ossature sous poids propre des éléments de parement. À défaut, cela pourrait conduire à une mise en charge cumulée des rangées successives de chevrons au fur et à mesure de la mise en œuvre du parement, les pattes équerres de la première rangée (inférieure) de chevrons pouvant être amenées à reprendre après raboutages successifs une charge plus élevée que la charge prévue initialement.

REMARQUE

Le fait de rabouter les chevrons conduit à la réalisation d'une ossature homogène et continue, cumulant les variations dimensionnelles de chacun des chevrons qui la compose.
Ces variations étant de l'ordre de 0,01 % et jusqu'à 0,02 % pour un écart de 1 % du taux d'humidité des bois et cet écart pouvant varier de 5 à 7 % l'été jusqu'à 18 % et plus l'hiver, il sera nécessaire d'en tenir compte, notamment en extrémités d'ossature aux raccordements avec les parties fixes solidaires du gros œuvre support, et dans l'organisation des joints de fractionnement.
En pratique, et compte tenu d'une certaine adaptation plastique, des chevrons raboutés sur des longueurs de 10 à 12 m n'imposent pas de dispositions particulières, compte tenu de la nécessité de réaliser un joint de fractionnement complet de l'ouvrage (ossature + parement extérieur) tous les quatre niveaux au plus (5,40 m x 2 = 10,80 m) capable d'absorber les variations dimensionnelles.

7.7.1.3 FRACTIONNEMENT

Un joint de fractionnement de la paroi de bardage sera toujours réalisé au droit des discontinuités entre chevrons. Autrement dit, un élément de parement ne devra jamais être posé en recouvrement d'un alignement de chevrons non raboutés de façon rigide (Figures 24 et 25).

REMARQUE

Exception peut être faite à la règle ci-dessus pour des parements de bardage constituées de petits éléments en pose à recouvrement et fixation sur leur seule rive haute, sous réserve que les longueurs de chevron continues (ou rendues telles) n'excèdent pas 5,4 m. Les bardages type écailles ou type clins posés à l'horizontale peuvent bénéficier de cette exception.

L'ouverture des joints de fractionnement doit être au moins de 7 mm par longueur continue de chevron de 5 à 6 m et 15 mm pour un raboutage conduisant à une longueur de 10 à 12 m. Des dispositions devront être prises pour limiter les entrées d'eau de pluie (bavette, par exemple) en fonction de la largeur de joint et l'exposition de la façade.

7.7.1.4 PLANÉITÉ GÉNÉRALE DES CHEVRONS

Le défaut de planéité en tout point du réseau de chevrons doit être inférieur à 1/200^{e} de l'entraxe des chevrons.

La mesure de ce défaut est effectuée comme suit :

- déplacer dans tous les sens une règle de 2,50 m de longueur en la maintenant en contact avec deux chevrons de part et d'autre du chevron considéré ;
- mesurer perpendiculairement au plan du bardage la distance maximale *h* pouvant exister entre la règle et le chevron médian précité.

7.7.1.5 POSE DE LA BANDE DE PROTECTION

Lorsque la pose directe (c'est-à-dire sans liteaux complémentaires) des éléments de paroi impose la présence d'une bande d'étanchéité sur la face vue du chevron, la pose de cette bande peut s'effectuer par simple agrafage ou simple clouage, puisque son maintien ultérieur sera assuré par les rives des parois fixées sur le chevron.

Lorsque l'élément de paroi est posé sur un chevron intermédiaire, ce chevron intermédiaire doit obligatoirement être garni lui aussi d'une bande d'étanchéité, que ce soit pour des raisons d'étanchéité ou pour des raisons de calage assurant une meilleure planéité de l'élément posé sur plus de deux appuis.

REMARQUE

En effet, dans le cas des bardages avec joints horizontaux de parement laissés ouverts, les chevrons sont exposés à la pluie (projection et ruissellement).

7.7.1.6 POSE DES LITEAUX

Entraxe des liteaux

L'entraxe des liteaux dépend du type d'élément de parement que l'on prévoit d'y accrocher. Cet entraxe est respecté à l'aide d'un gabarit spécifique à l'élément de parement. Ce gabarit peut être assujetti soit aux liteaux supports, soit aux éléments de parement et constitue alors un « gabarit perdu ».

Fixation des liteaux

Les liteaux sont fixés aux chevrons à chaque intersection. La fixation peut s'effectuer soit par clouage, soit par vissage.

Sauf justification particulière, le porte-à-faux en extrémité de liteau est limité au quart de la portée entre chevrons.

REMARQUE

Pour les liteaux fixés en pied de chevron soit en départ d'ouvrage, soit en linteau ou en joints de fractionnement, les gardes de vissage ou clouage données au § 4.6.3.2 doivent être impérativement respectées, et tout particulièrement pour les systèmes dont le poids des dalles est entièrement supporté par le liteau de rive basse.

Fixation par clouage

Le clouage s'effectue à l'aide de deux clous, crantés ou annelés. Ceux-ci sont disposés sur une diagonale du rectangle de superposition, en respectant une distance minimale égale à cinq fois le diamètre du clou.

L'utilisation de clous lisses n'est pas autorisée.

Fixation par vissage

Le vissage s'effectue à l'aide d'une vis à bois choisie en dimensions selon la valeur de calcul à l'état limite de service à l'arrachement requise.

La vis est normalement disposée au centre du rectangle de superposition liteau sur chevron. Avant mise en place de la vis, le liteau peut être mise en position sur le chevron par un clouage préalable à l'aide d'un clou lisse quelconque, de longueur suffisante.

Ce positionnement préalable du liteau bois permet l'éventuel préperçage nécessaire du logement de la vis, et le fraisage du logement de la tête fraisée lorsqu'elle doit être noyée.

Lorsque le vissage s'effectue à l'aide de deux vis, celles-ci sont disposées sur une diagonale du rectangle de superposition, en respectant une distance minimale égale à trois fois le diamètre de la vis.

Raccordement des liteaux

Sur la largeur de la façade, le raccordement des liteaux s'effectue par alignement horizontal bout à bout :

- toujours prévu au droit d'un chevron, chaque extrémité en regard des liteaux, ayant sa propre fixation sur le chevron ;
- avec un joint ouvert d'ouverture de 3 mm.

REMARQUE

La fixation des liteaux bois sur le chevron de raboutage doit respecter une distance minimale entre la fixation et l'extrémité du liteau, et entre la fixation et le bord du chevron de n Ø, où n est le diamètre nominal de la fixation, et n = 3 pour une fixation par vis et n = 5 pour une fixation par clous.

Le respect de ces distances minimales n'empêche pas toujours le bois de se fendre, et il peut être utile de percer des avant-trous pour limiter ce risque ou d'accoler un segment de chevron fixé latéralement.

7.7.2 OSSATURE MÉTALLIQUE

7.7.2.1 CONCEPTION DE L'OSSATURE

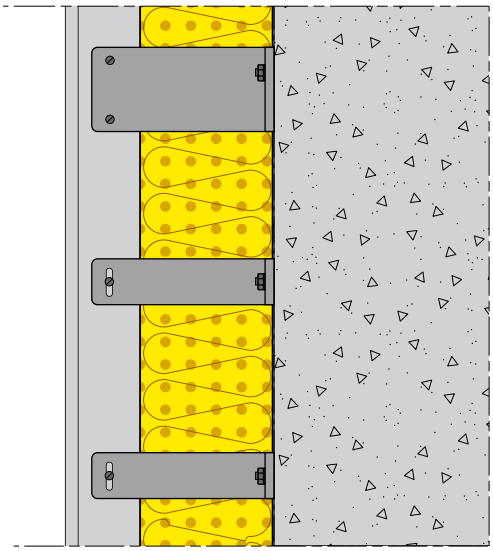
La prise en compte des lois physiques appliquées aux phénomènes de dilatation doit conduire à une conception permettant d'assurer une libre dilatation des profilés ou tout au moins de limiter convenablement les contraintes et/ou déformations résultant d'un montage dans lequel les mouvements seraient plus ou moins bridés.

Conception d'ossature librement dilatable

Le fonctionnement en libre dilatation de l'ossature repose sur un principe d'assujettissement au gros œuvre par point fixe et points coulissants (dilatants, glissants).

Le point fixe, le plus généralement disposé en tête de profilé, reprend les charges verticales de poids propre, ainsi qu'une partie des efforts dus aux effets du vent, alors que les points coulissants, répartis le long du profilé, ne reprennent en principe que les efforts dus aux effets du vent.

Figure 20 **Ossature dilatable**



REMARQUE 1

Certaines considérations peuvent conduire à disposer la patte de point fixe ailleurs qu'en tête des profilés (coïncidence des joints de fractionnement des plaques de revêtement, par exemple).

REMARQUE 2

Si le coulissement entre pattes et profilé est contrarié (serrage excessif, défauts de planéité ou d'alignement, etc.), les pattes de points glissants subiront des efforts dans le plan vertical. Les pattes devront, dans ce cas, subir des essais adaptés (*cf.* Annexe A) en vue de vérifier qu'elles sont aptes à reprendre de tels efforts.

Conception d'ossature bridée

Le fonctionnement d'une ossature bridée repose sur un assujettissement pseudo rigide au gros œuvre au moyen de pattes de fixation réparties le long du profilé et reprenant chacune une part des efforts résultant :

- des charges de poids propre,
- des effets du vent,
- des effets de la dilatation.

Cette conception n'est envisageable que dans l'hypothèse de mouvements de faible amplitude pouvant être absorbés par les organes de fixation dans la limite de contraintes de service et de déformations élastiques ou plastiques (adaptation) vérifiées compatibles avec les éléments de revêtements prévus.

Figure 21 Ossature bridée

REMARQUE

Dans une telle conception, il est difficile d'évaluer les efforts transmis aux organes de liaison, notamment pour ceux situés aux extrémités des profilés qui, outre les charges de poids propre et de vent, supporteront les effets dus à la dilatation en majoration ou minoration des charges de poids propre selon le sens des variations (dilatation ou retrait).
Les contraintes résultant de ces différents efforts sont à la fois reprises par les fixations entre profilés et pattes (vis ou rivets) et par les fixations entre pattes et gros œuvre (ancrage), et sont plus ou moins atténuées en fonction de la déformabilité des pattes (dans le domaine élastique) et de l'adaptation de plasticité de l'assemblage (constitution de « rotules » locales).

Il ressort *a priori* des considérations ci-dessus, qu'en raison de l'absence de comportement élastique et d'une sensibilité certaine à la fatigue, les ossatures réalisées en alliage d'aluminium ne sont pas les mieux adaptées à ce type de montage bridé.

Néanmoins, le montage bridé peut être envisagé pour des profilés de faible longueur (distance entre fixations extrêmes < 3 m) ancrés dans un gros œuvre en béton (maçonneries d'éléments exclues) par des chevilles métalliques dans la mesure où les déformations localisées évoquées dans la remarque *supra* permettent de créer, dès la mise en service ou à court terme, les jeux nécessaires à une réduction sensible des contraintes initiales.

L'emploi des profilés en acier dans une conception de montage bridé peut être envisagé plus favorablement dans la mesure où :

- d'une part, le coefficient de dilatation de l'acier est de moitié inférieur à celui des alliages d'aluminium et que,
- d'autre part, la géométrie des pattes est étudiée pour permettre des déformations « élastiques » suffisantes pour absorber les contraintes additionnelles induites par la dilatation des profilés.

REMARQUE

Dans de tels systèmes d'ossature acier, dont certains sont commercialisés depuis plus de quinze ans sans qu'il ait été constaté de désordres apparents, on retrouve :
– des profilés de longueur maximale 6 m ;
– des éclisses de raccordement en extrémités des profilés qui bien que montées assez serrées ne s'opposent que partiellement aux variations de longueur des profilés ;
– des pattes équerres de fixation au gros œuvre présentant sous charge verticale une bonne déformabilité, voire une pseudo-articulation au niveau des pattes avec rallonge à coulisse.

À noter également que les déformations observées au-delà de la limite d'élasticité sont encore d'une grande amplitude avant qu'elles ne conduisent à la ruine des pattes ou à une perte significative de leur résistance.

Concernant les risques d'affaiblissement dus à d'éventuels phénomènes de fatigue, ceux-ci ne paraissent pas à craindre pour ces pattes en acier, dans la mesure où les fréquences des alternances retrait-dilatation sont faibles (cycle journalier), ce qui, pour une durée de vie escomptée de cinquante ans, représente 2 à 3.10^4 cycles, et que, par ailleurs, les vitesses de variation sont assez lentes.

7.7.2.2 ENTRAXE DES PROFILÉS PORTEURS

L'entraxe des profilés dépend d'un certain nombre de facteurs dont, en particulier, la nature du parement extérieur.

En effet, il est d'usage pour des raisons d'aspect de limiter conventionnellement la flèche prise sous vent de site W_{50} par la paroi entre profilés porteurs au $1/83^e$ de la portée entre profilés.

L'entraxe est limité à 600 mm. Il peut être ramené à 450 ou à 300 mm en rives de la façade pour différentes raisons :

- augmenter la résistance au vent en angles de façade et en acrotère ;
- augmenter la résistance aux chocs : à rez-de-chaussée non protégé.

REMARQUE 1

En rives de façade, bien que la majoration de la valeur de la charge en dépression, au regard de la valeur en partie courante, puisse être importante (facteur 2), la nécessité de réduire l'entraxe des profilés en rives de façade ne s'impose pas forcément ; c'est le cas général des systèmes dont la résistance de service en dépression qui le caractérise en pose sur entraxe normal (60 cm), reste supérieure à la dépression telle qu'elle est calculée en rives d'un bâtiment donné, compte tenu de sa hauteur, de la région et du site.

REMARQUE 2

Il est à noter que ce renforcement de l'ossature en angle (voir *supra*) et en partie courante au-delà d'une certaine hauteur de la façade risque de conduire à terme à des tassements différentiels sous charge de poids propre, puisque les pattes seront plus ou moins chargées différemment en fonction de leur densité (nombre/m^2).

REMARQUE 3

Pour ce qui concerne la résistance aux chocs de conservation des performances, la réduction de l'entraxe des profilés à rez-de-chaussée n'est susceptible d'améliorer que la résistance aux chocs de grands corps mous, lesquels entraînent des effets d'ensemble. La résistance aux chocs de petits corps durs, lesquels conduisent à des effets locaux, ne s'en trouve pas améliorée et risque même parfois d'être légèrement amoindrie. Il est possible d'éviter cette éventuelle diminution de performance sous chocs de corps durs en laissant un espace entre le dos de la paroi et la face avant des éventuels profilés intermédiaires supplémentaires.

7.7.2.3 FIXATION DES PROFILÉS PORTEURS SUR LES PATTES ÉQUERRES

C'est dans cette phase de la mise en œuvre que l'on cherchera à obtenir la nécessaire coplanéité des montants d'ossature au regard :

- d'une part, des exigences découlant du mode de fixation des parements sur l'ossature et,
- d'autre part, de l'exigence d'aspect de l'ouvrage fini.

Concernant l'exigence d'aspect, il est rappelé (*cf.* NF DTU 33.1 P1-1) « que les façades doivent présenter un aspect régulier, sans hétérogénéité anormale visible autre que celle éventuellement demandée lors de l'appel d'offres. Les lignes continues doivent avoir une rectitude ou une courbure convenable ».

Les vis autotaraudeuses et autoperceuses doivent être posées avec les outils appropriés munis de dispositifs de débrayage contrôlé et commandé par une butée de profondeur. Ces dispositifs doivent être régulièrement vérifiés pendant la mise en œuvre.

Les diamètres de préperçage préconisés par le fournisseur des vis autotaraudeuses et par celui des rivets doivent être respectés, notamment par un choix rigoureux du foret correspondant.

Dans le cas des liaisons avec jeux (points « glissants »), le serrage des fixations sera adapté et devra être rendu indesserrable. Les nez de riveteuses seront équipés d'une cale de réglage appropriée.

REMARQUE 1

Le serrage des fixations doit être indiqué par le fournisseur de l'ossature. En tout état de cause, le serrage et, par conséquent, l'effort de frottement entre patte et profilé qui en résulte, doit être compatible avec l'aptitude de la patte à reprendre des charges verticales. Cette aptitude doit être vérifiée en charge ascendante et descendante selon les modalités de l'Annexe A.

REMARQUE 2

Les assemblages réalisés par vis autoperceuse ou autotaraudeuse et par rivet sont considérés comme indesserrables.

7.7.2.4 RACCORDEMENT DES PROFILÉS PORTEURS

Le raccordement suivant un alignement vertical s'effectue en laissant un joint ouvert dont la largeur est fonction du matériau (acier ou aluminium) de la température lors de la mise en œuvre et de la longueur de profilé rendu continu entre deux joints.

En pratique, l'ouverture minimale du joint entre deux extrémités de profilés successifs est à prévoir à la pose avec une amplitude par mètre linéaire de profilé égale à 2 mm pour ceux en alliage d'aluminium et à 1 mm pour ceux en acier.

Par commodité de réglage d'alignement, un éclissage est généralement prévu. Cet éclissage est obligatoirement coulissant.

L'éclissage coulissant est le plus souvent réalisé au niveau d'une patte spéciale reprenant les charges verticales du profilé inférieur en point fixe, et les charges de vent du profilé supérieur en point coulissant (Figure 22).

REMARQUE

Il peut être admis que dans le cas d'un ouvrage de hauteur de 12 m au plus, voire de modules de hauteur équivalente, les profilés librement dilatables soient aboutés par éclissage rigide (non coulissant) entre leurs fixations au droit d'un point fixe commun.
Dans ce cas, le point fixe du profilé inférieur est situé en tête de ce profilé, et le point fixe du profilé supérieur est en pied de ce profilé. Dans cette disposition, ou autres dans lesquelles le point fixe n'est pas en partie haute du profilé, la convenance de ce dernier vis-à-vis des risques de flambage dus à la reprise des charges verticales de poids propre sera vérifiée.
Cette disposition permet d'augmenter la longueur de profilé porteur (ainsi rendu continu) et d'écarter la distance entre joints de fractionnement (tous les 12 m maximum).

Figure 22 Éclissage – Ossature dilatable

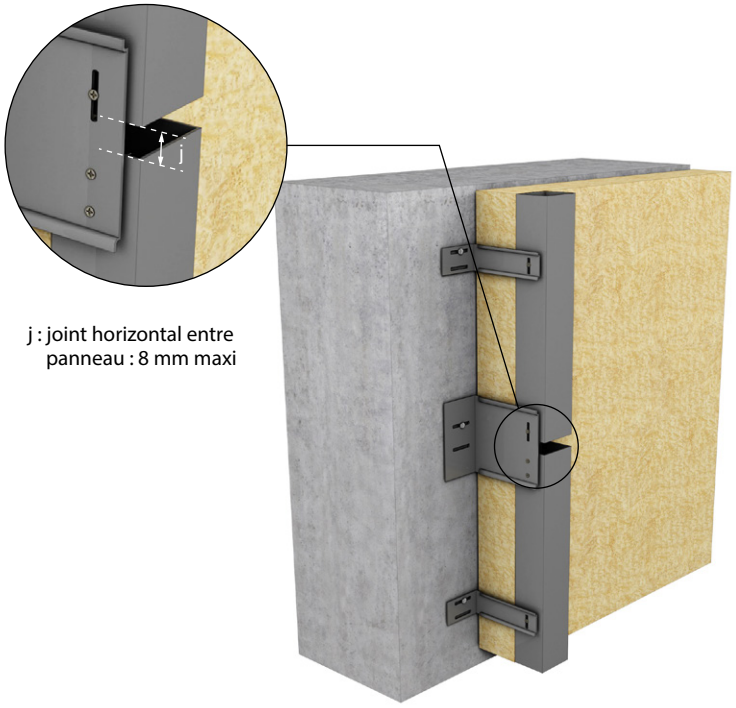
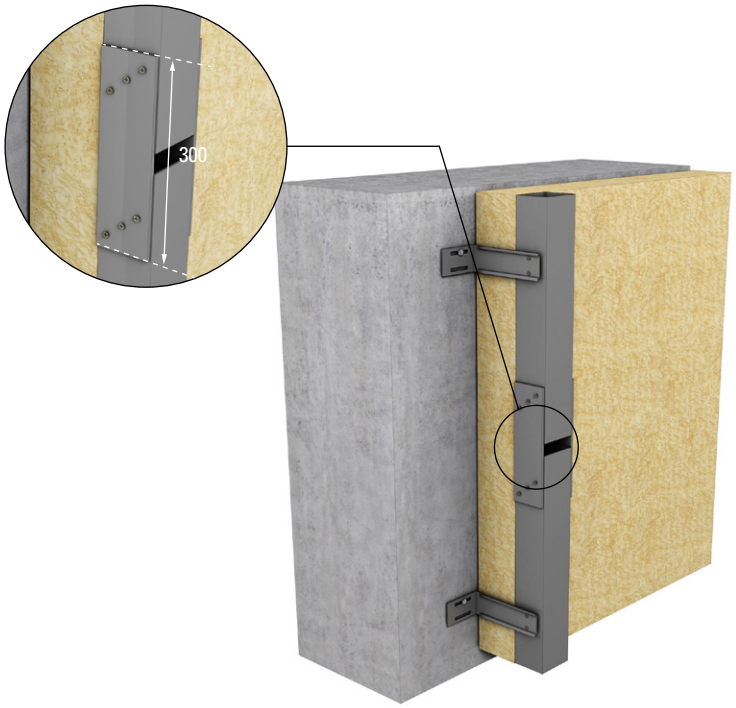


Figure 23 Éclissage – Ossature bridée



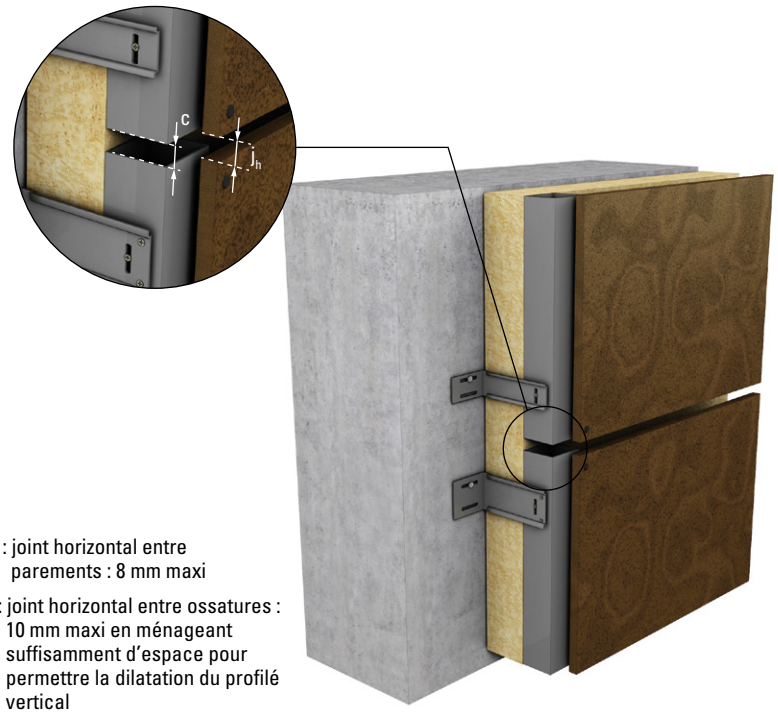
7.7.2.5 JOINTS DE FRACTIONNEMENT

Les éléments de parement ne devront jamais être posés et fixés « à cheval » en alignement vertical sur deux profilés porteurs indépendants.

En conséquence, l'aboutage des profilés doit s'effectuer sur une même ligne horizontale, par ailleurs en coïncidence avec les joints horizontaux des éléments de parois.

La coïncidence entre joint horizontal des plaques ou dalles de revêtement et joint ouvert entre profilés porteurs doit être prévue lors du calepinage de la façade. Il peut être préférable alors de limiter la longueur des profilés porteurs de façon à réduire l'amplitude des variations dimensionnelles et de s'affranchir éventuellement de la nécessité de protéger le joint horizontal entre plaques de paroi vis-à-vis des risques d'entrée d'eau (bavette, par exemple).

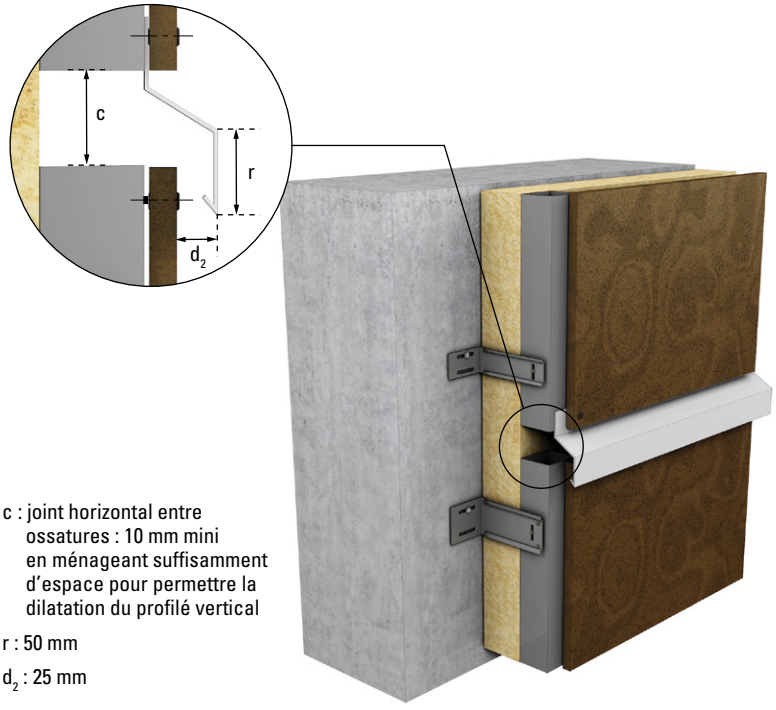
Figure 24 Fractionnement d'ossature – sans bavette



jh : joint horizontal entre parements : 8 mm maxi

c : joint horizontal entre ossatures : 10 mm maxi en ménageant suffisamment d'espace pour permettre la dilatation du profilé vertical

Figure 25 Fractionnement d'ossature avec bavette



c : joint horizontal entre ossatures : 10 mm mini en ménageant suffisamment d'espace pour permettre la dilatation du profilé vertical

r : 50 mm

d_2 : 25 mm

7.8 MISE EN ŒUVRE DES HABILLAGES

Avant la pose des parements, les profilés d'habillage au droit des angles sortants, des angles rentrants, des menuiseries extérieures et des joints de dilatation doivent être mis en œuvre suivant les détails d'exécution établis pour les points singuliers.

7.9 LAME D'AIR VENTILÉE

Une lame d'air continue est toujours ménagée entre le nu externe de l'isolant et la face arrière du revêtement (parement extérieur). Pour la pose des petits éléments de couverture sur des liteaux horizontaux bois, la lame d'air continue doit être réalisée entre le nu extérieur de l'isolant et la face arrière des liteaux horizontaux supports des petits éléments de couverture. Cet espace permet l'évacuation de l'humidité provenant d'infiltration ou de condensations éventuelles.

7.9.1 SECTION DE VENTILATION

Pour que la lame d'air soit suffisamment ventilée, il convient d'éviter les pertes de charge. Pour cela, il faut prévoir :

- une section suffisante en partie courante, de largeur au moins égale à 20 mm ;
- les entrées et sorties de ventilation de section suffisante dimensionnées selon la formule :

$$S = 50 \times (H/3)^{0,4}$$

avec :

H = la hauteur du bardage exprimée en mètre ;

S = la surface des orifices de ventilation en partie haute ou basse, exprimée en cm^2 par mètre linéaire de largeur de bardage.

En pratique ceci correspond à :

Tableau 8 Section de ventilation

Hauteur	Surface des orifices
< 3,0 m	50 cm^2
3 à 6,0 m	65 cm^2
6 à 10,0 m	80 cm^2
10 à 18,0 m	100 cm^2

En départ de bardage au niveau bas l'ouverture est protégée par un profilé à âme perforée constituant barrière antirongeurs.

En arrêt haut, l'ouverture doit être protégée par une avancée (couvertine, par exemple) munie d'un larmier.

7.9.2 COMPARTIMENTAGE DE LA LAME D'AIR

7.9.2.1 GÉNÉRALITÉS

Du point de vue de la sécurité incendie, pour limiter l'effet cheminée créé par la lame d'air ventilée, celle-ci doit être recoupée horizontalement. Voir en Annexe E les exigences de l'Instruction Technique 249 à ce sujet.

En l'absence d'exigences du point de vue de la réglementation incendie, le fractionnement de la lame d'air doit être prévu en fonction de la disposition de la façade. La hauteur maximale sans fractionnement de la lame d'air est 24 m.

REMARQUE

La limitation de la hauteur des modules à 24 m a pour objet d'éviter les vibrations et les bruits engendrés par les vitesses excessives de circulation de l'air derrière le revêtement.

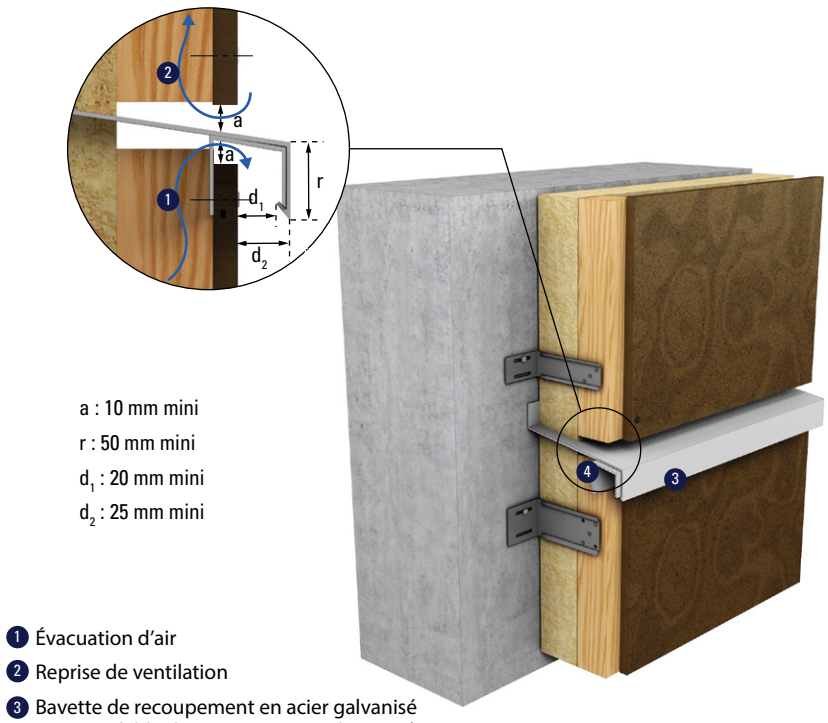
7.9.2.2 RÉALISATION DU COMPARTIMENTAGE HORIZONTAL

Le recoupement horizontal de la lame d'air est réalisé à l'aide d'une bavette en acier galvanisé ou inoxydable. Ce fractionnement de l'ossature du bardage peut être mis à profit pour réaliser le compartimentage nécessité par les prescriptions relatives à la Sécurité Incendie (IT 249), auquel cas il convient d'utiliser une bavette d'épaisseur minimale 15/10ème.

Au niveau de ce joint horizontal de fractionnement, les lames d'air inférieure et supérieure débouchent avec les sections minimales indiquées (Tableau 8).

La présence d'un joint de fractionnement d'ossature peut être mise à profit pour réaliser le compartimentage horizontal de la lame d'air.

Figure 26 Compartimentage horizontal de la lame d'air



a : 10 mm mini
r : 50 mm mini
d_1 : 20 mm mini
d_2 : 25 mm mini

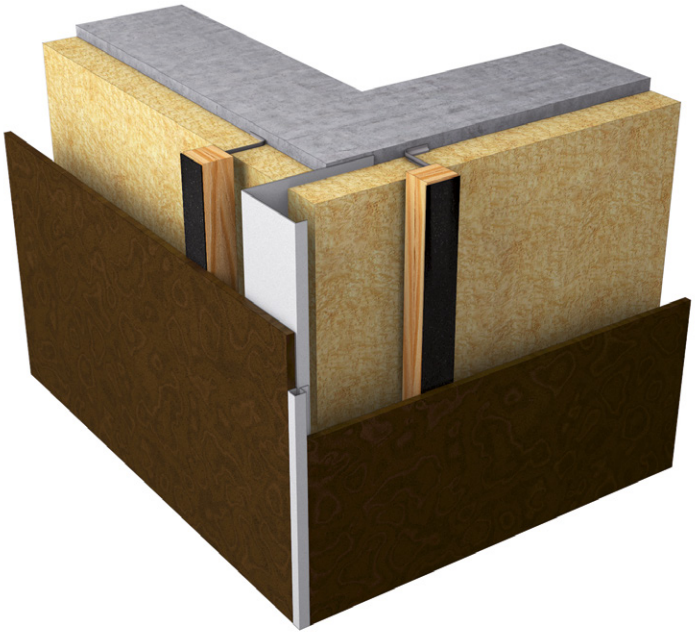
1. Évacuation d'air
2. Reprise de ventilation
3. Bavette de recoupement en acier galvanisé ou inoxydable d'épaisseur minimale 15/10ème
4. Reprise ponctuelle de la bavette de recoupement

7.9.2.3 RÉALISATION DU COMPARTIMENTAGE VERTICAL

Entre le dos de revêtement et le nu des montants d'ossature (chevrons ou montants) circule une lame d'air horizontale correspondant à l'épaisseur des liteaux horizontaux qui fait le tour du bâtiment.

Pour s'opposer à un appel d'air latéral entre la façade au vent et la façade sous le vent, il convient de prévoir en angle sortant, et sur toute la hauteur de façade, un cloisonnement réalisé en matériau durable comme la tôle d'aluminium ou l'acier galvanisé Z 275 (Figure 27).

Figure 27 **Compartimentage vertical de la lame d'air en angle sortant**



7 10 MISE EN ŒUVRE DU PAREMENT

7.10.1 CLINS PVC

Les clins PVC sont posés sur une ossature bois.

Seules les poses horizontales et verticales sont visées.

En pose horizontale, ils sont fixés au droit de chaque chevron par une fixation telle que décrite au § 4.8.1.

En pose verticale, ils sont posés sur une ossature double réseau. Les liteaux sont espacés de 600 mm maximum. Les clins sont fixés à l'intersection avec chaque liteau bois par une fixation telle que décrite au § 4.8.1.

7.10.2 PETITS ÉLÉMENTS DE COUVERTURE

7.10.2.1 ARDOISES NATURELLES

La pose est conforme au NF DTU 40.11.

Les types de pose sont limités à :

- la pose à pureau entier ;
- la pose en losange ;
- la pose à claire-voie.

7.10.2.2 ARDOISES EN FIBRES-CIMENT

La pose est conforme au NF DTU 40.13.

Les types de pose sont limités à :

- la pose à pureau entier ;
- la pose en losange ;
- la pose à claire-voie.

Pour les ardoises en fibres-ciment, la valeur minimale du recouvrement est de 60 mm pour les 3 types de pose.

8 TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS ET DES INTERFACES

8.1 DÉPART DE BARDAGE

Pour traiter les ponts thermiques en partie basse des bardages, les isolants mis en œuvre doivent être évalués quant à leur comportement par rapport :

- au contact avec la terre ;
- à la présence d'eau ;
- aux effets du gel et du dégel ;
- à leur tenue aux UV s'ils ne sont pas protégés ;
- à leur tenue aux chocs s'ils ne sont pas protégés.

8.1.1 SANS ISOLATION DE PIED DE FAÇADE

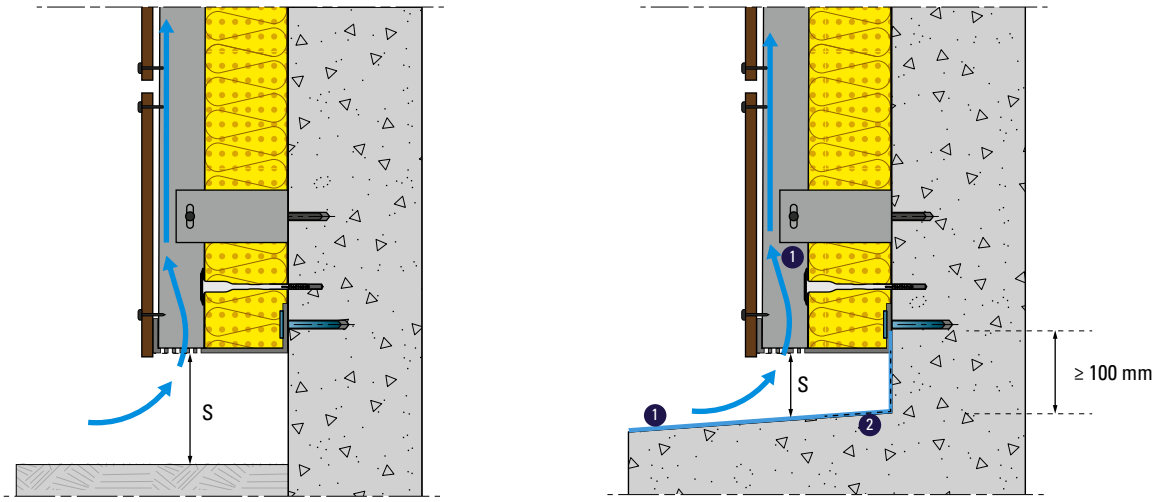
L'éventuelle étanchéité est réalisée par un étancheur selon les Règles Professionnelles SEL concernant les travaux d'étanchéité réalisés par application de Systèmes d'Etanchéité Liquide sur balcons et planchers sur espaces non clos du bâtiment de juillet 2021.

Figure 28 **Départ de bardage – ossature bois**

Dans le cas d'une ossature bois, support de bardage, S ≥ 150 mm sur sol meuble et dur démarrant de la surface du sol fini qui sera la face supérieure de la protection lourde en cas d'étanchéité avec protection lourde

1 SEL
2 SEL renforcé par une armature

Figure 29 Départ de bardage – ossature métallique



Dans le cas d'une ossature métallique, support de bardage, S ≥ 150 mm sur sol meuble et 50 mm sur sol dur démarrant de la surface du sol fini qui sera la face supérieure de la protection lourde en cas d'étanchéité avec protection lourde

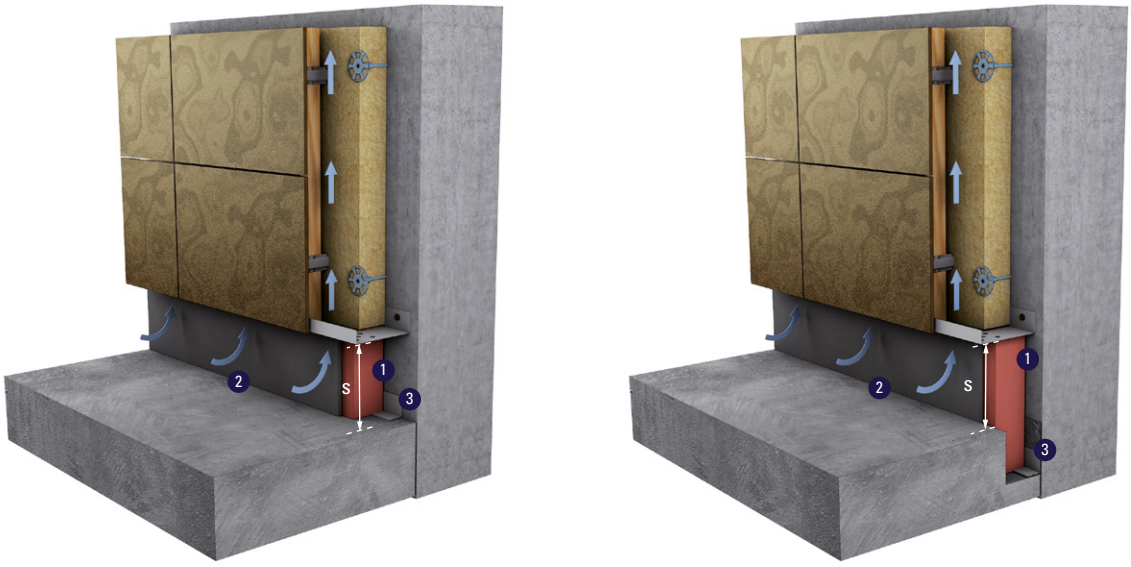
1 SEL
2 SEL renforcé par une armature

8.1.2 AVEC ISOLATION DU PIED DE FAÇADE

La mousse de polystyrène extrudée (XPS) avec protection intégrée ou ajoutée peut être utilisée pour cette application.

Les Recommandations Professionnelles de la CFSE « Isolation thermique par l'extérieur des parois enterrées » peuvent être consultées.

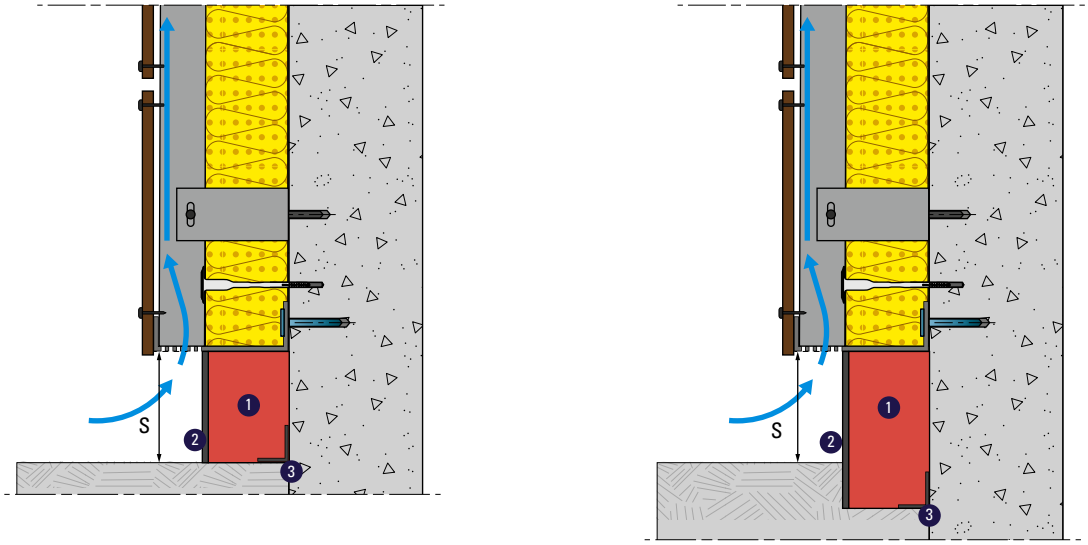
Figure 30 **Départ de bardage – ossature bois avec isolation du pied de façade**



Dans le cas d'une ossature bois, support de bardage, S ≥ 150 mm

1. Isolant PSE ou XPS adapté
2. Protection (plaque manufacturée ou système d'enduit adapté)
3. Cornière simple (facultative)

Figure 31 Départ de bardage – ossature métallique avec isolation du pied de façade



Dans le cas d'une ossature métallique, support de bardage,
S ≥ 150 mm sur sol meuble et 50 mm sur sol dur

1. Isolant PSE ou XPS adapté
2. Protection (plaque manufacturée ou système d'enduit adapté)
3. Cornière simple (facultative)

8.1.3 AVEC ÉTANCHÉITÉ ET ISOLATION ENTERRÉES

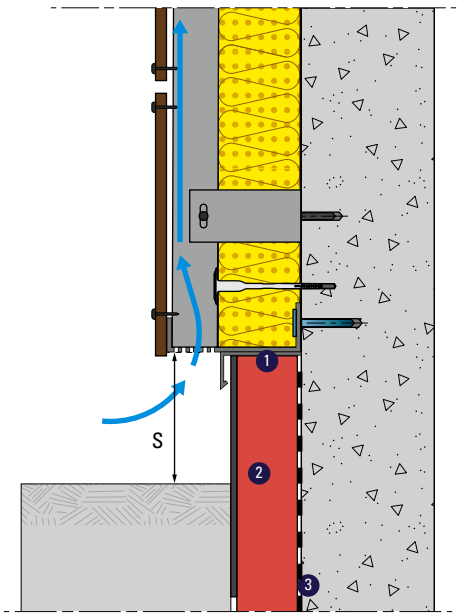
L'isolation enterrée et l'étanchéité, ainsi que la bande de protection de la tête du complexe sont réalisées par un étancheur respectivement selon les Recommandations Professionnelles de la CFSE « Isolation thermique par l'extérieur des parois enterrées avec revêtement d'étanchéité » et l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application du complexe d'étanchéité de paroi enterrée.

Figure 32 Départ de bardage – ossature bois avec étanchéité et isolation enterrée

S ≥ 150 mm

1. Profil de protection de la tête du complexe
2. Isolant de paroi enterrée et sa protection mécanique
3. Étanchéité de partie enterrée

Figure 33 Départ de bardage – ossature métallique avec étanchéité et isolation enterrée



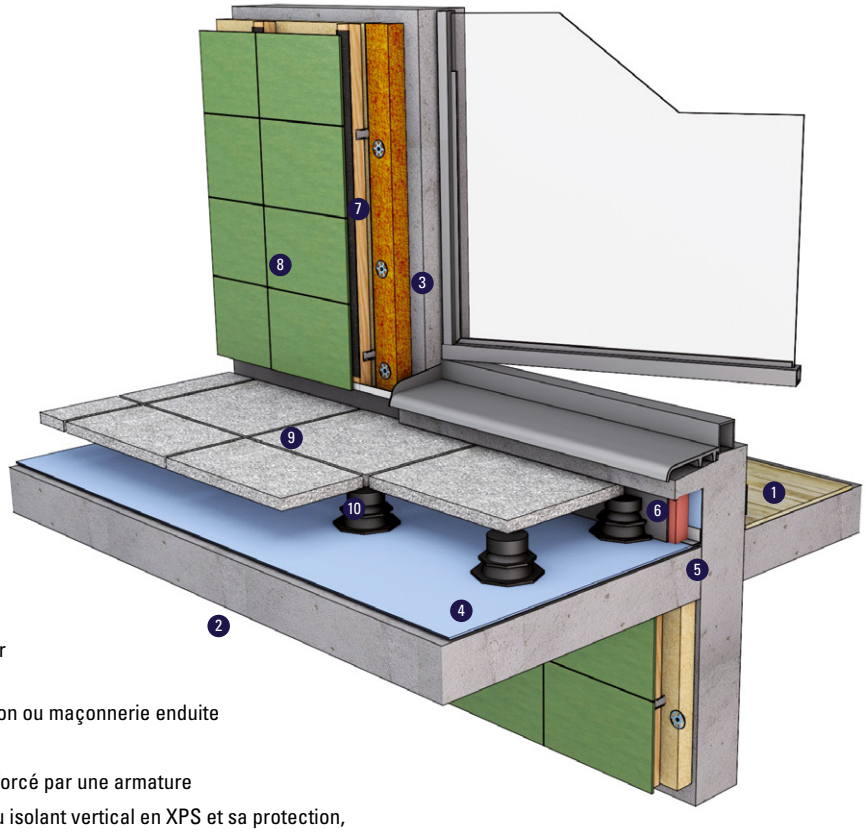
S ≥ 150 mm

1. Profil de protection de la tête du complexe
2. Isolant de paroi enterrée et sa protection mécanique
3. Étanchéité de partie enterrée

8.1.4 TRAITEMENT EN BALCON AVEC DALLES SUR PLOTS

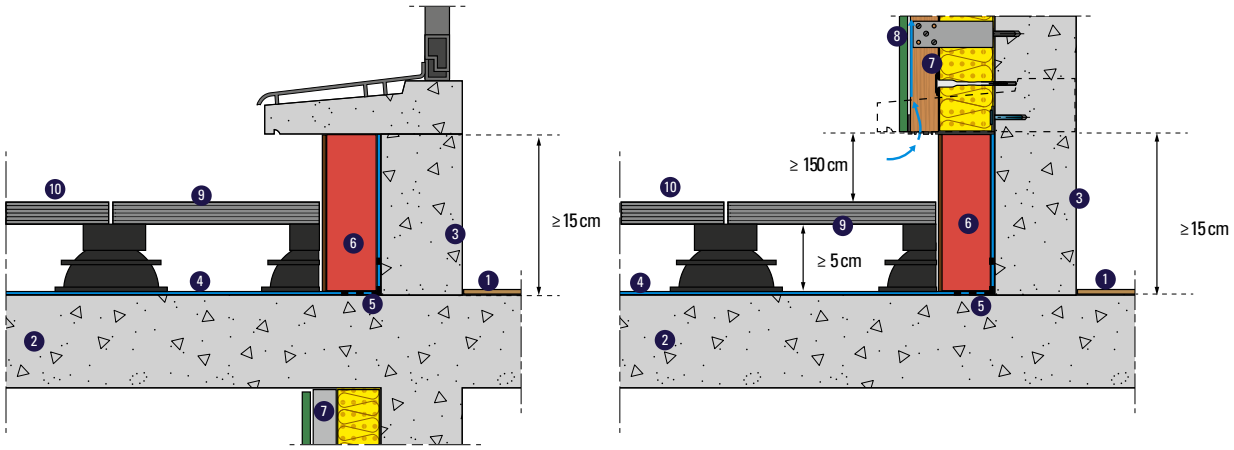
L'éventuelle étanchéité et l'isolation du relevé, y compris sa protection, sont réalisées par un étancheur respectivement selon les Règles Professionnelles SEL concernant les travaux d'étanchéité réalisés par application de Systèmes d'Etanchéité Liquide sur balcons et planchers sur espaces non clos du bâtiment de juillet 2021 et l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application du panneau isolant vertical en XPS visant son emploi en relevé d'isolation inversée de toiture..

Figure 34 Perspective Traitement balcon



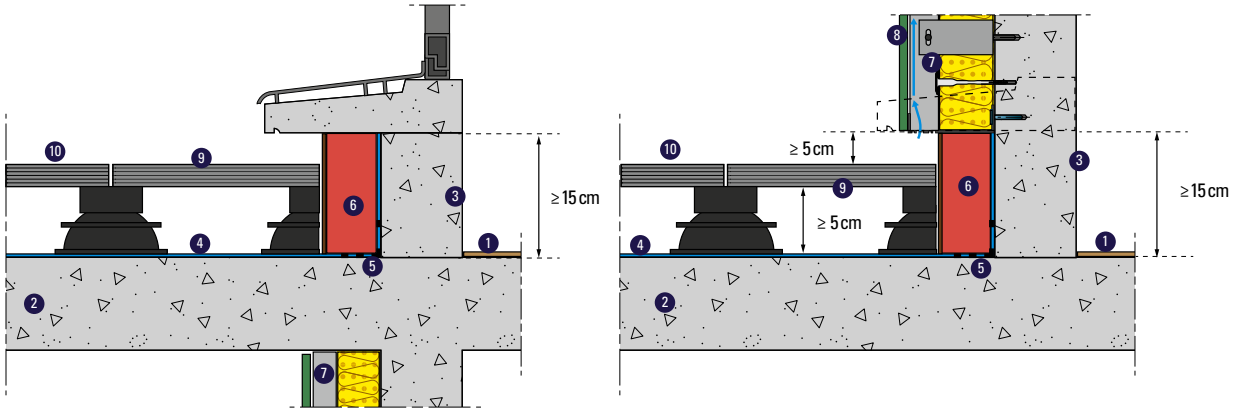
1. Plancher
2. Balcon
3. Mur béton ou maçonnerie enduite
4. SEL
5. SEL renforcé par une armature
6. Panneau isolant vertical en XPS et sa protection, collé par plots sur le SEL saupoudré de sable
7. Ossature rapportée
8. Parement de bardage
9. Dalles sur plots

Figure 35 Traitement balcon – ossature bois



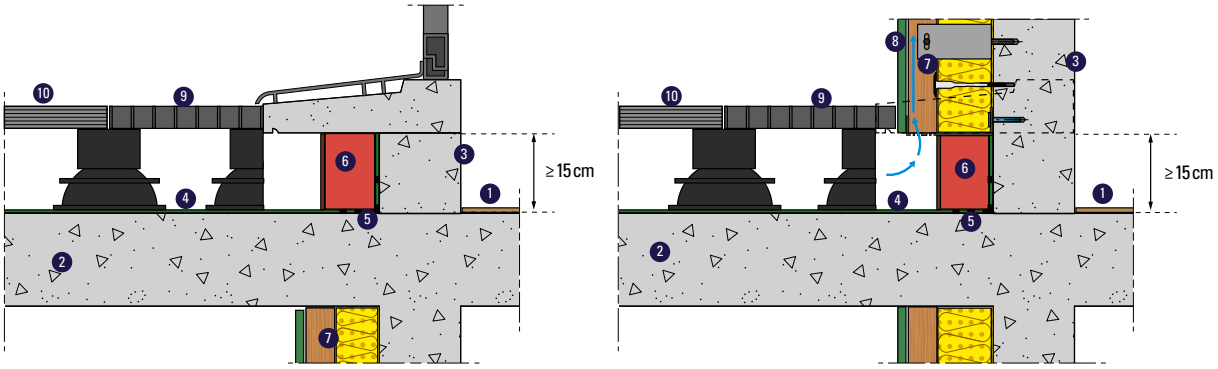
1. Plancher
2. Balcon
3. Mur béton ou maçonnerie enduite
4. SEL
5. SEL renforcé par une armature
6. Panneau isolant vertical en XPS et sa protection, collé par plots sur le SEL saupoudré de sable
7. Ossature rapportée
8. Parement de bardage
9. Dalles sur plots ou caillebottis sur au moins 15 cm en avant du parement de bardage
10. Dalles sur plots

Figure 36 Traitement balcon – ossature métallique



1. Plancher
2. Balcon
3. Mur béton ou maçonnerie enduite
4. SEL
5. SEL renforcé par une armature
6. Panneau isolant vertical en XPS et sa protection, collé par plots sur le SEL saupoudré de sable
7. Ossature rapportée
8. Parement de bardage
9. Dalles sur plots ou caillebottis sur au moins 15 cm en avant du parement de bardage
10. Dalles sur plots

Figure 37 Traitement balcon – ossature bois ou métallique – Prise d'air sous les caillebotis – limité à une hauteur de bardage de 6 m



1. Plancher
2. Balcon
3. Mur béton ou maçonnerie enduite
4. SEL
5. SEL renforcé par une armature
6. Panneau isolant vertical en XPS et sa protection, collé par plots sur le SEL saupoudré de sable
7. Ossature rapportée
8. Parement de bardage
9. Caillebottis sur au moins 15 cm en avant du parement de bardage
10. Dalles sur plots

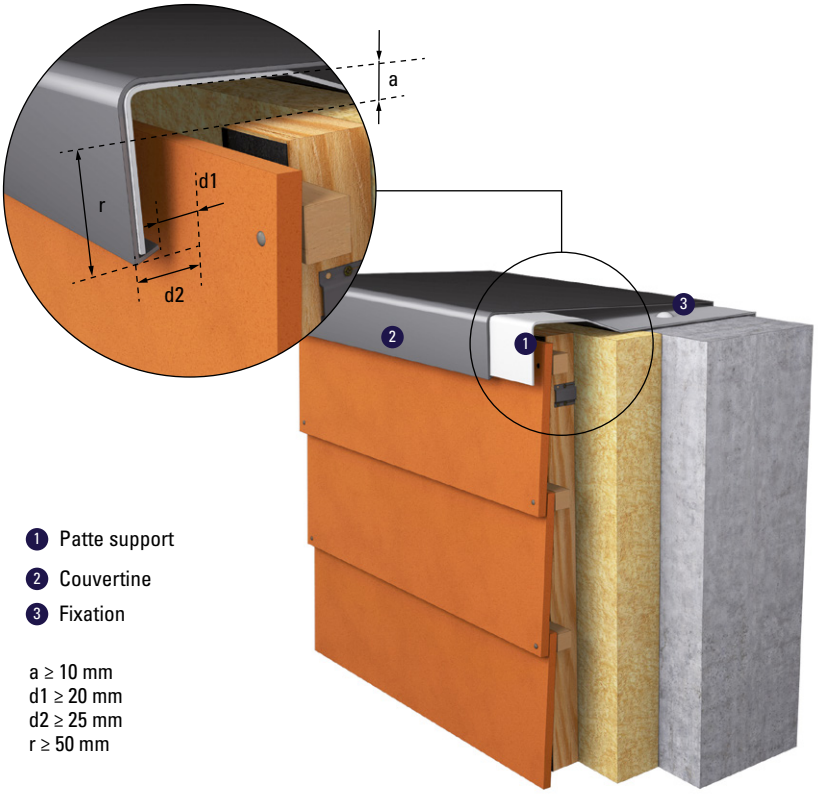
NOTE

Le caillebotis ajouré permet de créer la ventilation basse nécessaire pour le bardage rapporté à ossature bois ou métallique. Il ne doit en aucun cas être remplacé par des dalles pleines. Il doit être entretenu pour que les vides du caillebotis puissent continuer à laisser passer l'air nécessaire à la ventilation du bardage rapporté.

8.2 ARRÊT SUR ACROTÈRE OU SOUS AVANCÉE DE TOITURE

La couvertine ventilée est mise en œuvre selon le rapport « Dimensionnement des couvertines » d'octobre 2021.

Figure 38 Arrêt sur acrotère – ossature bois



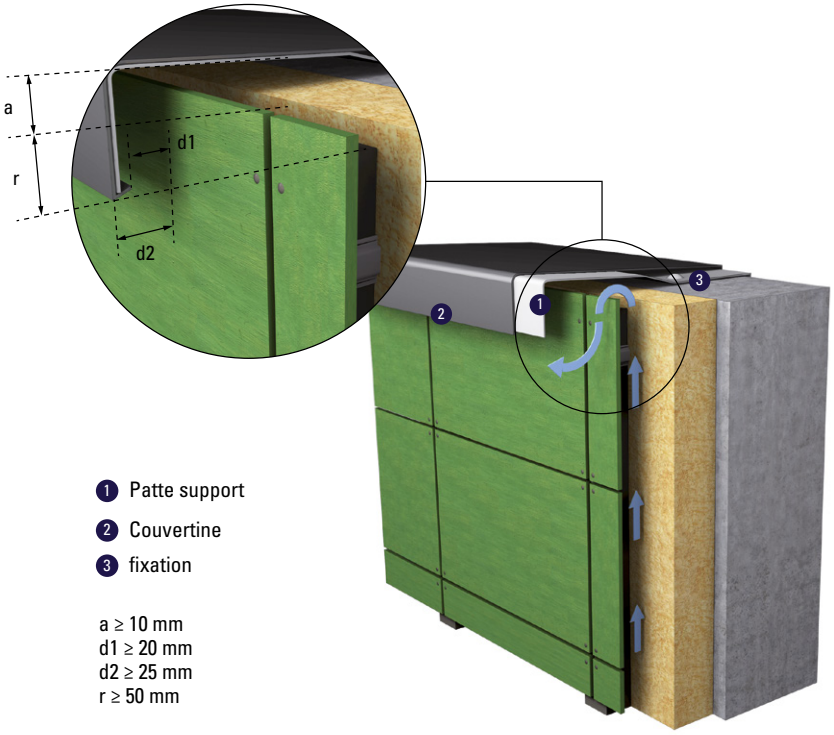
1 Patte support
2 Couvertine
3 Fixation

a ≥ 10 mm
d1 ≥ 20 mm
d2 ≥ 25 mm
r ≥ 50 mm

NOTE

L'isolation de l'acrotère permet de réduire les ponts thermiques.

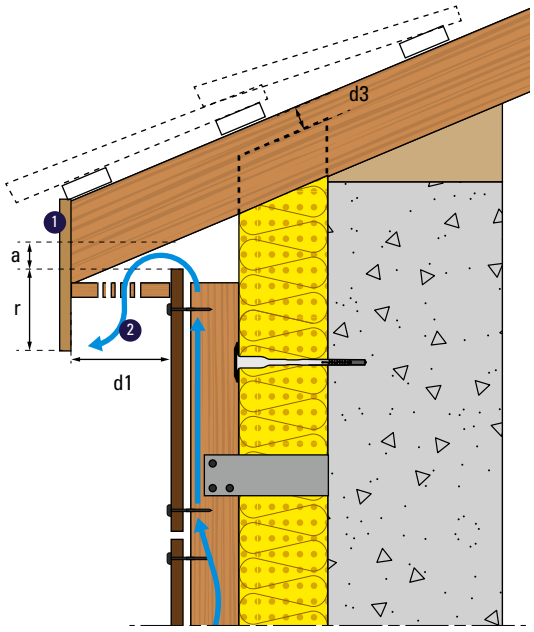
Figure 39 Arrêt sur acrotère – ossature métallique



1 Patte support
2 Couvertine
3 fixation

a ≥ 10 mm
d1 ≥ 20 mm
d2 ≥ 25 mm
r ≥ 50 mm

Figure 40 Arrêt sous avancée de toiture – ossature bois ou métallique



1 Bande de rive
2 Ventilation par l'air extérieur

a ≥ 10 mm
d3 ≥ 20 mm
d1 ≥ 25 mm
r ≥ 50 mm

8 3 ANGLE RENTRANT

Figure 41 Angle rentrant – Ossature bois

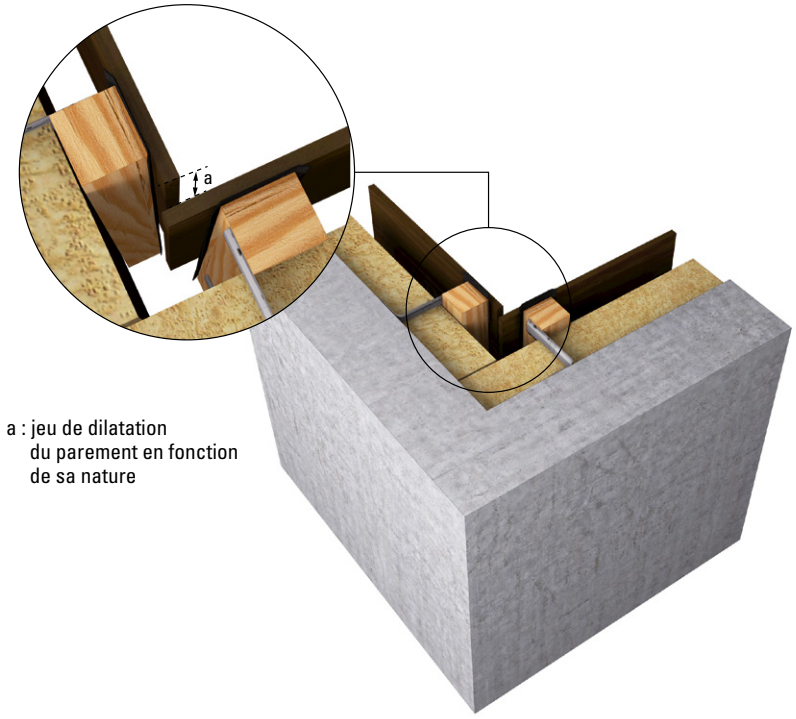
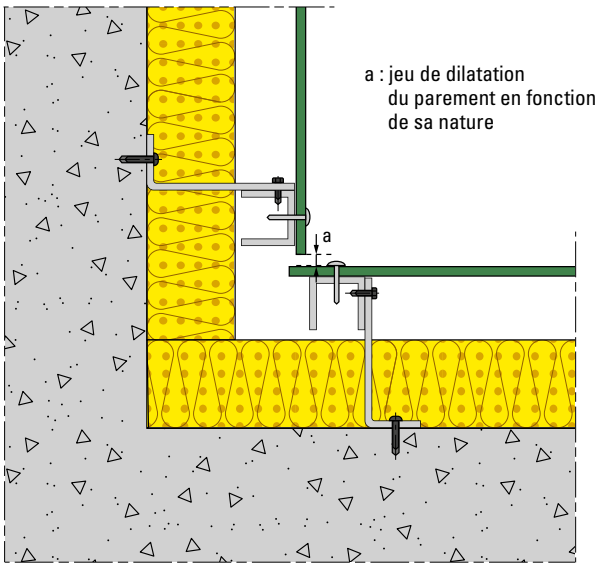


Figure 42 Angle rentrant – Ossature métallique



8 4 ANGLE SORTANT

Figure 43 Angle sortant – ossature bois

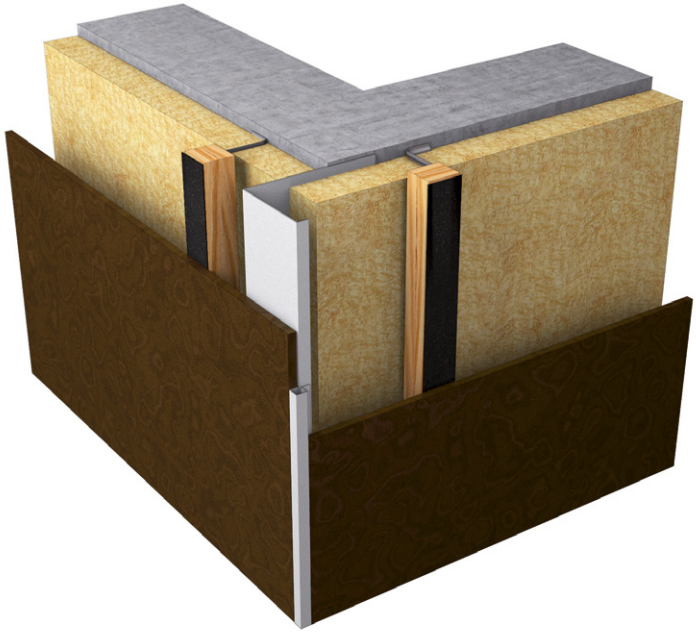
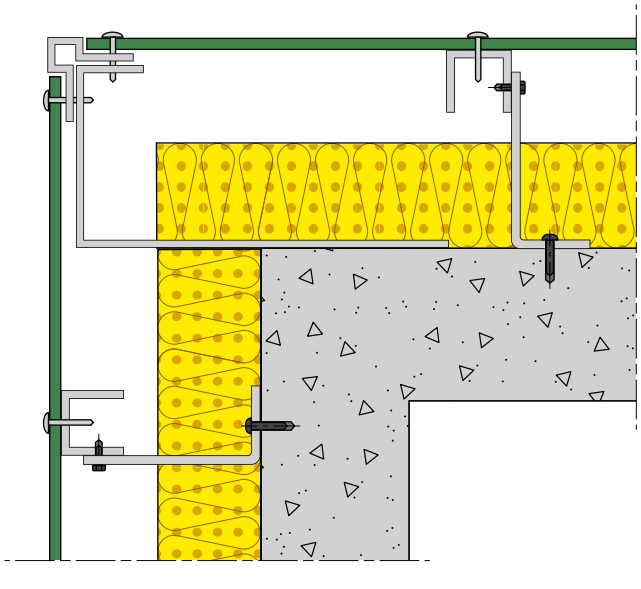


Figure 44 Angle sortant – ossature métallique



8 5 JOINT DE DILATATION

Figure 45 Joint de dilatation – ossature bois

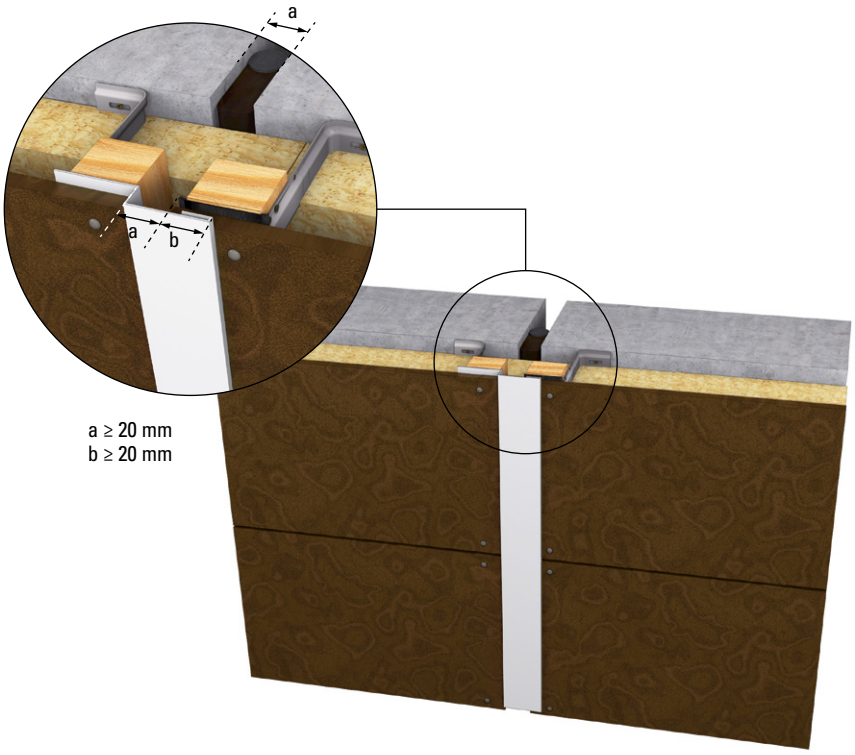
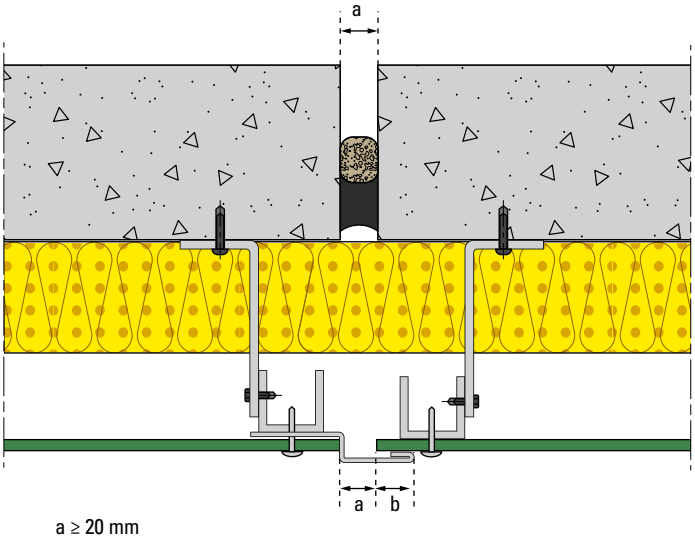


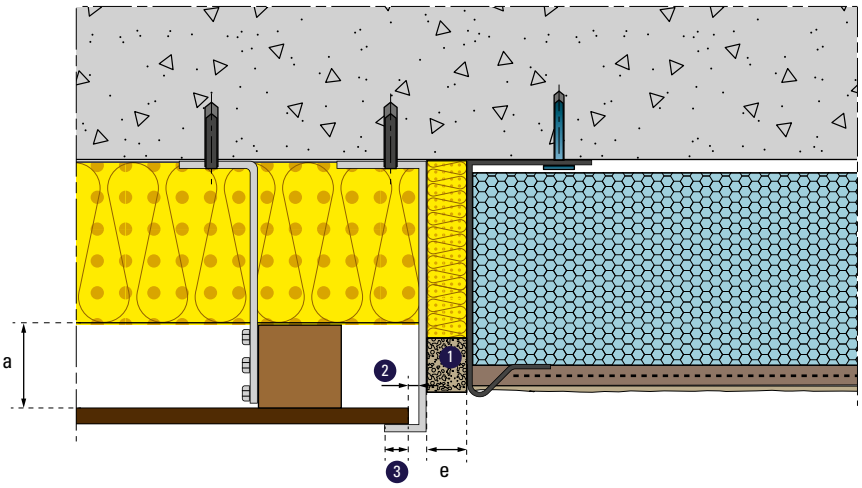
Figure 46 Joint de dilatation – ossature métallique



8 6 JONCTIONS LATÉRALES

8.6.1 JONCTIONS AVEC FAÇADE TYPE ETICS

Figure 47 Jonction avec procédé d'enduit sur isolant – coupe horizontale



1. Bande de mousse imprégnée
2. Jeu mini
3. Recouvrement mini

a ≥ 20 mm
e ≥ 5 mm en tout point

Figure 48 Jonction avec procédé d'enduit sur isolant – coupe verticale – enduit sur isolant en partie haute

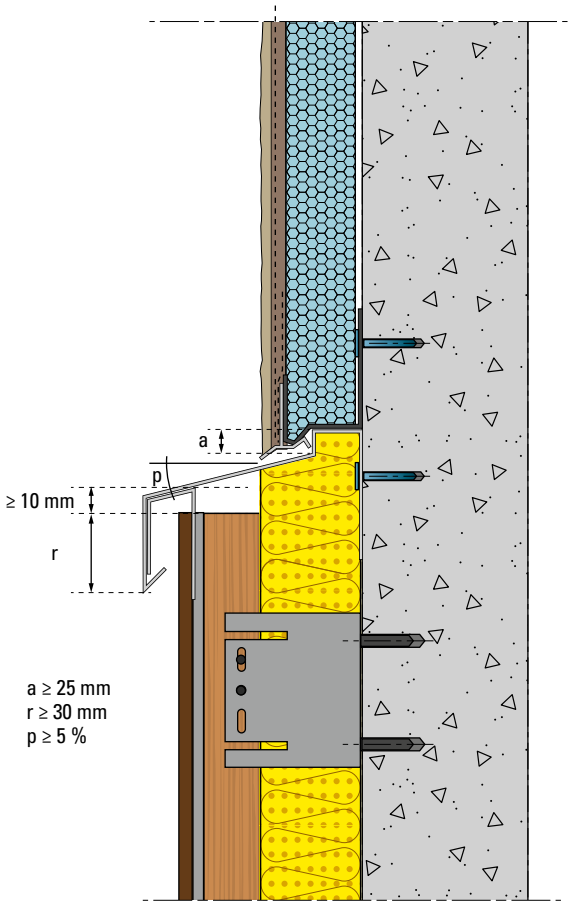
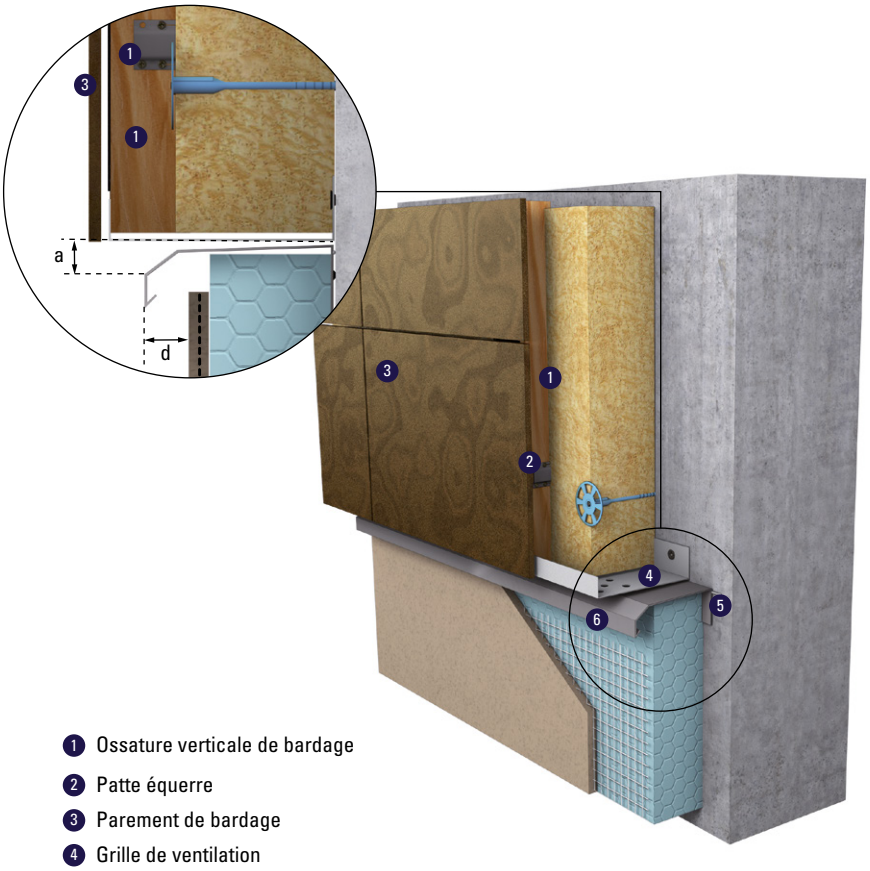


Figure 49 Jonction avec procédé d'enduit sur isolant – coupe verticale – enduit sur isolant en partie basse

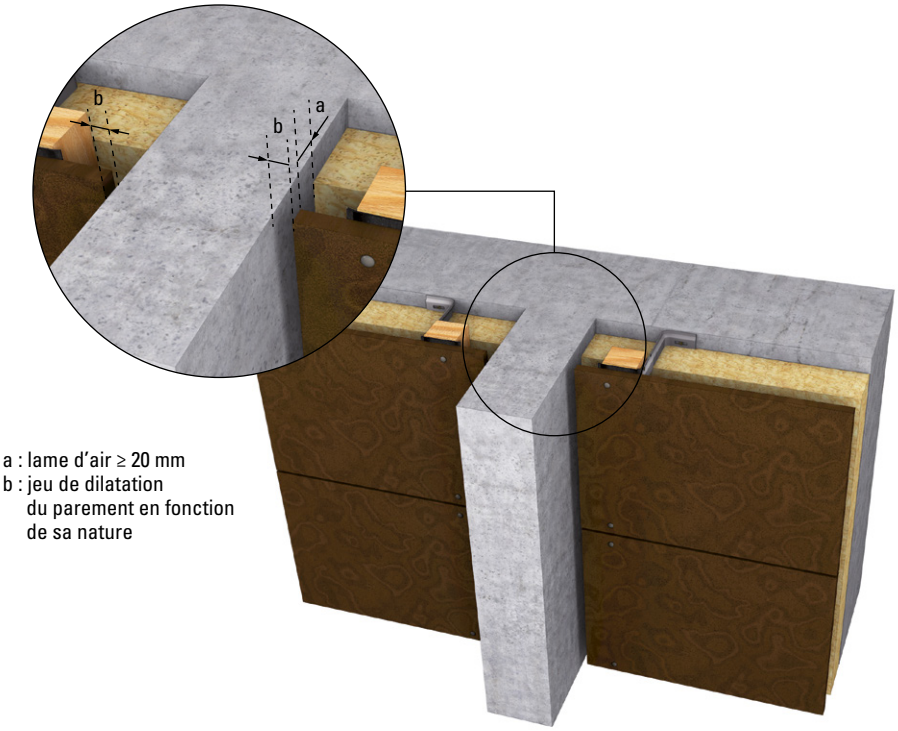


1. Ossature verticale de bardage
2. Patte équerre
3. Parement de bardage
4. Grille de ventilation
5. Bande de mousse imprégnée précomprimée
6. Profilé de couronnement avec goutte d'eau

a ≥ 10 mm
d ≥ 20 mm

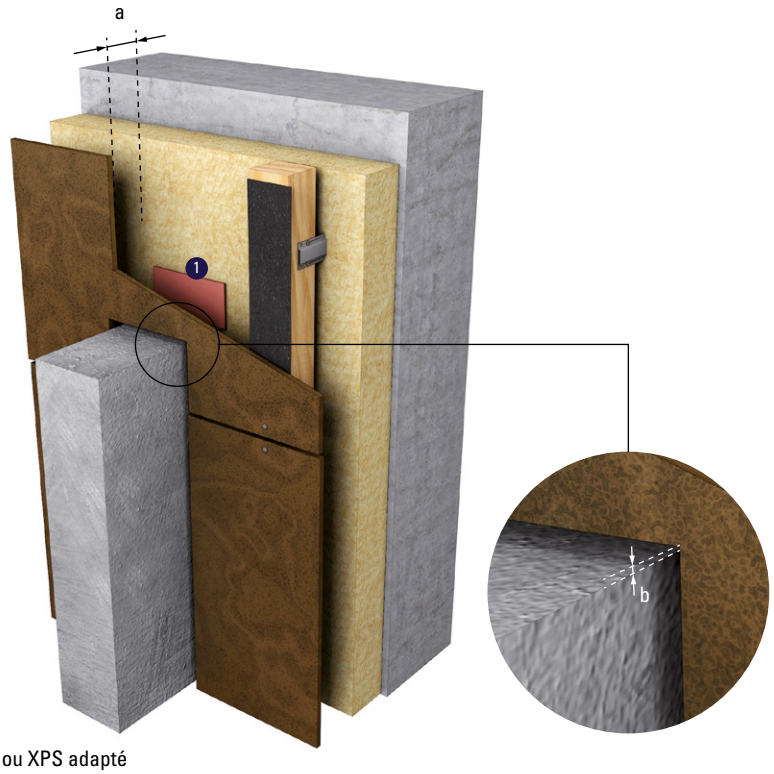
8.6.2 JONCTIONS AVEC REFEND BÉTON

Figure 50 Jonction verticale avec refend – coupe horizontale



a : lame d'air ≥ 20 mm
b : jeu de dilatation
du parement en fonction
de sa nature

Figure 51 Jonction horizontale refend épaisseur 25 cm maxi – coupe verticale
Exemple extrémités de balcon



1 Isolant PSE ou XPS adapté
a : lame d'air ≥ 20 mm
b : jeu de dilatation du parement en fonction de sa nature

NOTE

Organiser le calepinage afin que le montant d'ossature ne soit positionné à l'aplomb du mur de refend (épaisseur maximale 25 cm)

8 7 PÉNÉTRATIONS DIVERSES

Figure 52 Garde-corps

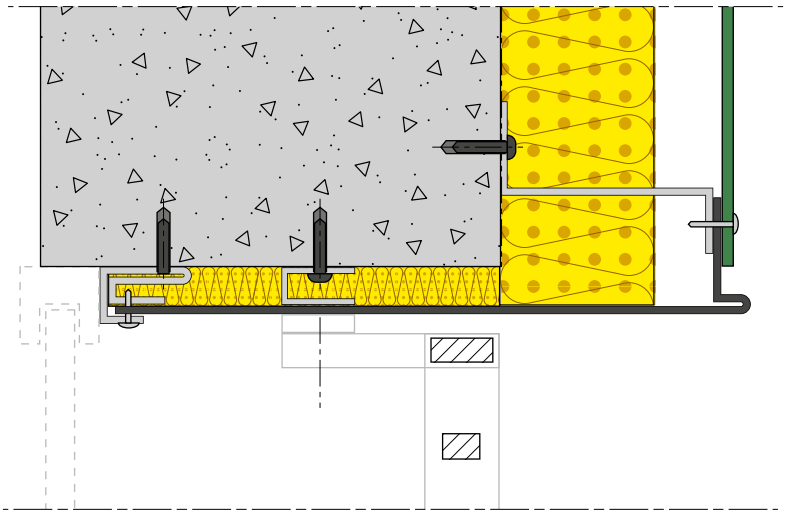
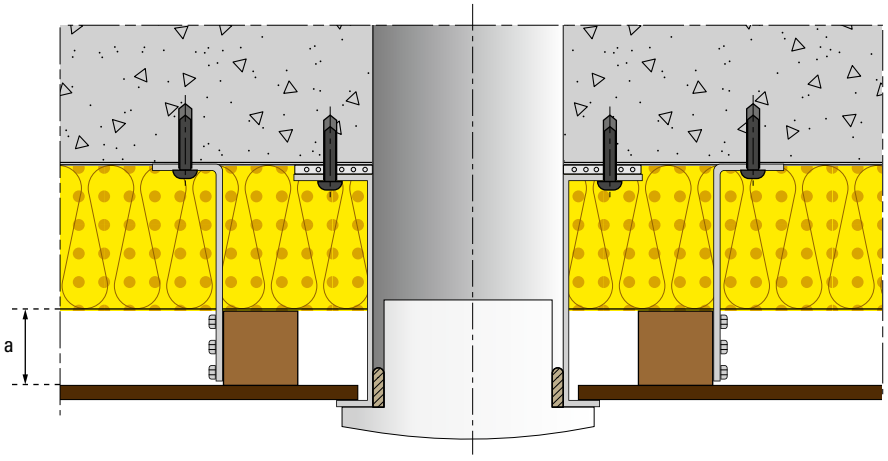


Figure 53 Orifice de ventilation



a ≥ 20 mm

NOTE

Les équipements tels que les enseignes et luminaires doivent être ancrés à la structure porteuse du bâtiment, indépendamment du bardage rapporté. Un joint ouvert de 6 à 8 mm est ménagé entre le parement de bardage et l'équipement traversant. Il conviendra de limiter autant que possible les ponts thermiques au droit de cette traversée.

En présence d'un conduit extérieur de cheminée, l'isolation thermique extérieure ne doit pas être en contact direct avec le conduit, un matériau incombustible doit être utilisé au-delà de la distance de sécurité définie par les normes NF DTU 24.1 et 24.2. Dans le cas où la distance de sécurité (absence de données sur le conduit de cheminée) ne peut être déterminée, respecter un écart minimal de 10 cm quelle que soit la situation.

9 AUTOCONTRÔLES ET ACCEPTATION DE L'OUVRAGE

Dans un souci d'efficacité, d'amélioration de la qualité du travail et pour éviter des sinistres ultérieurs, il convient de procéder systématiquement à l'autocontrôle pendant le déroulement du processus de mise en œuvre du bardage rapporté.

Un travail mal exécuté, une partie de mise en œuvre bâclée constituent un risque d'entreprise qui ne peut être assuré.

Pour vérifier la qualité du travail réalisé à chaque étape, **les contrôles décrits dans les paragraphes suivants sont à effectuer avant de commencer l'étape suivante**, afin d'éviter les réparations plus tardives et donc plus longues, plus difficiles et plus coûteuses. Pour rendre ces contrôles plus pratiques et pour éviter les oublis, les vérifications proposées dans ce chapitre sont regroupées en fonction des phases du chantier :

- **avant le début du chantier** (collecte des informations relatives au futur chantier, acceptation du support, etc.) ;
- **pendant l'exécution du chantier** (les points clés dont la mauvaise exécution est une source potentielle des sinistres) ;
- **après la fin du chantier** (y compris la préparation des actions à prévoir et le retour d'expérience) ;
- **contrôle de l'ouvrage**.

Les exemples des tableaux synthétiques proposés Annexe G ont pour objectif de faciliter et de simplifier ce travail, et **sont à adapter en fonction des spécificités de chaque chantier et des besoins de chaque entreprise**.

9 1 DONNÉES À RASSEMBLER AVANT LE DÉBUT DU CHANTIER

Le (Tableau 39) est un outil qui permet de vérifier les points suivants.

9.1.1 DOCUMENTS TECHNIQUES RELATIFS AU CHANTIER

Avant le début du chantier, il convient de vérifier que l'entreprise dispose des documents techniques à jour.

9.1.1.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX (SPÉCIFICATIONS)

La dernière version de ce document est à comparer avec celle utilisée pour répondre à l'appel d'offres. Les différences éventuelles et leur impact sont à analyser par l'entreprise.

9.1.1.2 PLANS DES FAÇADES

Établis par le maître d'œuvre, ces plans doivent être analysés par l'entreprise en fonction, notamment, de la réglementation incendie (cf. Annexe E). Ils doivent indiquer précisément les types de parement préconisés et, pour les chantiers de rénovation, les éléments de façade à conserver et à enlever.

Ils indiquent également les références correspondantes aux détails des points singuliers décrits dans le cahier des détails constructifs défini ci-après.

9.1.1.3 CAHIERS DES DÉTAILS CONSTRUCTIFS

Établi par le maître d'œuvre, ce cahier doit décrire précisément la façon de réaliser chaque point singulier.

Y sont spécifiées les fixations des divers éléments de façade (garde-corps, appareils d'éclairage, appuis de fenêtre, seuils de porte-fenêtre, etc.) sur la structure porteuse (aucune fixation sur le bardage rapporté n'est autorisée), ainsi que la réalisation des joints d'étanchéité correspondant à chacun de ces éléments et à leur type de scellement.

Ce document est à analyser par l'entreprise et la faisabilité de chaque détail constructif doit être validée.

Le cahier des détails constructifs peut être complété par le recueil des détails types constitué par l'entreprise sur la base des retours d'expérience des chantiers ITE précédents (cf. 9.3.3).

9.1.1.4 NOTES DE CALCUL DES BUREAUX D'ÉTUDE

Les études thermiques, acoustiques et de dimensionnement de la structure porteuse sont transmises par le maître d'œuvre à l'entreprise. Il convient de prendre connaissance de leurs conclusions.

9.1.2 DONNÉES DU SITE ET VALEURS DES SOLLICITATIONS RETENUES

Pour faciliter les contrôles éventuels ultérieurs, il convient en premier lieu de rassembler et de formaliser les données du site transmises par le maître d'œuvre ou prises en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage :

9.1.2.1 FORCES DE VENT EN DÉPRESSION

W_{50} X C_{pe} X C_{eq} selon § 5.2 et Annexe D.

9.1.2.2 SOLLICITATIONS SISMIQUES

Les Documents Particuliers du Marché doivent indiquer pour la prise en compte du risque sismique :

- la zone de sismicité ;
- la catégorie d'importance du bâtiment ;
- la classe de sol.
- les mesures préventives spécifiques, notamment dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance IV, au regard de la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme.

9.1.2.3 CONTRAINTES DE CHANTIER

De plus, il convient de recenser les contraintes pour pouvoir en tenir compte dans la phase d'organisation du travail :

- accessibilité du chantier ;
- aires de stockage ;
- emprise sur la voie publique ;
- contraintes acoustiques (proximité d'un hôpital, d'une crèche ou de tout autre lieu sensible).

NOTE

Une liste des points à vérifier avant le début du chantier est proposée Annexe G, (Tableau 39).

9.1.3 FORMALISATION DE L'ACCEPTATION DU SUPPORT

Les points d'autocontrôle concernant l'acceptation du support par l'entreprise chargée de la mise en œuvre du bardage rapporté ne sont pas identiques selon qu'il s'agit d'une construction neuve ou d'un bâtiment existant.

Cependant, pour la construction neuve comme pour une réhabilitation, la nature du revêtement extérieur prévu (clins ou petits éléments) détermine les tolérances acceptables dans l'alignement des baies.

9.1.3.1 CHANTIER NEUF

L'acceptation du support sera réalisée conformément aux préconisations décrites au chapitre 6 de ce document.

Étanchéité à l'air

Les structures porteuses doivent être étanches à l'air.

Lorsque des mesures d'étanchéité à l'air sont prévues par les DPM, et dans le cadre de l'acceptation du support, l'entreprise prendra connaissance de l'attestation et du rapport d'essais d'étanchéité à l'air lorsque les mesures seront réalisées.

Performance thermique de l'ouvrage

Pour être en cohérence avec les exigences des réglementations en vigueur, l'entreprise disposera de la note de calculs, des justificatifs des performances des produits retenus en résistance thermique (R) ainsi que les types de ponts thermiques qui ont été calculés puisqu'in fine, une attestation de prise en compte de la réglementation doit être jointe à la demande de permis de construire et une autre attestation est remise à l'achèvement des travaux (applicable en neuf comme en existant).

Réglementation sécurité incendie

L'entreprise prendra connaissance des dispositions prises par le maître d'œuvre pour le respect de la réglementation incendie, notamment les solutions de protection retenues liées à l'IT 249 lorsqu'elle s'applique.

Isolation acoustique

Pour les bâtiments d'habitation neufs, l'attestation de la conformité du bâtiment à la réglementation acoustique est obligatoirement fournie en même temps que la déclaration de l'achèvement des travaux.

Les autres types de bâtiments ne sont pas concernés par cette obligation à la date de publication du présent document.

En conséquence, l'entreprise doit examiner attentivement les documents particuliers du marché et les spécifications concernant l'isolation acoustique du bâtiment pour savoir si l'obligation de la conformité à la réglementation acoustique du bâtiment contre les bruits de l'espace extérieur fait partie de son lot d'isolation thermique par l'extérieur.

En effet, certains isolants thermiques sont également les isolants acoustiques, d'autres pas.

L'arrêté du 27 novembre 2012 (*JO* du 18 décembre 2012) apporte des précisions sur les mesures à effectuer en vue de cette attestation.

Points à examiner avant le démarrage du chantier

Les points à examiner sont définis chapitre 6. Il s'agit notamment de :

- la nature et la qualité des parois support (un ragréage est-il nécessaire ?) ;
- les tolérances géométriques des parois support ;
- l'alignement des baies ;
- l'étanchéité à l'air du bâtiment ;

- la présence des fissures de retrait ;
- les joints de dilatation et de construction ;
- etc.

NOTE

L'Annexe G propose un tableau détaillé des autocontrôles à réaliser avant le début du chantier neuf (Tableau 40).

9.1.3.2 CHANTIER DE RÉHABILITATION

Le maître d'ouvrage prévoit de faire réaliser une étude préalable justifiant l'aptitude de la paroi à supporter le bardage rapporté (état de dégradation, matériaux, constitution de la paroi). Pour certains types de paroi (pierres ou briques anciennes maçonnées, par exemple) les essais d'arrachement des chevilles peuvent s'avérer nécessaires et doivent être réalisés conformément au Cahier du CSTB n° 1661-V2 : « Détermination sur chantier de la valeur de calcul à l'état limite à l'état limite ultime d'une fixation mécanique sur supports de bardage rapporté ».

Cas particulier de la présence d'amiante : l'entreprise vérifie que les dispositions prises au chapitre 6 ont bien été effectuées[1].

9.1.4 VÉRIFICATION DE LA QUALITÉ ET DE LA COMPATIBILITÉ DES PRODUITS PRÉCONISÉS

Il convient que l'entreprise soit vigilante sur la qualité et la durabilité des produits qu'elle prévoit de mettre en œuvre (cf. Annexe C).

En dehors du marquage CE (obligatoire), une certification apporte une garantie d'aptitude à l'usage d'un produit disponible sur le marché.

9.1.4.1 CHOIX DU TYPE ADAPTÉ DES CHEVILLES PAR RAPPORT À LA NATURE ET À L'ÉTAT DU SUPPORT

Il convient de conserver les chevilles dans leur emballage avant leur mise en œuvre et de conserver cet emballage après la mise en œuvre et jusqu'à l'acceptation des travaux.

9.1.4.2 COMPATIBILITÉ DES DIFFÉRENTES CARACTÉRISTIQUES D'UN MÊME PRODUIT OU DIFFÉRENTS PRODUITS À L'INTÉRIEUR D'UN PROCÉDÉ

Type des chevilles par rapport aux sollicitations

Il est important de vérifier le choix des fixations en fonction de l'application prévue par rapport :

- au niveau de sécurité en fonction de l'élément fixé (risque élevé, modéré ou faible) ;
- à la nature et l'état du support (plein, creux, altéré, etc.) ;
- au lieu d'installation (les efforts appliqués et la corrosivité de l'environnement) ;
- aux caractéristiques de valeur de calcul à l'état limite indiquée dans l'homologation.

Il convient de vérifier le nombre de chevilles par patte de fixation en fonction du plan de chevillage ou de la note de calcul du dimensionnement de l'ouvrage ITE (bureau d'étude structure).

Dans tous les cas, un ou plusieurs essais de traction seront réalisés afin de valider la compatibilité effort-cheville-support selon la note de calcul.

[1] L'Annexe G propose un tableau détaillé des autocontrôles à réaliser avant le début du chantier de réhabilitation (Tableau 41).

Pattes de fixation pour la liaison ossature secondaire par rapport au gros œuvre

Le choix du type de pattes dépend de sa capacité de reprendre la charge :

- se rapporter à la fiche technique du produit fournie par le fabricant ;
- vérifier que l'emplacement et le nombre de fixations des pattes sur le support sont conformes au dimensionnement de la note de calcul.

Compatibilité électrolytique et/ou chimique

Un mauvais « couplage » entre le matériau de la cheville et le métal de la patte de fixation, ainsi qu'entre les organes de fixation et les éléments de l'ossature (montants, liteaux) peut être à l'origine d'une corrosion rapide (cf. Annexe F au paragraphe Compatibilités électrochimiques).

Il convient aussi de porter attention au choix des essences de bois ainsi qu'à leur éventuel produit de préservation pouvant réagir avec les éléments métalliques du procédé.

Conformité de caractéristiques de l'isolant par rapport aux spécifications et à la commande du point de vue de la résistance thermique et éventuellement de la performance acoustique

Lorsque le produit isolant relève d'une norme européenne harmonisée, en référence au Règlement des Produits de Construction, la déclaration des performances DoP doit être fournie.

La caractéristique complémentaire non visée par les normes européennes de semi-rigidité peut être fournie soit sous la forme du numéro de certificat ACERMI et la preuve de la mention « semi-rigide » soit par un procès-verbal d'essais et les éléments de constance de qualité des produits fournis par l'industriel.

Outre les caractéristiques intrinsèques prévues par les normes, si un isolement acoustique est recherché, le rapport d'essais d'indice d'affaiblissement doit être fourni par la partie qui a fait réaliser l'essai conformément aux normes européennes de mesures.

Avant le démarrage du chantier, les étiquettes mentionnant la résistance thermique sont vérifiées notamment en regard de la résistance thermique et du classement en réaction au feu à minima.

Autres caractéristiques d'isolant à contrôler par rapport aux spécifications

- Classe de l'isolant (non hydrophile).
- Classement au feu de l'isolant par rapport à la réglementation incendie.
- Vérifier la conformité.

9.1.4.3 OSSATURE SECONDAIRE PAR RAPPORT AU REVÊTEMENT EXTÉRIEUR

Les points suivants sont à contrôler :

- l'entraxe des liteaux ;
- les organes de fixation compatibles avec le type du parement et les dimensions des liteaux.

9.1.5 PRÉPARATION DU CHANTIER ET STOCKAGE DES PRODUITS

9.1.5.1 RÉALISATION DES PLANS D'EXÉCUTION

Il s'agit de la réalisation des plans de pose (calepinage) du parement et leur validation par rapport aux plans des façades du maître d'œuvre.

Sur ce plan seront positionnés :

- les joints de fractionnement prévus pour le revêtement extérieur ;
- les profilés spéciaux (de départ, de ventilation, de fractionnement de la lame d'air, etc.).

Ces plans sont à transmettre, le cas échéant et après leur validation par le maître d'œuvre, au fabricant du revêtement pour lui permettre d'adapter les dimensions des éléments spéciaux et de numéroter les panneaux en fonction du plan de pose.

Par la suite, l'entreprise réalisera les plans de pose des montants avec le positionnement des points fixes et des points glissants, en tenant compte des phases de leur fixation, du contournement des baies, du traitement des joints de dilatation du bâtiment et des angles.

Ces plans vont servir non seulement de plans d'exécution pour la pose des différents éléments de bardage rapporté sur chaque façade (ossature, isolant, parement), mais aussi à déterminer le nombre de ces éléments pour leur achat.

Ils doivent être aussi précis que possible et être validés, éventuellement, par le maître d'œuvre.

Ils sont complétés par le cahier des détails constructifs qui doit contenir tous les détails des points singuliers des façades ainsi que des modalités de fixation sur la structure porteuse de tous les éléments rapportés sur les façades et leurs traversées du bardage rapporté.

Il convient de vérifier et de valider ce dernier document et de le faire compléter ou modifier par le maître d'œuvre si nécessaire.

9.1.5.2 MISE EN PLACE DE L'ÉCHAFAUDAGE AVEC LE SYSTÈME DE SÉCURITÉ SPÉCIFIQUE

L'échafaudage comporte :

- soit le garde-corps côté façade ;
- soit les panneaux de sol amovibles dont la position par rapport à la façade sera déterminée en fonction de l'épaisseur totale de l'ouvrage ITE.

Un échafaudage de pied ou une plate-forme élévatrice sur mats seront préférés aux nacelles suspendues, quand cela est possible.

9.1.5.3 FORMATION ET INFORMATION DES COMPAGNONS

Au préalable, l'entreprise s'assure de la qualification adéquate du personnel d'exécution et d'encadrement du chantier.

Les informations fournies aux compagnons avant le début d'exécution de l'ouvrage concernent :

- la sécurité ;
- la méthode de mise en œuvre ;
- les points importants portant sur la qualité (précisions, tolérances, utilisation des produits spécifiques, types des fixations, différence entre les points fixes et les points coulissants, aboutage, etc.).

REMARQUE

Il est important de vérifier au tout début de la mise en œuvre la bonne assimilation des consignes, en particulier en contrôlant la qualité de l'exécution aux points sensibles, pour pouvoir mettre en place des actions correctives le plus tôt possible (cf. 9.1.5.4 et 9.1.5.5).

9.1.5.4 ORGANISATION DU STOCKAGE ET L'ÉQUIPEMENT DU CHANTIER

Le contrôle consiste à vérifier que les dispositions suivantes ont bien été prévues :

- aires de stockage pour :
  - isolant (volume, protection UV) ;
  - profilés ;
  - éléments du parement (revêtement) : prévoir la surface nécessaire pour le stockage selon les indications du fabricant (conditionnement à plat et à l'abri) ;

- échafaudage ;
- chevilles et organes de fixation ;
- outillage ;

• vestiaires, sanitaires, etc. ;

• accès.

9.1.5.5 ACCEPTATION DES MATÉRIAUX

Vérifier la concordance entre les bons de commande, les bons de livraison et les produits livrés dans le délai défini.

NOTE

Le (Tableau 42) présenté à l'Annexe G résume les points d'autocontrôle à réaliser au cours de cette phase de préparation du chantier.

9.2 CONTRÔLES À EFFECTUER PENDANT LA MISE EN ŒUVRE

9.2.1 VÉRIFICATIONS CONCERNANT LES PATTES DE FIXATION

• Nombre de chevilles par patte de fixation.

• Position des chevilles par rapport à la patte de fixation (en haut de la patte) et au support (distance de percement à respecter par rapport au bord des supports).

• Position et nombre des pattes de fixation par rapport aux montants.

• Dimensions des pattes en accord avec l'épaisseur de l'isolant et de la lame d'air.

• Matériau et protection des pattes par rapport à l'environnement et leur position dans l'ouvrage (inox, qualité de la galvanisation, etc.).

9.2.2 VÉRIFICATION DE LA TENUE DU PRODUIT ISOLANT ET DE LA CONTINUITÉ D'ISOLATION

9.2.2.1 EN PARTIE COURANTE

(Cf. préconisations § 7.6)

• Type et épaisseur de l'isolant conforme aux spécifications.

• Totalité de la surface prévue couverte par l'isolant.

• Absence d'espace entre la surface de l'isolant et la paroi support.

• Nombre et emplacement des chevilles à rosace (notamment sur les panneaux découpés) conformes.

• Continuité de l'isolant : absence de joints ouverts entre les panneaux d'isolant.

• Pas de produits isolants abîmés ou cassés.

9.2.2.2 À L'ENDROIT DES POINTS SINGULIERS

Ces contrôles sont à réaliser par rapport aux plans d'exécution et le cahier des détails constructifs. Ils concernent notamment :

- les angles du bâtiment ;
- les parties situées autour des ouvertures (linteaux, appuis, tableaux) ;
- les soubassements, les acrotères ;
- les points singuliers (attentes pour traversées des câbles, boîtiers électriques, lampadaires, etc.).

9.2.3 VÉRIFICATIONS CONCERNANT LES CHEVRONS OU MONTANTS

- Humidité pour les montants en bois < 18 % selon la méthode décrite par la norme NF EN 13183-2 (avec un humidimètre à pointe).
- Dimensions conformes aux plans d'exécution et aux spécifications.
- Précision des positions des montants en partie courante par rapport au plan de calepinage des montants (600 mm maximum ou selon les préconisations des documents du marché), précision des raboutages (cf. 7.7.1.2).
- Planéité générale des montants (cf. 7.7.1.4).
- Présence des renforts (angles, ouvertures, soubassements, acrotères, etc.).
- Positionnement des points fixes et des points glissants, contrôle de serrage des vis sur les montants.
- Présence de la bande de protection (si elle est nécessaire, cf. 4.6.3.3).
- Montants doublés à l'endroit des joints de dilatation et de fractionnement (cf. 7.7.1.3)
- Vérifier la hauteur de la garde au sol de 50 mm mini dans le cas d'ossature métallique avec sol dur, de 150 mm mini dans le cas d'ossature métallique sur sol meuble, et de 150 mm des pieds des chevrons bois.

9.2.4 VÉRIFICATION DE LA MISE EN PLACE DES LITEAUX

(Cf. recommandations § 7.7.1.6)

- Emplacement et vérification des joints de dilatation et de fractionnement.
- Espacement par rapport aux éléments de parement (selon gabarit).
- Alignements des aboutages et les joints entre les éléments consécutifs.
- Nombre et serrage des organes de fixation sur les montants.
- Vérification du bon emplacement et de la bonne exécution des points glissants.
- Emplacement des liteaux autour des ouvertures et des points singuliers.

9.2.5 CONTRÔLE DE LA LAME D'AIR

(Cf. recommandations § 7.9)

- Vérification de la continuité de la lame d'air entre les profilés de compartimentage.
- Vérification du positionnement des éléments assurant le compartimentage dans le sens horizontal et vertical
- Présence des profilés perforés assurant la ventilation
- Vérifications par rapport aux plans d'exécution :
  - position conforme aux plans des profilés bas, à ceux des profilés hauts ;
  - présence des profilés aux points de recoupement de la lame d'air ;
  - présence de la barrière antitermite (s'il y a lieu).

9.2.6 PRÉPARATION ET CONTRÔLE DE MISE EN ŒUVRE DU REVÊTEMENT EXTÉRIEUR

9.2.6.1 PRÉPARATION ET TRI DES ÉLÉMENTS DU REVÊTEMENT AU SOL

En fonction des plans de pose du parement et la préparation des parements par le fabricant :

- coupes, découpes complémentaires, adaptation des parements autour des points singuliers ;
- percements complémentaires à réaliser sur place ;
- numérotation des parements ;
- traitement (protection) des bords (chants) découpés ou percés.

9.2.6.2 CONTRÔLE DE LA MISE EN PLACE EN PARTIE COURANTE

La qualité d'aspect du parement dépend principalement de :

- la largeur et la régularité des joints ;
- la planéité ;
- le nombre d'attaches aux points fixes, du serrage aux points coulissants.

9.2.6.3 CONTRÔLE DE LA MISE EN PLACE DU PAREMENT À L'ENDROIT DES POINTS SINGULIERS

La vérification de la qualité de pose concerne aussi des renforts de soubassement, des traversées, des tableaux, des jonctions avec d'autres types de revêtement, des angles, des acrotères, etc. :

- fixations conformes au cahier des détails ;
- profilés et accessoires prévus et posés à l'avancement des travaux (couvertines, profilés d'angles, encadrement des baies, etc.) ;
- remplissage (calfeutrement) des joints.

9.2.6.4 REPOSE DES ÉLÉMENTS DE FAÇADE DÉPOSÉS (RÉNOVATION)

En fonction des spécifications et des dispositifs du cahier des détails constructifs fournis par le maître d'œuvre et validés par l'entreprise, l'étanchéité des éléments ainsi que les fixations suivantes, sont contrôlées :

- fixation des garde-corps au travers du bardage ;
- fixation des volets, des chéneaux et des descentes des EP au travers du bardage ;
- fixation d'autres éléments prévus.

NOTE

Le (Tableau 43) de l'Annexe G résume les points d'autocontrôle à réaliser au cours du chantier.

9 3 ACTIONS À PRÉVOIR APRÈS LA FIN DU CHANTIER

Il convient de ne pas négliger ces actions qui contribuent à la bonne efficacité de la gestion de l'entreprise et s'avèrent utiles pour améliorer continuellement sa productivité globale ainsi que la qualité de son travail.

9.3.1 RÉALISATION D'UN CARNET D'ENTRETIEN

(Voir recommandations chapitre 10.)

Les opérations d'entretien doivent être reprises dans le DIUO. Le carnet d'entretien sera remis au client au cours de la réception de l'ouvrage et sa copie conservée par l'entreprise.

Son contenu pourrait être, par exemple, le suivant :

9.3.1.1 COPIES DES BONS DE LIVRAISON DES MATÉRIAUX

- Fiches techniques des fabricants ;
- Autres éléments concernant les produits utilisés pour la mise en œuvre ;
- Pour tous les produits relevant du marquage CE obligatoire au sens du RPC, collecter les déclarations de performance (DoP), disponibles sur les sites internet des fabricants ou à l'adresse internet mentionnée sur l'étiquette du produit.

9.3.1.2 AUTRES DOCUMENTS SPÉCIFIQUES DU PROCÉDÉ

- Les valeurs des charges prises en compte pour le dimensionnement d'ouvrage.
- Les plans d'exécution et le carnet des détails constructifs réalisé par le maître d'ouvrage.
- Les résultats des essais d'isolement acoustique contre les bruits extérieurs (s'il y a lieu).
- Les documents concernant la réception à remplir au moment de cette dernière par le maître d'ouvrage (réserves, tableau de suivi des réparations.

9.3.2 NETTOYAGE DU CHANTIER

- Récupération des éléments pouvant être réutilisés.
- Tri, enlèvement et mise à la décharge des déchets de chantier.
- Démontage de l'échafaudage, de la base vie et des zones de stockage.
- Nettoyage général.

9.3.3 RETOUR D'EXPÉRIENCE

La fin de chantier est le moment le plus propice à faire un bilan et à transmettre les renseignements utiles et généralisables pour que l'entreprise puisse en tirer durablement profit.

Ces retours d'expérience constituent un capital intellectuel et pratique de l'entreprise dont l'intérêt est de veiller à ce que ce transfert d'informations soit effectif et bien organisé.

La formalisation d'un retour d'expérience d'un chantier est une pratique de bonne gestion de l'entreprise. Elle permet notamment :

9.3.3.1 CONSERVATION DES INFORMATIONS UTILES

- Pour éviter le temps perdu à rechercher les informations déjà connues.
- Pour éviter les sinistres par la connaissance et la transmission des bonnes pratiques.
- Pour améliorer la qualité du travail par la connaissance des causes des sinistres et des erreurs à éviter.
- Pour améliorer la productivité des chantiers futurs.

9.3.3.2 TRANSFERT DES INFORMATIONS UTILES

- Entre les différents services de l'entreprise (commercial, travaux, achats, etc.).
- Entre les différents collaborateurs présents simultanément dans l'entreprise mais dispersés sur les différents chantiers.
- Entre les collaborateurs expérimentés et les nouveaux.

9.3.3.3 PRINCIPAUX TYPES D'INFORMATION À CONSERVER

- Les bonnes pratiques.
- Les erreurs à éviter.
- Les évaluations des fournisseurs.
- Les évaluations des sous-traitants.
- Les bons produits.
- Les produits à éviter.
- Les détails constructifs types validés par l'expérience sur le plan de la faisabilité et de la qualité, rassemblés dans un cahier à compléter au fur et à mesure.
- Les incompatibilités constatées entre les différents produits.
- Les descriptions des essais effectués, leurs résultats.

9.3.3.4 RÔLE DE LA DIRECTION DE L'ENTREPRISE

Les modalités de la collecte de ces informations auprès des responsables de chaque chantier et leur centralisation, leur traitement et leur exploitation au sein de l'entreprise devrait être clairement définis (formulaires, transmission, le temps dégagé, etc.), la centralisation et la synthèse des informations au sein de l'entreprise organisée et suivie, et la procédure connue et acceptée par tous les collaborateurs concernés.

9 4 RÉCEPTION DE L'OUVRAGE

9.4.1 GÉNÉRALITÉS

La réception est la prise de possession de l'ouvrage par le maître d'ouvrage. C'est le point de départ des garanties (parfait achèvement : article 1792-6 du Code civil ; bon fonctionnement : article 1792-3 du Code civil ; garantie décennale : articles 1792 et 2270 du Code civil).

Dans certains chantiers (complexes ou importants), il est souhaitable d'organiser des opérations préalables à la réception (OPR) afin de limiter au mieux le nombre de réserves lors de la réception définitive. À noter que ces opérations n'ont pas de caractère obligatoire.

9.4.2 FORMALISATION DE LA RÉCEPTION

La réception des travaux est un acte obligatoire, essentiel, et qui doit être écrit. Pour l'entreprise, la réception correspond au minimum à :

- l'élaboration du procès-verbal de réception et sa signature ;
- la remise des documents au maître d'ouvrage ;
- le transfert des documents à l'assureur de l'entreprise ;
- le début de suivi de traitement des réserves le cas échéant.

9.4.2.1 PROCÈS-VERBAL DE RÉCEPTION

Le procès-verbal de réception est signé par le maître d'ouvrage et visé par l'entrepreneur et éventuellement par le maître d'œuvre (cf. modèle en Annexe G).

9.4.2.2 TRANSFERT DES DOCUMENTS AU MAÎTRE D'OUVRAGE

La réception constitue le transfert de la garde de l'ouvrage au maître d'ouvrage. À ce titre, l'entreprise lui remettra :

- les copies des plans d'exécution ;
- la copie du carnet des détails constructifs ;
- les notes de calculs réalisés ;
- les procès-verbaux des essais préalables réalisés sur le chantier (y compris, s'il y a lieu, le résultat des mesures d'isolement acoustique contre les bruits extérieurs);
- le carnet d'entretien et de maintenance.

9.4.2.3 TRANSFERT DES DOCUMENTS À L'ASSUREUR

Après la réception de l'ouvrage, l'entreprise adresse à son assureur tous les documents contractuels nécessaires pour lui permettre de prendre en charge les garanties exigées, notamment les documents relatifs à la réception de l'ouvrage et le rapport final du bureau de contrôle s'il y a lieu. La confirmation de l'assureur de début de garanties légales concernant le chantier achevé est conservée par l'entreprise.

9.4.2.4 RÉSERVES ET SUIVI DE LA LEVÉE DES RÉSERVES

Les réserves à la réception sont les réserves émises par le maître d'ouvrage. Elles ont pour fonction de maintenir les droits du maître d'ouvrage à recevoir un ouvrage conforme aux spécifications du contrat et aux règles de l'art. Elles ne font pas obstacles à la réception.

Les réserves se distinguent des désordres évoqués lors des périodes de garantie par, notamment, leur caractère apparent lors de la réception.

Les réserves dûment qualifiées prolongent la responsabilité contractuelle de l'entreprise tant qu'elles ne sont pas levées.

Il convient que le suivi de traitement des réserves par l'entreprise soit formalisé pour faciliter le transfert des responsabilités entre les différents services ou les différents collaborateurs pour éviter les oublis et améliorer l'efficacité.

10 ENTRETIEN ET MAINTENANCE

10 1 CLINS PVC

Les traces de plâtre ou de ciment (lesquelles n'adhèrent pas sur le PVC) ainsi que les salissures ordinaires peuvent être nettoyées à l'éponge humide, éventuellement imbibée de détergent ménager.

Les taches indélébiles à l'eau peuvent être enlevées avec un chiffon blanc imbibé du solvant adapté en évitant les solvants cétoniques (acétone) et aromatiques qui attaquent le PVC.

10 2 PETITS ÉLÉMENTS DE COUVERTURE

Ces petits éléments de couverture ne nécessitent pas d'entretien particulier.

Aucun traitement préventif ne doit être appliqué sans l'accord du fabricant.

11 ANNEXES

[ANNEXE A] : Essais sur les pattes de fixation

[ANNEXE B] : Calculs thermiques

[ANNEXE C] : Acceptation des produits de parement sur chantier

[ANNEXE D] : Passage aux Eurocodes pour la prise en compte du vent

[ANNEXE E] : Sécurité incendie

[ANNEXE F] : Protection contre la corrosion

[ANNEXE G] : Exemples de tableaux d'autocontrôle

[ANNEXE H] : Interprétation statistique des résultats d'essais

A ANNEXE A : ESSAIS SUR LES PATTES DE FIXATION

Détermination des caractéristiques mécaniques minimales des pattes destinées à la fixation des chevrons ou montants sur la structure porteuse.

(Extrait du NF DTU 45.4 P1-2) dont la teneur est reprise ci-après.

La convenance d'une attache du point de vue rigidité s'apprécie en fonction de la valeur de calcul à l'état limite de service qu'elle offre :

- d'une part, aux charges permanentes dues au poids propre du bardage rapporté ;
- d'autre part, aux charges momentanées dues aux effets du vent (pression et dépression).

Les charges latérales (dans le plan du bardage), dynamiques (à la pose) et statiques (en œuvre) ne sont pas prises en considération.

Valeur de calcul à l'état limite de service aux charges verticales permanentes dues à la masse du bardage rapporté

Appareillage

Généralités

L'appareillage se compose pour l'essentiel d'une machine d'essai de traction de classe 1 conformément à la norme NF EN 10002-2, de capacité minimale 1 000 daN, à axe vertical, dont les éléments principaux sont les suivants :

- une partie inférieure permettant de fixer en situation les attaches supportant le profilé ;
- une partie supérieure mobile permettant l'accrochage du profilé.

L'une ou les deux parties doivent permettre, de par leur conception, un alignement des dispositifs par rapport à l'axe de chargement.

Description du dispositif d'essai

La partie inférieure du dispositif se compose d'un bâti rigide fixé sur le plateau inférieur de la machine d'essai et dont le retour vertical permet la fixation des attaches (pattes équerres ou étrier).

Des trous oblongs permettent de régler l'écartement entre les pattes équerres ainsi que la position des fixations des équerres dans leur propre trou de fixation oblong.

Des platines en acier d'épaisseur minimale 5 mm et de surface au moins égale à la surface de l'aile d'appui des pattes équerres, percées d'un trou de diamètre égal à celui de la fixation, sont disposées sous les pattes pour obtenir une surface d'appui continue.

Un trou vertical dans l'axe du bâti permet la fixation d'attaches en forme de U (étrier).

La partie supérieure comprend un adaptateur de traction approprié à la section du profilé.

Les déformations peuvent être prises égales aux déplacements de la traverse mobile, mais il est préférable de disposer des capteurs de déplacement :

- soit dans l'axe du profilé (montage avec étrier) ;
- soit sur l'extrémité de chaque équerre.

Attaches

La nature et les caractéristiques géométriques des attaches sont relevées. Un schéma est joint au rapport d'essai.

Chevron

Les attaches (pattes équerres ou étriers) sont fixées au bâti support à l'aide de boulons de diamètre adapté au préperçage (Ø 6 mm minimum) en utilisant les rondelles prévues.

De fait, le chevron est simulé par un tube en acier d'épaisseur minimale 15/10^{e} de section carrée ou rectangulaire.

Fixation

Le type de fixation des attaches sur le profilé doit correspondre à la fixation réellement utilisée dans la pratique.

Le fournisseur des fixations doit en indiquer la marque, le type et les caractéristiques géométriques et mécaniques qui doivent figurer dans le rapport d'essai.

La fixation est montée selon les spécifications du fournisseur de la fixation avec les outils et le couple préconisé ainsi que les diamètres des trous de perçages et préperçages éventuels.

Assemblage

Les attaches asymétriques, type pattes équerres, sont disposées par groupe de deux en opposition de part et d'autre du profilé pour annuler leur tendance à la rotation.

En fonction du type de fixation, relever le cas échéant :

- les caractéristiques de réglage des matériels utilisés pour la mise en œuvre des fixations (outil de pose, couple de serrage [vis et boulons], limiteurs de serrage [rivets], etc.) ;
- le diamètre des trous de préperçage.

Nombre d'éprouvettes

L'essai est réalisé sur trois assemblages du même type.

Mode opératoire

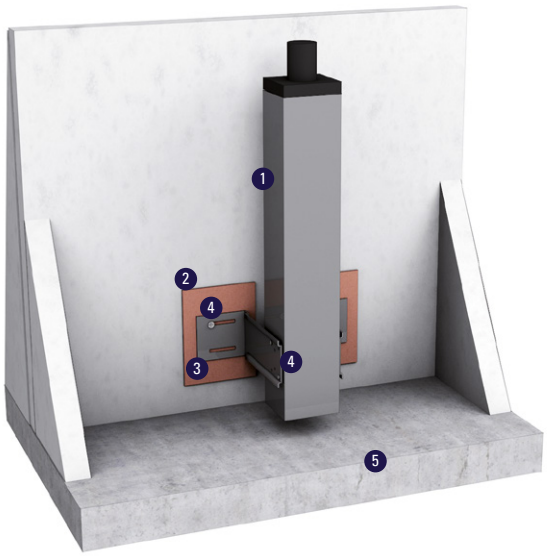
Réaliser le montage d'essai conformément à la (Figure 54).

Dans le cas des pattes équerres, le boulon de fixation sur le bâti sera disposé en extrémité du trou oblong la plus éloignée du profilé.

L'attache du mors mobile de la machine de traction, le profilé sur lequel sont fixées les deux pattes équerres opposées (ou l'étrier) et le ou les capteurs de déplacement sont disposés en alignement droit sur le bâti rigide et indéformable.

Les capteurs sont reliés à un enregistreur graphique permettant de tracer la courbe effort-déformation dont l'allure est donnée (Figure 55).

Figure 54 Dispositif d'essai



1 Profilé
2 Cale d'appui
3 Patte équerre
4 Fixations prévues
5 Bati support

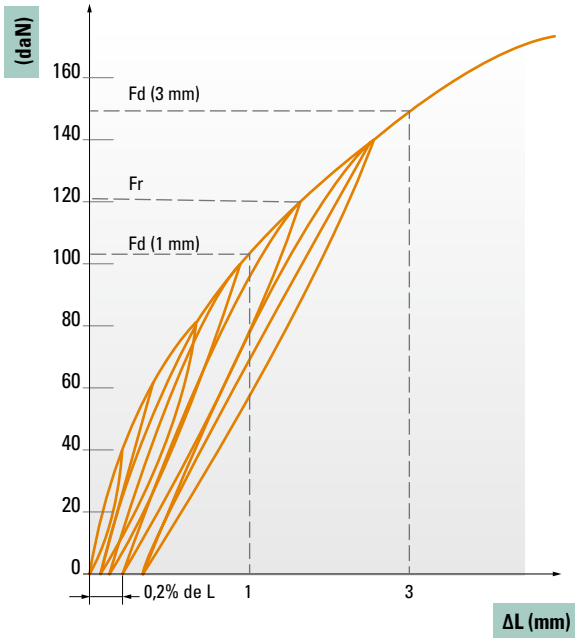
Le profilé est soumis à une succession de cycles « aller-retour », la charge en traction croissant de 10 daN en (10 daN avec retour à zéro [charge] entre chaque cycle comme indiqué (Figure 55).

Appliquer la charge en réglant la vitesse de chargement afin de respecter la condition : vitesse constante de charge < 500 daN/minute, de façon que la ruine de l'assemblage intervienne sous effort statique et non par effet dynamique.

NOTE

Dans un essai de chargement continu, il n'est pas possible de déterminer sur la courbe charge-déplacement la charge correspondant à la limite de déformation élastique. C'est pourquoi l'essai est réalisé par seuils de charge successivement croissants, avec retours intermédiaires à zéro (charge) pour apprécier la valeur de déformation résiduelle caractérisant le dépassement de la limite élastique.

Figure 55 Courbe effort-déformation



Expression des résultats

Les attaches sont qualifiées par deux critères, l'un relatif à la contrainte de service dans le métal, l'autre relatif à la déformation sous charge.

- **Premier critère**

On note la charge Fr pour laquelle on obtient une déformation résiduelle Dl mesurée en nez de patte égale à :

$$D1 = \frac{0{,}2 \times L_x}{100}$$

Lx étant la longueur de la patte.

- **Second critère**

On note les charges Fd qui correspondent à des déformations sous charges de 3 mm.

L'essai est effectué sur au minimum trois montages, d'où les deux séries de résultats Fr1, Fr2, Fr3 et Fd1, Fd2 et Fd3.

On appellera « résistance caractéristique de la patte » la plus faible des deux valeurs ci-après :

$$Rcr = \frac{Fmr}{n} \text{ ou } Rcd = \frac{Fmd}{n}$$

avec :

Fmr : la plus faible des trois valeurs Fr1, Fr2, Fr3 ;

Fr : la force correspondant à la déformation résiduelle de 0,2 % en nez de patte ;

Fmd : la plus faible des 3 valeurs d'essai Fd1, Fd2, Fd3 ;

Fd : la force correspondant à une déformation sous charge choisie égale à 3 mm selon la nature du bardage ;

le facteur *n* correspond au nombre d'attaches essayées dans le montage considéré, soit 2 pour les attaches asymétriques (équerres) et 1 pour les attaches symétriques (étriers).

On appellera « Valeur de calcul à l'état limite de service de la patte » la plus faible des deux valeurs critiques affectées d'un coefficient de sécurité *a* pris égal à 2,25.

$$Rar = \frac{Rc_r}{a} \text{ et } Rad = \frac{Rc_r}{a}$$

REMARQUE

Sous réserve d'effectuer un plus grand nombre d'essais (7 au minimum et 12 de préférence), les résistances caractéristiques pourront être calculées comme suit :

1. à partir des n valeurs individuelles Fr et Fd obtenues, on détermine les valeurs moyennes Fmr et Fmd et un écart type estimé s :

$$Fmr = \frac{\Sigma Fr}{n} \text{ et } sr = \sqrt{\frac{\Sigma(Fr - Fmr)^2}{n-1}}$$

$$Fmd = \frac{\Sigma Fd}{n} \text{ et } sd = \sqrt{\frac{\Sigma(Fd - Fmd)^2}{n-1}}$$

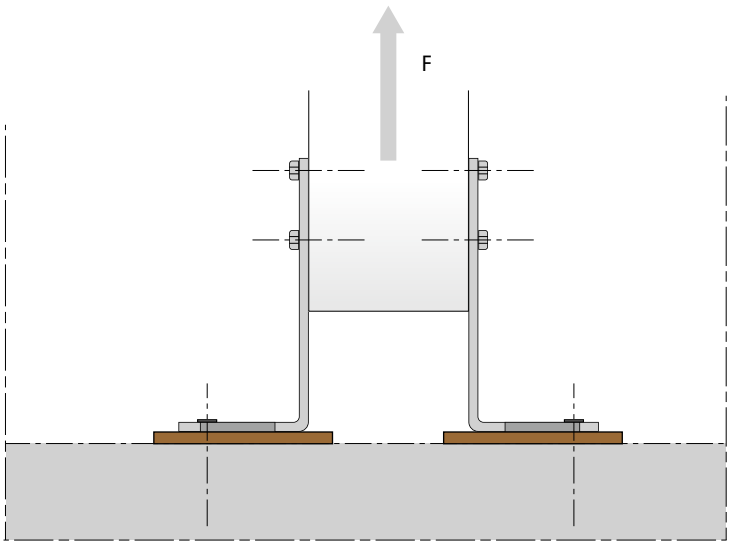
2. les résistances caractéristiques sont déterminées par : Rcr = Fmr – 2sr et Rcd = Fmd – 2sd ;
3. le faible coefficient de sécurité retenu (a = 2,25) est justifié par le fait que l'essai est réalisé en position de fixation défavorable, que l'on retient la plus faible des trois paires de pattes essayées et que, en œuvre, les pattes sont associées sur une longueur de profilé, ce qui a pour effet de répartir les efforts ;
4. pour les ouvrages traditionnels de bardage à recouvrement, qu'il est souhaitable de poser sur chevrons non raboutés de longueurs usuelles, une déformation sous charge de 3 mm des pattes peut être acceptée ;

Valeur de calcul à l'état limite de service aux charges horizontales momentanées dues à la dépression

Appareillage

Les prescriptions du paragraphe « Valeur de calcul à l'état limite de service aux charges verticales permanentes dues à la masse du bardage rapporté » sont également applicables à cet essai réalisé à l'aide du dispositif représenté (Figure 56).

Figure 56 Dispositif d'essai



Nombre d'éprouvettes

L'essai est réalisé sur trois assemblages du même type.

Mode opératoire

Sur l'embase fixe de la machine d'essai de traction, on dispose le bâti permettant la fixation des pattes sur leur aile d'appui côté structure porteuse conformément à la (Figure 56).

Cette fixation est constituée par un boulon du diamètre (généralement Ø 6) correspondant à la largeur du trou ovalisé prévu en aile d'appui de la patte et disposé en l'extrémité la plus éloignée de l'autre aile.

L'aile d'appui de la patte sur la structure porteuse est fixée au bâti fixe et indéformable par boulonnage traversant (Ø 6), le boulon étant disposé en extrémité du trou ovalisé la plus éloignée de l'aile.

L'autre aile d'appui de la patte est fixée sur un tube métallique solidaire du mors mobile, lequel mors doit être monté sur rotule. Un capteur de force et un capteur de déplacement sont associés au mors mobile.

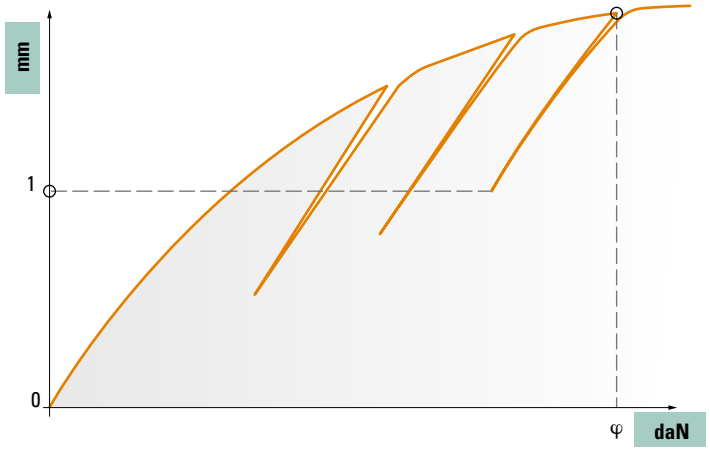
Après éventuelle mise en place et remise à zéro, on soumet les pattes à une succession de 150 cycles « aller-retour », de charge constante F, un cycle « aller-retour » s'effectuant en respectant une vitesse de mise en charge < 500 daN/mn.

On vérifie sur l'enregistrement graphique qu'après les 150 cycles, la déformation résiduelle entraînée par la charge F est inférieure ou égale à 1 mm. La valeur la plus exacte de la charge F se détermine par deux ou trois essais d'encadrement. En l'absence d'informations sur la résistance de la patte, on pourra procéder à un essai préalable de chargement progressif avec retour à zéro et prendre comme première valeur de chargement en fatigue une charge égale à α x φ, φ étant défini (Figure 57).

Cet essai préalable correspond à une succession de cycles « aller-retour », la charge croissant de 20 en 20 daN avec retour à zéro entre deux chargements, chaque cycle chargement-déchargement s'effectuant à la vitesse de 10 mm/mn.

Les capteurs sont reliés à un enregistreur graphique permettant de tracer la courbe effort-déformation dont l'allure est donnée (Figure 57).

Figure 57 Courbe charge – déplacement



On appelle φ la charge pour laquelle on obtient une déformation résiduelle de 1 mm.

On considère qu'en raison de la géométrie des pattes et la nature de l'assemblage réalisé, le sens de l'effort le plus défavorable correspond aux effets de dépression. On admettra donc, bien que les coefficients de pression soient plus élevés, que les pattes sont qualifiées pour supporter les effets de dépression et de pression correspondantes.

Expression des résultats

À partir des premiers cycles de fatigue effectués à la force.

$$F = \alpha \, . \, \varphi$$

En prenant comme première valeur α = 0,8, complétés par ajustements successifs (en faisant varier α), on détermine la charge F pour laquelle on obtient, à l'issue des 150 cycles, une déformation résiduelle de 1 mm au plus.

L'essai est effectué successivement sur un lot de trois montages identiques d'où les trois résultats F1, F2 et F3.

On appellera « résistance caractéristique » de la patte la valeur :

$$Rc = \frac{Fm}{n}$$

où Fm est la plus faible des trois valeurs F1, F2 et F3.

Le facteur *n* correspond au nombre d'attaches essayées dans le montage considéré, soit 2 pour les attaches asymétriques (équerres) et 1 pour les attaches symétriques (étriers).

On appellera « valeur de calcul à l'état limite de service » de la patte, la valeur :

$$Ra = \frac{Rc}{1{,}7}$$

où le facteur 1,7 correspond à un coefficient de sécurité (la valeur modérée de ce coefficient provient de la prise en compte de la fatigue, de la répartition des efforts entre pattes et du rééquilibrage potentiel des pressions de part et d'autre du parement de bardage).

REMARQUE

Les essais en cycle peuvent être :
– soit entrepris à la suite sur le même montage ayant permis de déterminer la charge φ ;
– soit réalisés sur un second montage avec des pattes neuves.
La recherche de la valeur de *F* la plus exacte par ajustement du coefficient a doit être faite au cours des 75 premiers cycles de la série, la valeur *F* à retenir étant validée par les 75 derniers cycles.

B

ANNEXE B : CALCULS THERMIQUES

Contexte réglementaire

Réglementations thermiques dans le neuf et dans l'existant

La réglementation thermique se décline en deux réglementations concernant les bâtiments neufs (RT 2012, RE2020) et les bâtiments existants (RT existant globale et RT existant par éléments).

Bâtiments neufs

L'application de la RT 2012 est couverte par l' arrêté du 26 octobre 2010 et son modificatif de 11 décembre 2014. L'application de la RE2020 est couverte par l'arrêté du 4 août 2021.

Bâtiments existants

La RT existant globale couverte par l'arrêté du 13 juin 2008 s'applique aux bâtiments construits après 1948 et aux rénovations importantes lorsque la surface du bâtiment est supérieure à 1 000 m^2 et lorsque le coût des travaux est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment concerné.

La RT existant par éléments couverte par l'arrêté du 3 mai 2007 et son modificatif l'arrêté du 22 mars 2017 s'applique aux cas de rénovation non visés par la RT existant globale.

Respect des exigences globales (Ubât, Bbio, Cep, Tic)

Bâtiments neufs

La RT 2012 fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur le besoin bioclimatique (Bbio), les ponts thermiques (une exigence sur la moyenne des ponts thermiques du bâtiment et sur le pont thermique moyen du plancher intermédiaire), la perméabilité à l'air, la consommation en énergie primaire (Cep) et la température intérieure de confort (Tic).

La RE2020 fixe des exigences comparables à la RT2012 sur le besoin bioclimatique (Bbio), les ponts thermiques et l'étanchéité à l'air et la consommation en énergie primaire. Elle fixe des nouvelles exigences sur la consommation en énergie primaire non renouvelable, sur l'impact carbone lié à la consommation, sur l'impact carbone lié à la construction et sur un indicateur mesurant l'intensité et la durée de l'inconfort en été (DH).

Bâtiments existants

La RT existant globale fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur la déperdition moyenne par transmission à travers l'enveloppe (Ubât), la consommation en énergie primaire (Cep) et la température intérieure de confort (Tic). Elle fixe par ailleurs une exigence de réduction de la Cep initiale.

La RT existant par élément ne fixe pas d'exigences globales à l'échelle du bâtiment.

Respect des exigences minimales et des valeurs limites concernant le procédé

Bâtiments neufs

Contrairement à la RT 2005 (ancienne réglementation thermique en travaux neufs), la RT 2012 et la RE2020 ne fixent pratiquement plus d'exigence à l'échelle des parois, mais conserve une exigence minimale sur le pont thermique du plancher intermédiaire.

Bâtiments existants

La RT existant globale fixe des coefficients de transmission surfacique de parois *(U)* et des coefficients de transmission linéique aux jonctions entre parois à ne pas dépasser.

La réglementation thermique par éléments fixe une exigence minimale sur la résistance thermique totale (R totale) des composants qui ont été remplacés ou installés.

Les bardages rapportés sont soumis aux exigences minimales indiquées dans le (Tableau 9) :

Tableau 9 **Exigences réglementaires concernant les bardages rapportés**

		Exigences		
RT		U en W/(m².K)	Ψ en W/(m.K)	R en m².K/W
Neuf	RT2012	Sans objet	Ψ ≤ 0,6 pour les planchers intermédiaires Ratio Ψ < 0,28 W/(m².K) [1]	Sans objet
Existant	RE2020	Sans objet	Ψ ≤ 0,6 pour les planchers intermédiaires Ratio Ψ < 0,33 W/(m².K) [1]	Sans objet
	Globale	Up ≤ 0,45 pour les parois en contact avec l'extérieur Up ≤ 0,45/b pour les parois en contact avec un local non chauffé [2]	Sans objet	Sans objet
	Par élément	Sans objet	Sans objet	R_{totale} ≥ 2,9 [3] pour les parois en contact avec l'extérieur de bâtiments situés en zone climatique H1, H2 et H3 ≥ 800 m R_{totale} ≥ 2,2 dans les autres cas

[1] Sommes des ponts thermiques divisées par la surface du bâtiment. Pour l'application de la RE2020, une alternative à cette exigence repose sur la justification d'une température de surface intérieure des parois supérieures à 15°C en tout point
[2] b est le coefficient de réduction des déperditions vers les volumes non chauffés, défini dans le fascicule généralités des Règles Th-Bât en vigueur.
[3] à partir du 1er janvier 2023 l'exigence passera à 3,2 m².K/W

Performances thermiques intrinsèques du procédé

La performance thermique intrinsèque des bardages rapportés est caractérisée par un coefficient de transmission thermique surfacique Up s'exprimant en W/(m².K). Le terme de « résistance thermique » *R* est généralement employé pour caractériser une couche homogène de matériau constituant une paroi.

Introduction

La performance d'isolation thermique du procédé du bardage rapporté dépend de la résistance thermique de l'isolant employé et des éléments de fixation du parement extérieur (montants verticaux, pattes équerres, dispositif de fractionnement de la lame d'air, etc.).

Selon le poids du parement extérieur, il peut être nécessaire d'augmenter le nombre et/ou les dimensions des pattes équerres, ce qui aura pour effet de diminuer les performances thermiques du procédé.

Ainsi, l'impact des ponts thermiques intégrés sur la performance thermique de la paroi dépend de la densité des pattes équerres, de leur section, de leur matériau, du type de montant vertical (montant en aluminium ou chevron en bois) et de l'épaisseur d'isolant. Cet impact reste généralement compris entre 10 % et 40 % (dans certains cas de forte isolation, on peut atteindre un impact de 60 %).

Méthode de calcul

Le coefficient de transmission thermique surfacique U_p W/(m^2.K) de la paroi intégrant un système d'isolation par l'extérieur à base de bardage ventilé est calculé d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \Sigma_i \frac{\Psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

avec :

U_c : coefficient de transmission thermique surfacique en partie courante, en W/(m^2.K). Il est donné par la relation suivante :

$$U_c = \frac{1}{R_{isolant} + R_{support} + R_{se} + R_{si}}$$

- $R_{isolant}$: résistance thermique de l'isolant, en m^2.K/W ;
- $R_{support}$: résistance thermique de la paroi support, en m^2.K/W ;
- $R_{se} + R_{si}$: somme des résistances thermiques superficielles intérieure et extérieure prise égale à 0,26 m^2.K/W (la lame d'air étant fortement ventilée, on considère que l'ambiance extérieure s'y applique avec $R_{se} = R_{si}$ = 0,13 m^2.K/W)

La résistance thermique R_i d'une couche homogène d'un matériau i est donnée par la relation :

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i}$$

avec :

- e_i : épaisseur du matériau i, en m,
- λi : conductivité thermique du matériau i, en W/m.K (des valeurs par défaut des conductivités thermiques des matériaux sont données dans le fascicule Matériaux des règles Th-Bât en vigueur.)

Ψ_i : coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré *i*, en W/(m.K) ;

E_i : entraxe du pont thermique linéique *i*, en m ;

n : nombre de ponts thermiques ponctuels par m^2 de paroi ;

χ_j : coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré *j*, en W/K.

Valeurs précalculées des ponts thermiques intégrés

Les coefficients Ψ et χ doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bâten vigueur, fascicule Ponts Thermiques. En l'absence de valeurs calculées numériquement, les valeurs par défaut données (Tableau 10) peuvent être utilisées.

Tableau 10 Coefficient χ des pattes équerres en W/K

Épaisseur isolation	Coefficient χ des pattes équerres en W/K					
	Montant en T et patte en alliage d'aluminium		Montant en W et patte en acier		Chevron en bois et patte en acier	
	Section transversale des pattes équerres au niveau de l'isolant					
	100 mm^2	450 mm^2	100 mm^2	450 mm^2	100 mm^2	450 mm^2
50 mm	0,093	0,230	0,050	0,116	0,020	0,053
100 mm	0,083	0,212	0,035	0,089	0,018	0,050
200 mm	0,057	0,174	0,021	0,057	0,014	0,045
250 mm	0,049	0,157	0,017	0,048	0,012	0,041
300 mm	0,043	0,140	0,015	0,041	0,011	0,038

Les interpolations linéaires sont possibles. Les extrapolations linéaires sont possibles pour des sections de pattes équerres ≤ 600 mm^2 et pour des épaisseurs d'isolant ≤ 400 mm.

Tableau 11 Coefficient χ des chevilles synthétiques

Toute épaisseur d'isolant	Coefficient χ des chevilles synthétiques en W/K
	0,0

Tableau 12 Coefficient Ψ des ponts thermiques linéaires

Épaisseur isolation	Coefficient Ψ des ponts thermiques linéaires en W/m.K			
	Montant en T en aluminium	Montant en W en acier	Chevron bois	Profilé métallique de fractionnement
50 mm	0,004	0,075	0,015	1,06
100 mm	0,003	0,020	0,012	1,00
200 mm	0,002	0,005	0,007	0,85
250 mm	0,001	0,003	0,005	0,80
300 mm	0,0	0,002	0,002	0,75

Les interpolations et extrapolations linéaires sont possibles pour des épaisseurs d'isolant comprises entre 50 et 400 mm.

Il est possible d'obtenir des valeurs plus faibles des coefficients Ψ et χ pour un mur support en maçonnerie pour des épaisseurs d'isolant inférieures à 200 mm.

Exemples de calcul

Calcul du coefficient Up pour un bardage avec ossature bois

Description de la paroi :

- mur en béton d'épaisseur = 180 mm ;
- chevrons en bois ;
- entraxe horizontal des montants = 600 mm ;
- entraxe vertical des pattes équerres = 1 350 mm ;
- patte équerre en acier, section = 100 mm^2 ;

- première couche d'isolant derrière montants : e_1 = 90 mm, λ_1 = 0,04 W/(m.K) ;
- deuxième couche d'isolant entre montants : e_2 = 60 mm, λ_2 = 0,04 W/(m.K) ;
- pas de profilé de fractionnement de la lame d'air.

Calcul du coefficient de transmission Up

$$U_p = U_c + \Sigma_i \frac{\Psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

avec :

- U_c = 1/[0,26 + (0,15/0,04) + (0,18/2)] = 0,244 W/(m².K) ;
- Ψ (chevron en bois) = 0,01 W/(m.K) ;
- χ (patte équerre en acier) = 0,028 W/K ;
- n = 1/(0,6 x 1,35) = 1,2 patte/m² ;

$$U_p = 0{,}244 + \frac{0{,}01}{0{,}6} + 1{,}2 \times 0{,}016 = 0{,}28 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

Calcul du coefficient Up pour un bardage avec ossature métallique

Description de la paroi :

- mur en maçonnerie d'épaisseur = 180 mm ;
- montant W en acier (40 mm de côté et 2 mm d'épaisseur) ;
- entraxe horizontal des montants = 600 mm ;
- entraxe vertical des pattes équerres = 1 350 mm ;
- patte équerre en acier, section = 100 mm² ;
- première couche d'isolant derrière montants : e_1 = 100 mm, λ_1 = 0,04 W/(m.K) ;
- deuxième couche d'isolant entre montants : e_2 = 100 mm, λ_2 = 0,04 W/(m.K) ;
- avec profilé de fractionnement de la lame d'air installé tous les 6 m.

Calcul du coefficient de transmission Up

$$U_p = U_c + \Sigma_i \frac{\Psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

avec :

- Uc = 1/[0,26 + (0,2/0,04) + (0,18/0.7)] = 0,181 W/(m².K) ;
- Ψ (montant W) = 0,005 W/(m.K) ;
- Ψ (profilé de fractionnement) = 0,85 W/(m.K) ;
- χ (patte équerre en acier) = 0,021 W/K ;
- n = 1/(0,6 x 1,35) = 1,2 patte/m² ;

$$U_p = 0{,}181 + \frac{0{,}005}{0{,}6} + \frac{0{,}85}{6} + 1{,}2 \times 0{,}021 = 0{,}36 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

Ponts thermiques de liaison

Introduction

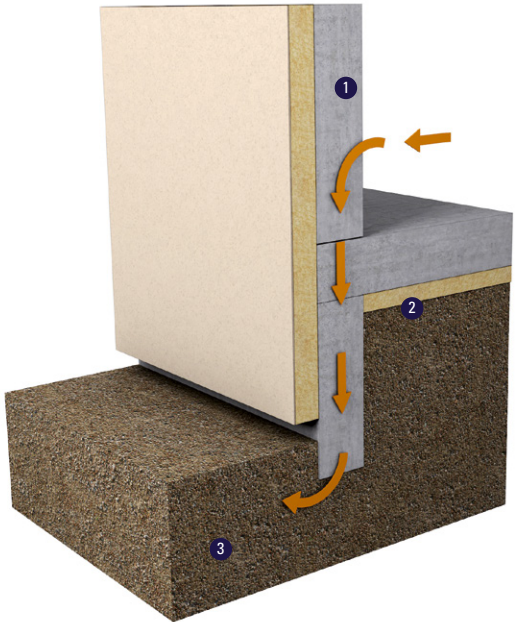
Les bardages rapportés permettent de traiter les ponts thermiques de liaison situés en nez de dalle et de refend.

Certains points singuliers sont toutefois difficiles à traiter, en particulier la liaison avec les balcons où la continuité de l'isolant n'est plus assurée. De plus, la présence d'un arrêt bas métallique traversant l'isolation peut avoir un impact important sur la valeur du pont thermique de liaison avec le plancher bas.

Le traitement des liaisons suivantes demande une attention particulière :

- plancher bas sur terre-plein : le prolongement de l'isolation extérieure en dessous du niveau du plancher réduit les déperditions thermiques de l'intérieur vers l'extérieur :

Figure 58 Plancher bas sur terre-plein



1 Béton 2 Isolant 3 Terre

Schéma p. 79 du Guide pratique (Plancher bas sur terre-plein)

- plancher bas sur vide sanitaire ou sur local non chauffé : le prolongement de l'isolation extérieure est moins efficace car la chaleur est transmise directement vers l'espace non chauffé (Figure 59 A). Pour obtenir un gain significatif, il faut isoler le mur du soubassement également par l'intérieur (Figure 59 B) :

Figure 59 A et 59 B **Plancher bas sur vide sanitaire et plancher bas sur local non chauffé**

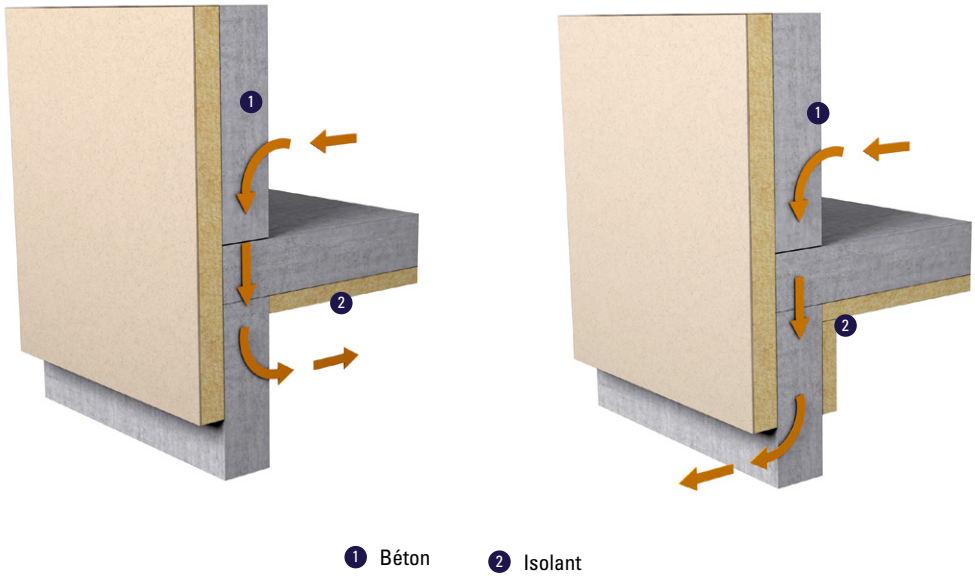


Figure A Figure B

Figures A et B p. 79 du Guide pratique (Plancher bas sur VS ou LNC)

- plancher haut en toiture-terrasse : Le traitement consiste à isoler complètement l'acrotère :

Figure 60 **Plancher haut en toiture-terrasse**

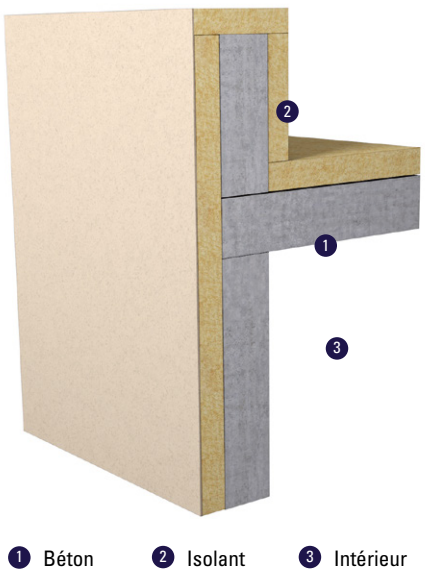
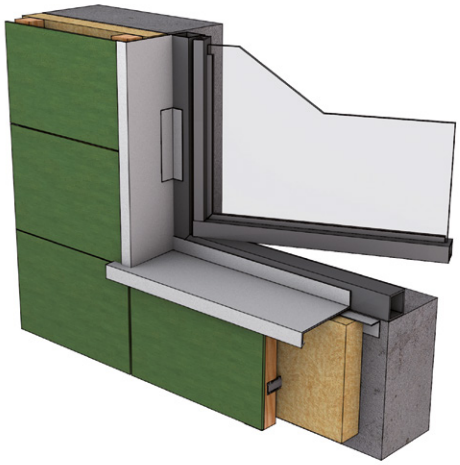


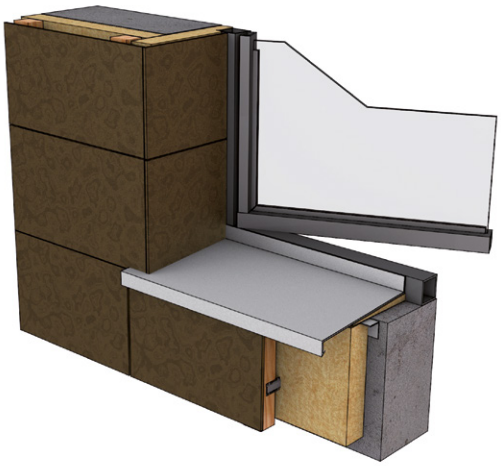
Schéma p. 77 du Guide pratique

- menuiseries : la menuiserie est généralement posée soit au nu extérieur (cas 1) soit au nu intérieur (cas 2). Dans le second cas, courant en réhabilitation, le traitement du pont thermique nécessite un retour d'isolant de quelques centimètres d'épaisseur :

Figure 61 **Menuiserie posée au nu extérieur (cas 1) ou au nu intérieur (cas 2)**



Cas 1 : retour en tableau à l'aide d'un profilé métalique



Cas 2 : retour en tableau à l'aide d'un élément de peau

Schéma p. 87 du Guide pratique

Méthode de calcul

Les ponts thermiques de liaison doivent être déterminés par calcul numérique selon fascicule Ponts Thermiques des règles Th-Bât version 2017 ou, plus généralement, selon la norme NF EN ISO 10211.

Valeurs tabulées

Des valeurs tabulées des coefficients y des ponts thermiques de liaison sont disponibles dans les règles Th-Bât version 2017, fascicule Ponts Thermiques.5.

C

ANNEXE C : ACCEPTATION DES PRODUITS DE PAREMENT SUR CHANTIER

Préambule

Cette annexe n'a pas d'application pratique lorsque les parements bénéficient, chacun pour ce qui le concerne, qui de la marque QB, qui de la marque NF ardoises naturelles.

Généralités

Les produits de construction relèvent du Règlement des Produits de Construction. Dans ce cadre, les produits relevant des normes ci-après font l'objet d'une déclaration des performances et d'un marquage CE :

- NF EN 13245 (T54-409) : Plastiques – Profilés en poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U) pour applications dans le bâtiment ;
- NF EN 492 (P33-302) : Ardoises en fibres-ciment et leurs accessoires en fibres-ciment – Spécifications du produit et méthodes d'essai ;

Acceptation des produits par famille

Clins en PVC

PVC-U rigide

Les clins PVC en PVC-U seront conformes à la norme NF EN 3245 pour une utilisation en extérieur.

L'acceptation des clins PVC-U se fera sur la base des tableaux suivants relatifs aux :

- caractéristiques au choc et au vieillissement artificiel ou naturel (Tableau 13) ;
- consistance de l'autocontrôle de production en usine (Tableau 14).

Tableau 13 Caractéristiques au choc et au vieillissement artificiel ou naturel des clins en PVC-U rigide

Caractéristique	Méthode d'essai	Propriété ou attribut Unité	Classe
Résistance à la flexion	NF EN ISO 527-2.	MPa	7,5
Module d'élasticité	NF EN ISO 527-2.	MPa	850
Résistance au choc	EN 13245-1 annexe A	Température *T*, ° C et énergie *J*, joules	(T, J) minicode (23, 01)
Résistance au vieillissement artificiel (A pour artificiel) Ou Résistance au vieillissement naturel (N pour naturel)	Méthode A de la norme EN ISO 4892-2:1999 Ou ISO 4607 en sites répertoriés, à 45° face au sud	Irradiation totale GJ/m² *n* et température *T*, °C ou Irradiation totale GJ/m² *n* et température *T*, °C	A, n, T Ou N, n, T
Résistance au choc après vieillissement artificiel Ou Résistance au choc après vieillissement naturel	EN 13245-1 annexe A	Température *T*, ° C et durée *h*, heure Ou Irradiation totale GJ/m² *n* et température *T*, °C	A, h, T minicode (A, 2, 23) Ou N, n minicode (N, 2)

Consistance de l'autocontrôle de production en usine :

Tableau 14 **Consistance de l'autocontrôle de production en usine des clins en PVC-U rigide**

Contrôles	Fréquences
Masse volumique à 23 °C selon norme NF EN ISO 1183 Taux de cendres selon norme NF EN ISO 3451-5	1 fois par semestre[1]
Contrôles dimensionnels (longueur, largeur) Contrôles fonctionnels (planéité, équerrage, emboîtement, etc.)	À chaque changement et prélèvement au hasard 1 fois par poste
Contrôle de l'aspect visuel	Chaque élément
Résistance au choc (énergie ≥ 5 joules, t ≤ 0 °C) selon annexe A de la norme NF EN 13245-1	1 fois par semaine
Composition Épaisseur ou masse au ml Contrainte au seuil d'écoulement et % allongement à la rupture selon la norme NF EN ISO 527-2	1 fois par semaine avec enregistrement

1. Essais pouvant être réalisés par le fournisseur si le fabricant de clins achète la matière première à un fournisseur qui effectue à sa demande le compound à façon.

PVC-UE expansé ou coextrudé

Les clins PVC en PVC-UE seront conformes à la norme NF EN 3245 pour une utilisation en extérieur.

L'acceptation des clins PVC-UE se fera sur la base des tableaux suivants relatifs aux :

- caractéristiques au choc et au vieillissement artificiel ou naturel (Tableau 15) ;
- consistance de l'autocontrôle de production en usine (Tableau 16).

Tableau 15 **Caractéristiques au choc et au vieillissement artificiel ou naturel des clins en PVC-UE expansé ou coextrudé**

Caractéristique	Méthode d'essai	Propriété ou attribut Unité	Classe
Résistance déclarée à la traction au seuil d'écoulement	NF EN ISO 178	MPa	39
% d'allongement à la rupture déclarée	NF EN ISO 178	%	110
Résistance au choc	EN 13245-2 annexe B	Température *T*, °C et énergie *J*, joules	(T, J) minicode (23,01)
Résistance au vieillissement artificiel (A pour artificiel) ou Résistance au vieillissement naturel (N pour naturel)	Méthode A de la norme EN ISO 4892-3:1999 méthode 3, exposition n° 1 Ou ISO 4607 en sites répertoriés, à 45° face au sud	durée *h*, heure et température *T*, °C Ou Irradiation totale GJ/m² *n* et température *T*, °C	A, h, T Ou N, n, T
Résistance au choc après vieillissement artificiel Ou Résistance au choc après vieillissement naturel	EN 13245-2 annexe B	Température *T*, ° C et durée *h*, heure Ou Irradiation totale GJ/m² *n* et température *T*, °C	A, h, T minicode (A, 2, 23) Ou N, n, T minicode (N, 2, 23)

Tableau 16 **Consistance de l'autocontrôle de production en usine des clins en PVC-UE expansé ou coextrudé**

Contrôles	Fréquences
Masse volumique à 23 °C (cœur et parement) selon la norme NF EN ISO 1183 Taux de cendres (cœur et parement) selon la norme NF EN ISO 3451-5	1 fois par semestre[1]
Contrôles dimensionnels (longueur, largeur) Contrôles fonctionnels (planéité, équerrage, emboîtement, etc.) Épaisseur du parement (pour coextrudé)	À chaque changement et prélèvement au hasard 1 fois par poste
Contrôle de l'aspect visuel	Chaque élément
Résistance au choc (énergie ≥ 5 joules, t ≤ 0 °C)	1 fois par semaine
Composition Épaisseur ou masse au ml Module de flexion selon la norme NF EN ISO 178	1 fois par semaine avec enregistrement

1. Essais pouvant être réalisés par le fournisseur si le fabricant de clins achète la matière première à un fournisseur qui effectue à sa demande le compound à façon.

Ardoises en fibres-ciment conformes au NF DTU 40.13

Les ardoises en fibres-ciment doivent répondre pour une utilisation en toiture aux caractéristiques de la norme NF EN 492 (novembre 2012).

L'acceptation des ardoises en fibres-ciment se fera sur la base des tableaux suivants relatifs aux :

- caractéristiques mécaniques pour le moment minimal de flexion par mètre et épaisseur minimale (Tableau 17) ;
- consistance de l'autocontrôle de production en usine (Tableau 18).

Tableau 17 **Caractéristiques mécaniques pour le moment minimal de flexion par mètre et épaisseur minimale des ardoises en fibres-ciment**

h (mm)	Min. e[1] (mm)	Moment minimal de flexion moyenne des 2 directions (Nm/m)
h £ 350	2,8	30
350 < h £ 450	3,0	40
450 < h £ 600	3,5	45
600 < h £ 850	4	55

1. e est la moyenne arithmétique des quatre valeurs de mesurage conformément au chapitre 7.2.4 de la norme NF EN 492.

Consistance de l'autocontrôle de production en usine :

Tableau 18 **Consistance de l'autocontrôle de production en usine des ardoises en fibres-ciment**

Contrôles	Fournisseur	Usine
Matières premières Ciment :		
– surface spécifique Blaine	1 par semaine	3 par semaine
– résistance 2 J et 28 J	1 par semaine	
Fibres cellulose :		
résistance à la traction, *kappa number*, % humidité, longueur de fibres	Chaque livraison, paramètres variables suivant fournisseurs	2 par an
Fibres synthétiques :		
longueur, titre, ténacité, allongement, module d'élasticité	Chaque livraison	1 lot par livraison + 2 fois par an de manière aléatoire en stock
Autocontrôles de fabrication		
Dimensionnel (longueur, largeur)		4 ardoises par poste
Équerrage		4 ardoises par poste
Qualité de coupe (visuel)		Permanent
Quantités de peinture (grammage) et températures de cuisson de surface		4 ardoises par poste
Teinte (colorimétrie ou visuel)		1 ardoise par poste
Aspect de surface après coloration		Permanent
Aspect des paquets conditionnés		Permanent
Contrôles sur produits finis		
Masse volumique, moment de flexion		8 ardoises par jour
Épaisseur		8 ardoises par jour

D

ANNEXE D : PASSAGE AUX EUROCODES POUR LA PRISE EN COMPTE DU VENT

Domaine d'application

Introduction

La mise en application des Eurocodes amène à mettre à jour les documents de dimensionnement des structures, mais également les éléments de l'enveloppe qui y sont fixés.

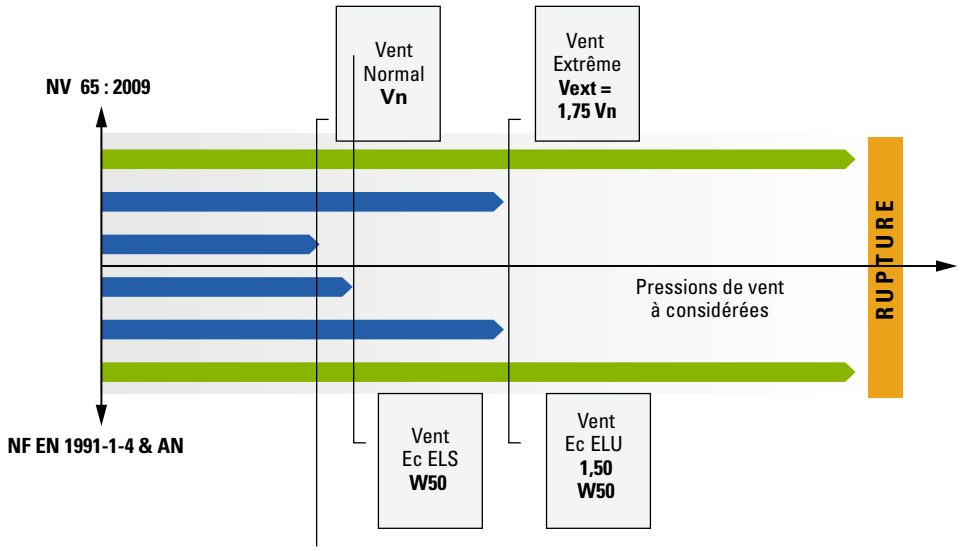
Durant la phase transitoire les deux référentiels relatifs au vent (Neige et Vent 65 et Eurocode 1991-1-4) cohabitent, il est donc essentiel de pouvoir établir un lien entre ces deux référentiels afin de procéder à une transition en douceur.

- L'Eurocode a introduit des paramètres qui peuvent également impacter les pressions finales à retenir pour le cas des bardages rapportés, à savoir :
- Calcul de la pression due au vent en tout point de la façade en considérant la hauteur totale du bâtiment
- Augmentation des coefficients de dépression dans les zones de rive des bâtiments
- Prise en compte d'un éventuel équilibrage des pressions dans le cas des doubles peaux.

Calage des paramètres du vent de site

Dans le cadre du passage aux Eurocodes, le calage des paramètres de calculs a permis d'obtenir des pressions de vent ultimes similaires en moyenne au vent extrême des Règles Neige et Vent 65 modifiées (NV 65). En effet, les pressions de vent extrême déterminées selon les NV 65 et au sens de l'Eurocode 1991-1-4 et de son Annexe Nationale (AN), en considérant une période de retour de 50 ans et un coefficient de pondération des charges de vent (γ_q) de 1.5, montrent qu'elles sont en moyenne similaires.

Figure 62 Comparaison des critères de flèche, contrainte et rupture entre Règles NV65 modifiées et Eurocode 1991-1-4



Cette première approche, retenue pour le calcul des structures, permet de considérer que le vent extrême du NV 65 est similaire au vent ultime de l'Eurocode *(appelé également « Vent caractéristique »).*

Neige et Vent 65 (février 2009) :

- calcul des déformations sous vent normal (Vn) ;
- calcul des contraintes au Vent extrême (Vext = 1.75 Vent Normal).

Eurocode 1991-1-4 et AN :

- calcul des déformations sous vent caractéristique (W_{50}) ;
- calculs des contraintes sous W_{ELU} ($W_{ELU} = \gamma_q$ W50 = 1.5 W_{50}).

Donc en considérant que **W_{ELU} ≈ Vent extrême**

- 1.5 W_{50} ≈ 1.75 Vent Normal
- W_{50} ≈ 1.75 Vent Normal / 1.5

Cela revient à retenir que **1.2 Vent Normal ≈ W_{50}** *(vent caractéristique)*

Cette hypothèse permet donc de retenir les critères suivants :

- Modification des critères de flèche :
  - au sens des NV 65 L/200
  - devient au sens de l'Eurocode L/167 ([L/200] x 1.2)
- Modification des critères vis à vis des contraintes :
  - Le vent extrême des NV 65 étant assimilable au vent ultime de l'Eurocode, les critères de contraintes ne sont pas modifiés.
- Modification des critères vis à vis de la ruine :
  - au sens des NV 65 Coefficient de sécurité entre le vent normal et la ruine de 3,5
  - devient au sens de l'Eurocode Coefficient de sécurité entre W50 et la ruine de 3 (3,5/ 1.2)

La prise en compte de la rugosité de terrain de l'Eurocode a pour conséquence de provoquer une chute des pressions de vent à considérer, et ce tout particulièrement en zone urbaine où les pressions de vent ultimes peuvent chutées de l'ordre de 35 % par rapport aux pressions extrêmes des NV 65. La raison principale de cette chute des pressions de vent vient du fait que les NV 65 ne prenait pas en considération la rugosité du terrain parcouru par le vent.

Équilibrage des pressions

Dans le cas de la pose en bardage, les éléments d'habillage sont ancrés à des structures secondaires, elles-mêmes fixées à la structure de la façade. Une lame d'air ventilée est ainsi créée entre l'élément d'habillage et la paroi de la façade.

La pression de calcul du vent permettant de calculer les différents éléments du bardage dépend donc de la combinaison des pressions extérieures, caractérisée par C_{pe}, et de celle qui règne dans la lame d'air.

Lorsqu'un bardage est posé à joints ouverts, on peut tenir compte du fait que les joints permettent, en fonction de leur répartition, un certain équilibrage des pressions entre l'extérieur et la lame d'air, ce qui a pour effet de diminuer la résultante des effets du vent.

Au sens de l'Eurocode, les bardages sont considérés comme perméables lorsque les conditions suivantes sont remplies (NF EN 1991-1-4, art. 7.2.10) :

- les parements sont posés sur une paroi étanche à l'air ;
- la distance libre entre la face arrière des parements et la paroi de façade est au maximum 100 mm ;
- le groupe de parements présente une perméabilité m supérieure à 0,1 % ;
- la perméabilité du bardage est idéalement uniformément répartie.

En considérant que le support du bardage est en béton ou en maçonnerie (imperméable), l'Eurocode précise que la force exercée par le vent sur la paroi extérieure peut être calculée à partir de :

- $C_{p,net} = 2/3 \cdot C_{pe}$ pour les surpressions ;
- $C_{p,net} = 1/3 \cdot C_{pe}$ pour les dépressions.

Des essais réalisés sur des façades double peau ont montré que la répartition de la porosité est loin d'être vérifiée pour le cas de la dépression, et que $\mathbf{C_{p,net} = 2/3 \cdot C_{pe}}$ également pour les dépressions.

NOTE

La plupart des bardages présentent une perméabilité supérieure à 0,1 %, mais relativement mal répartie. Lorsque la perméabilité de la paroi du bardage est mal répartie, il peut exister un déphasage entre la rafale de vent et l'équilibrage de la lame d'air.

En fonction du type de bardage, la prise en compte de l'équilibrage de la pression dans la lame d'air est réalisée au travers des coefficients de pression extérieure corrigés $C_{p,net}$ et le coefficient d'équilibrage C_{eq} correspondants (Tableau 19).

Tableau 19 Coefficients $C_{p,net}$

	Pression	Dépression
Bardages en plaques de fibres-ciment et bardages en stratifiés, à joints fermés ($C_{eq} = 1$)	C_{pe} +	C_{pe} –
Bardage en plaques de fibres-ciment et bardages en stratifiés, à joints ouverts / Clins PVC ($C_{eq} = 2/3$)	2/3 C_{pe} +	2/3 C_{pe} –

Combinaisons perméabilité des bardages et isolation de la lame d'air

Pour une façade donnée, la lame d'air entre les parements de bardage et la façade est considérée comme cloisonnée si sa périphérie n'est en contact ni avec l'extérieur (présence d'une couvertine en partie haute), ni avec la lame d'air d'une façade adjacente (tôle de compartimentage continue dans les angles).

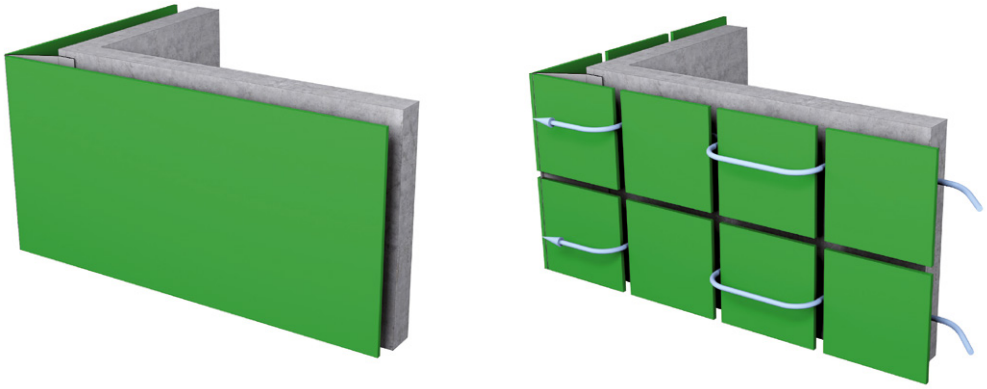
Lorsque la lame d'air n'est pas cloisonnée, il y règne une pression dépendant de la pression du milieu avec lequel la lame d'air est en contact.

4 situations différentes peuvent se présenter :

- les bardages **perméables** avec lame d'air **cloisonnée** ;
- les bardages **perméables** avec lame d'air **non cloisonnée** ;
- les bardages **imperméables** avec lame d'air **cloisonnée** ;
- les bardages **imperméables** avec lame d'air **non cloisonnée**.

Par défaut dans la suite du document nous ne considérerons que les bardages à lame d'air isolée incluant un cloisonnement d'isolation des lames d'air de chaque façade, car lorsque les lames d'air ne sont pas isolées les unes des autres, la détermination de la pression dans chaque lame d'air est très délicate, c'est pourquoi dans la pratique les lames d'air sont toujours cloisonnées.

Figure 63 Bardages étanche et poreux



Cette disposition constructive permet de simplifier les calculs en ne considérant dans le reste des calculs que la pression extérieure due à C_{pe} et la porosité pour chaque façade prise individuellement.

Détermination des charges de vent

Définition des zones de vent

Les règles données *infra* pour la détermination de la pression de vent sont basées sur une simplification de la NF EN 1991-1-4 et de son annexe nationale.

Les quatre zones à prendre en compte en France métropolitaine sont celles définies dans l'EN 1991-1-4/AN.

La définition de ces quatre zones ainsi que la carte, extraites de cette norme, sont données en fin de l'annexe.

Hauteur H du bâtiment

C'est la hauteur H du bâtiment au-dessus du sol qui détermine la pression du vent pour tous les éléments de façade extérieurs de ce bâtiment.

On distingue cinq classes de hauteur de bâtiment :

- $H \leq 9$ m ;
- $9 < H \leq 18$ m ;
- $18 < H \leq 28$ m ;
- $28 < H \leq 50$ m ;
- $50 < H \leq 100$ m.

La pression de vent à considérer dans le cas des bâtiments de plus de 100 m de hauteur doit être précisée dans le DPM.

NOTE

Contrairement aux NV 65 qui permettaient de faire varier la pression du vent en fonction de la hauteur de l'élément considéré sur la façade, l'Eurocode invalide cette pratique pour les zones en dépression.

Catégories de terrain

On distingue cinq catégories de terrain :

- IV : zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts ;
- IIIb : zones urbanisées ou industrielles, bocages denses, vergers ;

- IIIa : campagnes avec des haies, vignobles, bocages, habitats dispersés ;
- II : rase campagne avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur ;
- 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.

Dans le cas du littoral méditerranéen, hors Corse, les façades dont la situation correspond à la catégorie 0 sont considérées comme en catégorie de terrain II, vis-à-vis des effets du vent.

Les catégories de terrain sont illustrées par des photographies aériennes dans l'Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/AN, elles sont indiquées en fin de cette annexe.

La catégorie de terrain à prendre en compte est à analyser sur un rayon R autour du bâtiment, dépendant de la hauteur du bâtiment.

La valeur de R est donnée dans le tableau ci-dessous, et correspond au calcul suivant :

$$R = 23\ H^{1,2} \text{ avec } R \geq 300\ m$$

Tableau 20 **Définition du rayon de la zone de catégorie de terrain**

Hauteur H du bâtiment	H = 9 m	9 < H ≤ 8 m	18 < H ≤ 28 m	28 < H ≤ 50 m	50 < H ≤ 100 m
Rayon R	R = 320 m	R = 750 m	R = 1 250 m	R = 2 500 m	R = 5 800 m

Dans le cas où la zone comporte plusieurs catégories de terrain, il convient de retenir la plus défavorable.

Dans le cas d'une zone montagneuse, à plus de 900 m d'altitude, et à défaut de précision dans les DPM, les façades sont considérées comme en catégorie de terrain II.

Pressions de vent W_{50}

Les actions du vent peuvent être déterminées :

- par l'application stricte de l'Eurocode 1 (et son annexe nationale), ou par essai en soufflerie, avec une période de retour égale à cinquante ans ;
- ou selon le (Tableau 21) et le (Tableau 22) de la méthode simplifiée exposée *infra*.

Les pressions de vent du (Tableau 21) et (Tableau 22) sont établies avec les hypothèses simplificatrices suivantes :

- W_{50} (période de retour : 50 ans) ;
- coefficient d'orographie Co(z) = 1 (sans dénivellation ni obstacle).

NOTE

Dans le cas où les DPM ne permettent pas de prendre cette hypothèse, la pression de vent doit être précisée dans les DPM ; ou alors Co(z) doit être déterminé suivant l'annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA:2008 – Clause 4.3.3 (1) –, procédure suivie d'un calcul complet. Dans ce dernier cas, il conviendra de multiplier la pression de vent déterminée avec un coefficient Co(z) = 1 par le carré de la valeur calculée du Co(z) pour le lieu considéré. Cette méthode est applicable pour un Co(z) ≤ 1.15 ; le calcul avec cette valeur plafond entraine une augmentation de 32 % de la pression de vent W_{50}.
Dans le cas où Co(z) > 1.15 (relief tourmenté), il convient de déterminer le coefficient d'orographie au moyen d'une étude spécifique par modélisation numérique ou sur maquette en soufflerie.

- C_{scd} = 1 (les éléments de façade dont la fréquence propre est généralement supérieure à 5 Hz, la valeur de C_{scd} peut être considérée comme égale à 1) ;
- C_{season} = 1 (situation de projet supérieur à un an) ;
- C_{dir} = 1.

La pression de vent de site W50 exprimée en Pa (Pascal) à prendre en compte est donnée (Tableau 21).

Tableau 21 **Pressions de vent W_{50} en Pa (France métropolitaine)**

	Catégorie de terrain	Élément de façade – Pression W_{50}				
		≤ 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
France métropolitaine						
0	IV	383	417	505	630	793
	IIIb	399	532	623	753	920
	IIIa	524	660	753	883	1050
	II	676	810	900	1026	1185
	0	842	964	1046	1158	1298
Région 2	IV	456	497	601	750	944
	IIIb	475	633	742	896	1095
	IIIa	624	786	897	1051	1250
	II	804	963	1071	1221	1410
	0	1002	1148	1245	1378	1545
Région 3	IV	535	583	705	880	1108
	IIIb	558	743	871	1051	1285
	IIIa	732	922	1052	1234	1467
	II	944	1131	1257	1433	1655
	0	1177	1347	1461	1617	1813
Région 4	IV	620	676	818	1020	1285
	IIIb	647	861	1010	1219	1491
	IIIa	849	1070	1220	1431	1701
	II	1095	1311	1458	1661	1919
	0	1364	1562	1694	1875	2102

Coefficient de pression

L'Eurocode 1991-1-4 définie, pour certaines formes de bâtiment courant, les coefficients aérodynamiques appropriés aux différentes zones des constructions.

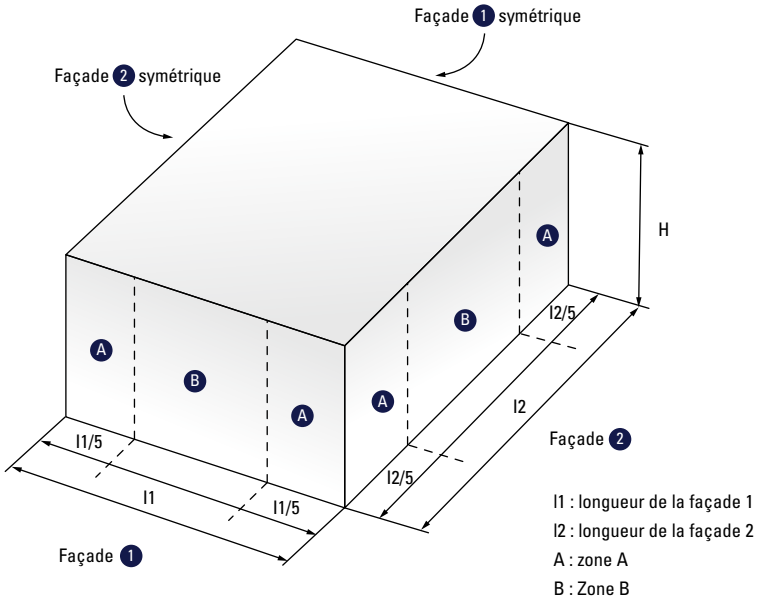
Par défaut, pour le calcul des coefficients aérodynamiques de pression extérieure, la surface des éléments de bardage considérée est de 1 m^2.

Seule la dépression est prise en compte dans le reste du document car elle correspond au cas dimensionnant des bardages courants, seuls des systèmes de bardage dont le schéma mécanique serait non symétrique devront être vérifiés également en pression ; ce n'est pas le cas des éléments de bardage visés par le présent document.

Les coefficients de dépression à considérer sont (zones au sens de l'EN 1991-1-4) :

- Dépression en rive **C_{pe} = –1,4** (zone A)
- Dépression en zone courante de bâtiment **C_{pe} = –1.1** (zone B)

Figure 64 (ex 67) Localisation des zones A et B relatives au coefficient C_{pe}



NOTE

La valeur C_{pe} s'applique aux constructions de type courant (murs verticaux des bâtiments à plan rectangulaire). Lorsque le bâtiment a une forme non courante, les DPM doivent préciser les charges à prendre en compte.
La surface de l'élément de bardage est prise par défaut égale à 1 m^2, mais peut être calculée selon le paragraphe 7.2 de l'Eurocode 1.

Pour le dimensionnement du bardage, du fait d'une paroi support étanche et des cloisonnements dans les angles, le coefficient de pression intérieur est $\mathbf{C_{pi} = 0}$.

Les dépressions de vent à considérer sur la façade sont indiquées dans le (Tableau 22) pour les zones de rive (Zone A) et la partie courante (Zone B) des façades.

Tableau 22 Dépressions de vent sur une façade étanche en Pa – France Métropolitaine

	Catégorie de terrain	Eléments de façade – Pression W_{ELS}									
		En rives (Zone A)					En partie courante (Zone B)				
		≤ 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m	≤ 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Région 1	IV	-536	-584	-707	-882	-1111	-421	-459	-556	-693	-873
	IIIb	-559	-744	-873	-1054	-1288	-439	-585	-686	-828	-1012
	IIIa	-734	-924	-1055	-1237	-1470	-577	-726	-829	-972	-1155
	II	-946	-1133	-1260	-1436	-1659	-743	-891	-990	-1128	-1303
	0	-1179	-1350	-1464	-1621	-1817	-927	-1061	-1150	-1273	-1428
Région 2	IV	-638	-695	-842	-1049	-1322	-501	-546	-661	-825	-1039
	IIIb	-665	-886	-1039	-1254	-1533	-523	-696	-816	-985	-1205
	IIIa	-873	-1100	-1255	-1472	-1750	-686	-864	-986	-1157	-1375
	II	-1126	-1349	-1500	-1709	-1974	-885	-1060	-1179	-1343	-1551
	0	-1403	-1607	-1742	-1929	-2162	-1103	-1262	-1369	-1515	-1699
Région 3	IV	-749	-816	-988	-1232	-1551	-588	-641	-776	-968	-1219
	IIIb	-781	-1040	-1219	-1472	-1799	-613	-817	-958	-1156	-1414
	IIIa	-1025	-1291	-1473	-1727	-2054	-805	-1014	-1158	-1357	-1614
	II	-1321	-1583	-1760	-2006	-2317	-1038	-1244	-1383	-1576	-1821
	0	-1647	-1885	-2045	-2263	-2538	-1294	-1481	-1607	-1778	-1994
Région 4	IV	-868	-946	-1145	-1428	-1799	-682	-744	-900	-1122	-1414
	IIIb	-905	-1206	-1414	-1707	-2087	-711	-947	-1111	-1341	-1640
	IIIa	-1189	-1497	-1709	-2003	-2382	-934	-1176	-1343	-1574	-1872
	II	-1532	-1836	-2042	-2326	-2687	-1204	-1443	-1604	-1828	-2111
	0	-1910	-2187	-2372	-2625	-2943	-1501	-1718	-1863	-2062	-2313

Équilibrage des pressions

En fonction du type de bardage ou de sa mise en œuvre, l'équilibrage de la pression due à la lame d'air peut être pris en compte au travers du coefficient d'équilibrage C_{eq} donné (Tableau 23).

Tableau 23 Coefficient d'équilibrage C_{eq}

Coefficient d'équilibrage C_{eq}	Dépression
	C_{pe} –
Bardage à joints fermés	1
Bardage à joints ouverts / Clins	2 /3

Dépressions de vent de dimensionnement

La dépression de vent de dimensionnement à retenir se calcule à partir de la formule suivante :

- Pour le calcul du vent sur des éléments de bardage étanche :

$$W_{ELS} = W_{50} \times C_{pe}$$

- Pour le calcul du vent sur des éléments de bardage poreux :

$$W_{ELS} = W_{50} \times C_{pe} \times C_{eq}$$

NOTE

Dans tous les cas afin de s'assurer de l'obtention d'un minimum de rigidité, les pressions W_{ELS} à considérer ne pourront être inférieures à 400 Pa.

Par conséquent nous pouvons considérer que la performance d'un système de bardage peut s'écrire :

$$W_{ELS} / C_{eq} = W_{50} \times C_{pe}$$

Où $W_{50} \times C_{pe}$ – correspond à la dépression de vent sur la façade

W_{ELS} / C_{eq} – correspond à la dépression de service du bardage et de sa mise en œuvre associée ($C_{eq} = 1 \rightarrow$ étanche / $C_{eq} = 2/3 \rightarrow$ poreux)

- Pour l'éventuel calcul des contraintes des éléments de bardage, y compris fixations et des ancrages :

$$W_{ELU} = W_{ELS} \times 1.5 = W_{50} \times C_{eq} \times C_{pe} \times 1.5$$

Poutre simples ou continues, gestions des porte-à-faux

Généralement les ossatures secondaires support du bardage sont assimilables à des poutres continues sur plusieurs appuis intermédiaires, en particulier pour le calcul au vent ; ceci présente l'avantage de réduire les flèches de ses ossatures.

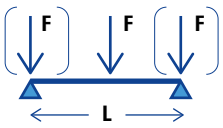
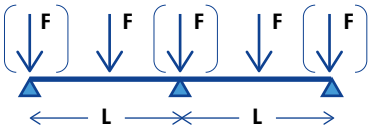
Afin de faciliter l'analyse des configurations d'appui à retenir, voici un petit résumé des rapports de flèche et de moment maximaux / minimaux de systèmes de poutre continue par rapport aux déformations et moments d'une poutre simple sur 2 appuis, en incluant le cas des portes à faux. Dans tous les cas, les portes à faux en extrémité de profilé seront limités au quart de la portée entre deux pattes successives, avec un maximum de 250 mm.

Définition des régions de vent

COMMENT FAIRE

Les cinq régions climatiques à prendre en compte sont celles définies dans l'Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4/NA:2005. Il conviendra de s'assurer, au moment de l'utilisation de cette annexe, des mises à jour éventuelles du texte de référence.

Tableau 24 **Moment, flèche et réaction du support dans le cas de charges ponctuelles**

Charges ponctuelles en milieu de travée			
Cas	Moment	Flèche	Réaction d'appui
	$M1 = \frac{FL}{4}$	$f1 = \frac{FL^3}{48EI}$	$R1 = \frac{F}{2}$
	$M\max = -0{,}75M1$	$f\max = 0{,}45f1$	$R\max = 1{,}38F(+F)$

La charge F entre crochets représente une éventuelle charge appliquée sur appuis.

Tableau 25 Moment, flèche et réaction du support dans le cas de charge répartie

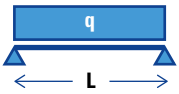
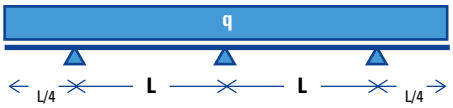
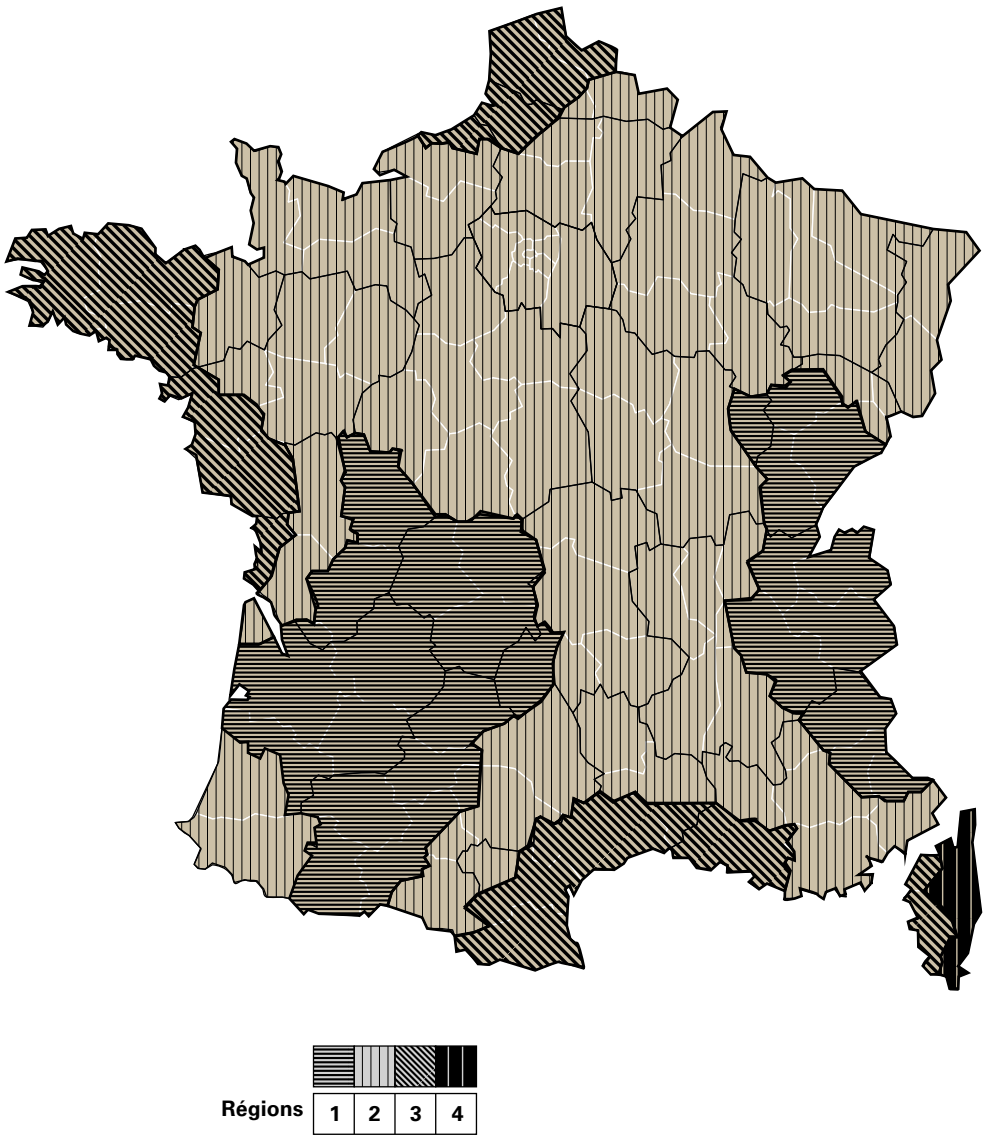
Charge répartie			
Cas	Moment	Flèche	Réaction d'appui
	$M2 = \frac{qL^2}{8}$	$f2 = \frac{5qL^3}{384EI}$	$R2 = \frac{qL}{2}$
	$M\max = -1.00M2$	$f\max = 0.42f1$	$R\max = 1.25qL = 2.5R2$
	$M\max = -0.92M2$	$f_{travée} = -0.23f$ $f_{paf} = -0.36f2$	$R\max = 1.19qL = 2.38R2$
	$M\max = -0.88M2$	$f_{travée} = -0.21f$ $f_{paf} = -0.33f2$	$R\max = 1.16qL = 2.31R2$

Figure 65 **Définition des régions climatiques de vent**



En France Métropolitaine, quatre régions sont à prendre en compte suivant la (Figure 65). Le découpage par cantons de la carte est détaillé dans les Tableaux 26 et 27.

Tableau 26 **Définition des régions, par départements**

Région	Départements
1	Ain*, Alpes-de-Haute-Provence*, Hautes-Alpes*, Alpes-Maritimes*, Cantal*, Charente, Charente-Maritime*, Corrèze, Côte-d'Or*, Creuse, Dordogne, Doubs*, Haute-Garonne*, Gers, Gironde*, Isère*, Jura, Landes*, Lot, Lot-et-Garonne, Hautes-Pyrénées, Haute-Saône*, Savoie, Haute-Savoie, Tarn*, Tarn-et-Garonne, Vienne, Haute-Vienne, Guyane
2	Ain*, Aisne, Allier, Alpes-de-Haute-Provence*, Hautes-Alpes*, Alpes-Maritimes*, Ardèche, Ardennes, Ariège, Aube, Aude*, Aveyron, Calvados, Cantal*, Charente, Charente-Maritime*, Cher, Côte-d'Or*, Doubs*, Drôme, Eure, Eure-et-Loir, Gard*, Haute-Garonne*, Gironde*, Ille-et-Vilaine, Indre, Indre-et-Loire, Isère*, Landes*, Loir-et-Cher, Loire, Haute-Loire, Loire-Atlantique*, Loiret, Lozère, Maine-et-Loire, Manche, Marne, Haute-Marne, Mayenne, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Moselle, Nièvre, Nord*, Oise, Orne, Pas-de-Calais*, Puy-de-Dôme, Pyrénées-Atlantiques, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Rhône, Haute-Saône*, Saône-et-Loire, Sarthe, Seine-Maritime*, Deux-Sèvres, Somme*, Tarn*, Tarn-et-Garonne, Var, Vaucluse, Vosges, Yonne, Territoire de Belfort, région Île-de-France, ville de Paris, Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Val-d'Oise
3	Aude*, Bouches-du-Rhône, Charente-Maritime*, Corse-du-Sud*, Haute-Corse*, Côtes-d'Armor, Finistère, Gard*, Hérault, Loire-Atlantique*, Morbihan, Nord*, Pas-de-Calais*, Pyrénées-Orientales, Seine-Maritime*, Somme*, Vendée
4	Corse-du-Sud*, Haute-Corse*

** Pour une partie du département. Voir le découpage par canton dans le (Tableau 27).*

Tableau 27 **Départements appartenant à plusieurs régions de vent : découpage selon les cantons**

Département	Région de vent	Cantons
01 Ain	2	Bâgé-le-Châtel, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes
	1	Tous les autres cantons
04 Alpes-de-Haute-Provence	1	Annot, Barcelonnette, Colmars, Entrevaux, La Javie, Le Lauzet-Ubaye, Saint-André-les-Alpes, Seyne
	2	Tous les autres cantons
05 Hautes-Alpes	2	Aspres-sur-Buëch, Barcillonnette, Laragne-Montéglin, Orpierre, Ribiers, Rosans, Serres, Tallard, Veynes
	1	Tous les autres cantons
06 Alpes-Maritimes	1	Guillaumes, Puget-Théniers, Saint-Étienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Villars-sur-Var
	2	Tous les autres cantons
11 Aude	2	Alaigne, Alzonne, Belpech, Carcassonne (tous les cantons), Castelnaudary (tous les cantons), Chalabre, Conques-sur-Orbiel, Fanjeaux, Limoux, Mas-Cabardès, Montréal, Saissac, Salles-sur-l'Hers
	3	Tous les autres cantons
15 Cantal	2	Allanche, Chaudes-Aigues, Condat, Massiac, Murat, Pierrefort, Ruynes-en-Margeride, Saint-Flour (tous les cantons)
	1	Tous les autres cantons
17 Charente-Maritime	1	Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde
	2	Archiac, Aulnay, Burie, Cozes, Gémozac, Jonzac, Loulay, Matha, Mirambeau, Pons, Saintes (tous les cantons), Saint-Genis-de-Saintonge, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Jean-d'Angély, Saint-Porchaire, Saint-Savinien, Saujon, Tonnay-Boutonne
	3	Tous les autres cantons

Département	Région de vent	Cantons
2A Corse-du-Sud	4	Bonifacio, Figari, Levie, Porto-Vecchio, Serra-di-Scopamène
	3	Tous les autres cantons
2B Haute-Corse	3	Belgodère, Calenzana, Calvi, L'Île-Rousse
	4	Tous les autres cantons
21 Côte-d'Or	1	Auxonne, Chenôve, Dijon (tous les cantons), Fontaine-Française, Fontaine-lès-Dijon, Genlis, Grancey-le-Château-Neuvelle, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Bèze, Pontailler-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Saint-Seine-l'Abbaye, Selongey
	2	Tous les autres cantons
25 Doubs	2	Audincourt, Clerval, Étupes, Hérimoncourt, L'Isle-sur-le-Doubs, Maîche, Montbéliard (tous les cantons), Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney
	1	Tous les autres cantons
30 Gard	3	Aigues-Mortes, Aimargues, Aramon, Beaucaire, Bouillargues, Saint-Gilles, Marguerittes, Nîmes (tous les cantons), Quissac, Saint-Mamert-du-Gard, Sommières, Vauvert
	2	Tous les autres cantons
31 Haute-Garonne	2	Auterive, Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Revel, Villefranche-de-Lauragais
	1	Tous les autres cantons
33 Gironde	2	Castelnau-de-Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, Saint-Laurent-Médoc, Saint-Vivien-de-Médoc
	1	Tous les autres cantons
38 Isère	2	Beaurepaire, Heyrieux, Saint-Jean-de-Bournay
	1	Tous les autres cantons
40 Landes	2	Amou, Castets, Dax (tous les cantons), Montfort-en-Chalosse, Mugron, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignanx, Saint-Vincent-de-Tyrosse, Soustons, Tartas (tous les cantons)
	1	Tous les autres cantons
44 Loire-Atlantique	2	Ancenis, Blain, Châteaubriant, Derval, Guémené-Penfao, Ligné, Moisdon-la-Rivière, Nort-sur-Erdre, Nozay, Riaillé, Rougé, Saint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Mars-la-Jaille, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades
	3	Tous les autres cantons
59 Nord	2	Anzin, Arleux, Avesnes-sur-Helpe (tous les cantons), Bavay, Berlaimont, Bouchain, Cambrai (tous les cantons), Carnières, Le Cateau-Cambrésis, Clary, Condé-sur-l'Escaut, Dénain, Douai (tous les cantons), Hautmont, Landrecies, Marchiennes, Marcoing, Maubeuge (tous les cantons), Orchies, Le Quesnoy (tous les cantons), Saint-Amand-les-Eaux (tous les cantons), Solre-le-Château, Solesmes, Trélon, Valenciennes (tous les cantons)
	3	Tous les autres cantons
62 Pas-de-Calais	2	Bapaume, Bertincourt, Croisilles, Marquion, Vitry-en-Artois
	3	Tous les autres cantons
70 Haute-Saône	1	Autrey-lès-Gray, Champlitte, Dampierre-sur-Salon, Fresne-Saint-Mamès, Gray, Gy, Marnay, Montbozon, Pesmes, Rioz, Scey-sur-Saône-et-Saint-Albin
	2	Tous les autres cantons

Département	Région de vent	Cantons
76 Seine-Maritime	3	Bacqueville-en-Caux, Blangy-sur-Bresle, Cany-Barville, Dieppe (tous les cantons), Envermeu, Eu, Fontaine-le-Dun, Offranville, Saint-Valery-en-Caux
	2	Tous les autres cantons
80 Somme	2	Ailly-sur-Noye, Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Combles, Ham, Montdidier, Moreuil, Nesle, Péronne, Roisel, Rosières-en-Santerre, Roye
	3	Tous les autres cantons
81 Tarn	1	Cadalen, Castelnau-de-Montmiral, Cordes-sur-Ciel, Gaillac, Graulhet, Lavaur, Lisle-sur-Tarn, Rabastens, Saint-Paul-Cap-de-Joux, Salvagnac, Vaour
	2	Tous les autres cantons

Catégories de terrain selon NF EN 1991-1-4/NA

Tableau 28 Catégories de terrain

Catégorie de terrain	
0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de la 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 ; bocages denses, verger
IV	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface est recouverte de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts

E

ANNEXE E : SÉCURITÉ INCENDIE

Classification des bâtiments en sécurité incendie

Généralités

On distingue :

- les bâtiments d'habitation, classés en famille de 1 à 4 ;
- les Établissements Recevant du Public (ERP), classés par type selon l'activité (désigné par une lettre) et par catégorie selon le nombre de personnes admises (catégories de 1 à 5) ;
- les immeubles de moyenne hauteur (IMH),
- les Immeubles de Grande Hauteur (IGH) : les Immeubles de Grande Hauteur (IGH) sont classés comme tels lorsque le plancher haut du dernier niveau est à plus de 28 m (hors immeubles à usage unique d'habitation pour lesquels cette hauteur est fixée à 50 m) ;
- les immeubles de bureaux visés par le Code du travail ;
- les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, classées par régime (déclaration, enregistrement et autorisation) et par rubrique selon l'activité.

Bâtiments d'habitation

Les bâtiments d'habitation relèvent de l'arrêté du 7 août 2019 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 qui classe les bâtiments comme suit :

- première famille :
  - individuel : R + 1 jumelé ou isolé,
  - individuel : rez-de-chaussée (RdC) en bande,
  - individuel : R + 1 en bande mais avec une structure indépendante ;
- deuxième famille :
  - individuel : autres cas,
  - collectif : jusqu'à R + 3 ;
- troisième famille :
  - troisième famille A : collectif H ≤ 28 m avec trois conditions :

    R + 7 max,

    portes palières à moins de 7 m des escaliers,

    accès escalier par voie échelles ;

- troisième famille B : collectif H ≤ 28 m ne satisfaisant pas à l'une des conditions de la troisième famille A, mais assurant à minima un accès escalier à moins de 50 m d'une voie engins ;

• quatrième famille : collectif dont le plancher haut est situé entre 28 et 50 m, assurant à minima un accès escalier à moins de 50 m d'une voie engins

Les IMH (travaux en rénovation)

L'arrêté du 7 août 2019 fixe de nouveaux objectifs pour limiter la propagation du feu en façade. L'arrêté est applicable aux immeubles d'habitation de moyenne hauteur (IMH), dès que leurs façades bénéficient de travaux de rénovation.

L'IMH se définit comme tout immeuble à usage d'habitation dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à plus de 28 m au-dessus du niveau du sol le plus haut utilisable pour les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie et qui n'est pas considéré comme un immeuble de grande hauteur au regard de sa définition à l'article R122-2 (nouvel article R122-30).

De plus, les prescriptions à respecter en matière de sécurité contre l'incendie lors de la rénovation de façade et du système de façade de tels immeubles sont prévues aux nouveaux articles R122-31 à R122-34.

ERP

Les bâtiments recevant du public (ERP) relèvent de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié.

Cet arrêté classe les établissements selon le type d'activité :

• J : structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées ;

• L : salles d'audition, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usages multiples ;

• M : magasins de vente, centres commerciaux ;

• N : restaurants et débits de boissons ;

• O : hôtels et pensions de famille ;

• P : salles de danse et salles de jeux ;

• R : établissements d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement ;

• S : bibliothèques, centres de documentation ;

• T : salles d'exposition ;

• U : établissements de soins ;

• V : établissements de culte ;

• W : administrations, banques, bureaux ;

• X : établissements sportifs couverts ;

• Y : musées.

L'article R. 123-19 du Code de la construction classe les établissements par catégories en fonction de l'effectif reçu :

• 1re catégorie : au-dessus de 1 500 personnes ;

• 2e catégorie : de 701 à 1 500 personnes ;

• 3e catégorie : de 301 à 700 personnes ;

• 4e catégorie : 300 personnes et au-dessous, à l'exception des établissements compris dans la 5e catégorie ;

• 5e catégorie : établissements dans lesquels l'effectif du public n'atteint pas le chiffre minimum fixé par le règlement de sécurité pour chaque type d'exploitation.

On distingue les établissements de 1er groupe, 1re à 4e catégorie, de ceux 2e groupe pour les établissements de 5e catégorie.

IGH

Les bâtiments de grande hauteur (IGH) relèvent de l'arrêté du 30 décembre 2011 : « Règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique ».

Code du travail

Ces bâtiments relèvent du Code du travail – 4e partie : Santé et sécurité au travail – articles R. 4216-1 à 4216-34.

Les articles R. 4216-24 et R. 4216-29 concernent plus particulièrement les bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 m du sol.

Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Ces bâtiments relèvent de divers arrêtés, s'agissant d'un arrêté par couple activité / régime.

Classement de réaction au feu

Les différents revêtements extérieurs devant être marqués CE (ils sont conformes à une norme européenne harmonisée), leur classement de réaction au feu est obtenu selon la norme NF EN 13501, et exprimé en Euroclasse.

L'essai principal est l'essai SBI et prend en compte la mise en œuvre du produit visé.

Les rapports de classement indiquent donc en conclusion le domaine d'application du classement au feu :

- substrat correspondant à la structure porteuse ;
- caractéristiques de l'isolant ;
- type d'ossature : bois et/ou métallique ;
- épaisseur minimale de la lame d'air ;
- caractéristiques des revêtements extérieurs : gamme d'épaisseur, nature des fixations, caractéristiques des finitions admises avec les différentes teintes.

COMMENT FAIRE

A la date de mise à jour du présent document, les derniers arrêtés en dates sont :
* l'arrêté du 07 aout 2019 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation
* l'arrêté du 07 aout 2019 relatif aux travaux de modification des immeubles de moyenne hauteur et précisant les solutions constructives acceptables pour les rénovations de façade

Instruction technique 249 relative aux façades

Pour les ERP, le paragraphe 5.2 de l'instruction technique 249 du 24 mai 2010 définit les dispositions à mettre en œuvre pour la sécurité incendie et répondre à l'exigence de non-propagation du feu par les façades en ce qui concerne les bardages rapportés avec lame d'air.

Ces dispositions sont les suivantes :

- bardages rapportés avec ossature en acier ou en bois. L'ossature en aluminium est acceptée par avis Cecmi par courrier du 8 mars 2011 ;
- si C + D ≥ 1 m et les dispositions données chapitre 5, § 5.2.1 ou § 5.2.2 respectées, le calcul de masse combustible mobilisable n'est pas exigé ;
- le recoupement de la lame d'air se fait à l'aide d'une bavette continue en tôle d'acier galvanisé ou en inox de 15/10e d'épaisseur fixée sur le support maçonné par chevillage au pas de 1 m. La fréquence de ces recoupements est donnée (Tableau 29).

Tableau 29 **Fréquence de recoupement de la lame d'air**

Isolant	Caractéristiques et classement au feu de l'isolant	Épaisseur de l'isolant	Dispositions en façades ERP (IT 249 § 5.2) Recoupement de la lame d'air	
Type laine minérale	A2 - s3, d0	Sans limite	Tous les 2 niveaux	
Polystyrène expansé ou polystyrène extrudé	Marquage CE Euroclasse E Certification sur équivalence Euroclasse D	≤ 100 mm	Sans protection autour des baies	Tous les niveaux
Polyuréthane rigide (PIR ou PUR)	Surfaçage sur les 2 faces par feuille aluminium 50 µm Marquage CE Euroclasse D-s2, d0 Certification par tierce partie	> 100 mm	Protection autour des baies assurée par tôle d'acier galvanisé ou inox de 15/10e d'épaisseur	Tous les 2 niveaux
			Avis favorable du Cecmi selon § A.5.3.	

Il conviendra de se référer aux divers textes de référence réglementaires en vigueur, notamment en habitation et établissement recevant du public, afin d'intégrer l'ensemble des exigences relatives à la sécurité incendie sur la problématique de sécurité incendie liée aux façades.

COMMENT FAIRE

L'instruction technique 249 applicable à la date de publication du présent document est celle du 24 mai 2010. Cette instruction est en cours de révision. Il convient de vérifier si une nouvelle version de l'IT 249 existe.

F

ANNEXE F : PROTECTION CONTRE LA CORROSION

Objet

Cette annexe a pour objet de définir les atmosphères extérieures et les protections correspondantes selon la nature des matériaux exposés en se basant sur les indications de la norme NF P 24-351. Elle renseigne également sur la compatibilité électrochimique.

Définition des atmosphères extérieures

Atmosphères extérieures directes (E_{11} à E_{19})

Atmosphère rurale non polluée : E_{11}

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées à la campagne en l'absence de source de corrosion particulière : retombées de fumée contenant des vapeurs sulfureuses, par exemple.

Atmosphère normale urbaine ou industrielle : E_{12}

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

Atmosphère sévère urbaine ou industrielle : E_{13}

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations importantes et/ou dans un environnement industriel.

Par rapport à l'atmosphère *Atmosphère normale urbaine ou industrielle : E_{12}*, l'accroissement de l'agressivité est dû à la présence de composés chimiques, continue ou intermittente, sans être à forte teneur et sans être source de corrosion importante.

Atmosphères marines

Atmosphère des constructions situées entre 10 et 20 km du littoral : E_{14}

Atmosphère des constructions situées entre 3 et 10 km du littoral : E_{15}

Bord de mer : E_{16}

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

Atmosphère mixte

Atmosphère mixte normale : E_{17}

Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E16 et de l'atmosphère normale urbaine ou industrielle E_{12}.

Atmosphère mixte sévère : E_{18}

Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E16 et de l'atmosphère sévère urbaine ou industrielle E_{13}.

Atmosphère agressive : E_{19}

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

- une corrosivité très importante ;
- l'abrasion ;
- les températures élevées ;
- les hygrométries élevées ;
- les dépôts de poussières importants ;
- les embruns en front de mer ;
- etc.

REMARQUE

Dans les tableaux 30, 31, 32, 33, 35 et 36 ci-après, donnant les gammes de traitements utilisables, les initiales ES, étude spécifique, indiquent que l'appréciation définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doivent être arrêtés après consultation et accord de l'ensemble des parties concernées. Une telle étude est du ressort du fabricant.

Protection contre la corrosion

Généralités

La protection doit être adaptée en fonction de la nature du métal et de la sévérité de l'exposition, selon qu'il y aura ou non nécessité de conserver l'aspect des profilés restant en partie visibles après la pose du parement de bardage.

Les protections d'ossature seront celles prévues pour les emplois en « atmosphère extérieure protégée et ventilée » lorsque les joints horizontaux et verticaux entre parements de bardage sont fermés.

Dans tous les autres cas d'ossature, y compris ceux dans lesquels les profilés restent apparents et contribuent à l'esthétique d'ensemble, on se référera aux protections requises pour les emplois en « atmosphères extérieures ».

REMARQUE

Les pattes de fixation sont toujours considérées en « atmosphère extérieure protégée et ventilée ».

Traitement de protection des ossatures

Traitement de protection des ossatures en acier

Galvanisation à chaud

Les revêtements obtenus par galvanisation, par immersion dans le zinc fondu (galvanisation à chaud) sur produits finis ou semi-finis, doivent satisfaire à la norme NF EN ISO 1461.

NOTE

La norme NF A91-121 spécifie, pour le métal de base, la norme NF A35-503 et renvoie au fascicule de documentation A91-122, en particulier pour la conception des pièces.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au (Tableau 30).

Tableau 30 **Acier. Galvanisation à chaud (par trempage) sur produits finis ou semi-finis**

Atmosphères extérieures directes[1]								
E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}	E_{19}
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
**	**	395 g/m²	**	**	395 g/m²	395 g/m²	395 g/m²	ES
Atmosphères extérieures protégées et ventilées[1]								
E_{21}	E_{22}	E_{23}	E_{24}	E_{25}	E_{26}	E_{27}	E_{28}	E_{29}
Idem E11	Idem E_{12}	Idem E_{13}	Idem E_{14}	Idem E_{15}	Idem E_{16}	Idem E_{17}	Idem E_{18}	Idem E_{19}

Nota : d = distance de la construction au littoral en km, ES = étude spécifique.
Spécifications du traitement de galvanisation en 5.1.1.2. de la norme NF P24-351 (en référence à la norme NF EN ISO 1461).
1 Définies ci-avant.
** Masses locales minimales de revêtement :
– 250 g/m² (35 µm) pour acier ® < 1,5 mm ;
– 325 g/m² (45 µm) pour acier ® ³ 1,5 mm et < 3 mm ;
– 395 g/m² (55 µm) pour acier ® ³ 3 mm et < 6 mm.

Les formages ultérieurs sur produits semi-finis (par profilage aux galets ou pliage à la presse, par exemple) ne doivent pas détériorer la protection.

Revêtements de zinc (galvanisation) par immersion à chaud en continu (tôles et bandes) sans peinture de finition

Les produits obtenus par galvanisation à chaud en continu de tôles et bandes doivent satisfaire à la norme NF EN 10147 ou à la norme P34-310.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au (Tableau 31).

Tableau 31 **Acier. Galvanisation à chaud en continu (revêtement de zinc)**

Atmosphères extérieures directes[1]								
E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}	E_{19}
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
Z 350	Z 450	ES	Z 450	ES	ES	ES	ES	ES
Atmosphères extérieures protégées et ventilées[1]								
E_{21}	E_{22}	E_{23}	E_{24}	E_{25}	E_{26}	E_{27}	E_{28}	E_{29}
Z 275	Z 275	Z 350	Z 350	Z 350	Z 450	Z 450	Z 450	ES

Nota : d = distance de la construction au littoral en km, ES = étude spécifique.
Z 275 = 275 g/m² double face @ 20 µm/face.
Z 350 = 350 g/m² double face @ 25 µm/face.
Z 450 = 450 g/m² double face @ 32 µm/face.

1. Définies ci-avant.

Autres revêtements métalliques en continu

Des revêtements éprouvés assurant une protection des surfaces reconnue équivalente, pour l'application visée, aux procédés définis peuvent être utilisés (*cf.* norme NF A91-010 : « Revêtements métalliques et traitement de surface des métaux – Terminologie – Classification – Symbolisation » et norme A91-011 : « Revêtements métalliques – Désignations conventionnelles de conditions d'emploi »).

Il s'agit, en particulier, de revêtements métalliques d'alliages zinc-aluminium, avec un maximum de 5 % d'aluminium, dont les caractéristiques vis-à-vis de la corrosion et de la souplesse à la déformation ont été améliorées.

Les produis obtenus doivent satisfaire à l'une des normes NF EN 10147, NF EN 10346 et P34-310.

Dans ce cas, les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au (Tableau 32).

Tableau 32 **Acier. Revêtements métalliques par immersion à chaud en continu (galvanisation ou revêtements spécifiques)**

Atmosphères extérieures directes[1]								
E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}	E_{19}
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
Z 275 ou ZA 275	ZA 300	ZA 350	ZA 350	ZA 350	ZA 350	ES	ES	ES
Atmosphères extérieures protégées et ventilées[1]								
E_{21}	E_{22}	E_{23}	E_{24}	E_{25}	E_{26}	E_{27}	E_{28}	E_{29}
Z 275	Z 275	ZA 300	Z 275 ou ZA 275	ZA 350	ZA 350	ZA 350	ES	ES

Nota : d = distance de la construction au littoral en km, ES = étude spécifique.
Spécifications des traitements Z en 5.1.1.3.1 et ZA en 5.1.1.3.2. de la norme NF P24-351.
Z 275 = 275 g/m² double face @ 21 µm/face.
Z 300 = 300 g/m² double face @ 23 µm/face.
Z 350 = 350 g/m² double face @ 27 µm/face.

1. Définies ci-avant.

Les formages ultérieurs sur produits semi-finis (par profilage aux galets ou pliage à la presse, par exemple) ne doivent pas détériorer la protection.

NOTE

La norme P 34-310 donne des informations utiles sur ce point.

Traitement de protection des ossatures en aluminium

Les produis obtenus doivent satisfaire à la norme NF A91-450.

Dans ce cas, les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au (Tableau 33).

Tableau 33 **Aluminium. Anodisation (conservation d'aspect uniquement)**

Atmosphères extérieures directes[1]								
E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}	E_{19}
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
AA15	AA15	AA15	AA15	AA15	AA15	AA20	AA20	ES
Atmosphères extérieures protégées et ventilées[1]								
E_{21}	E_{22}	E_{23}	E_{24}	E_{25}	E_{26}	E_{27}	E_{28}	E_{29}
Pas de nécessité de protection particulière								ES

Nota : d = distance de la construction au littoral en km, ES = étude spécifique.
Les symboles des classes d'épaisseur d'anodisation sont ceux de la norme NF A91-450 :
– AA 15 = 15 µm d'épaisseur moyenne minimale ;
– AA 20 = 20 µm d'épaisseur moyenne minimale.
1. Définies ci-avant.

Traitement de protection des ossatures en acier inoxydable

Les produis obtenus doivent satisfaire à la norme NF EN 10088-2.

Dans ce cas, les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au (Tableau 34.)

Tableau 34 **Acier inoxydable**

Nuance d'acier	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E17	E_{18}	E_{19}
	Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
		Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
2	n	¡	–	¡	–	–	–	–	–
3	n	n	¡	n	n	¡	¡	–	–
4	n	n	¡	n	n	n	n	¡	¡
5	n	n	¡	n	n	n	n	¡	¡
Atmosphères extérieures protégées et ventilées[1]									
	E_{21}	E_{22}	E_{23}	E_{24}	E_{25}	E_{26}	E_{27}	E_{28}	E_{29}
2	n	n	n	n	n	¡	¡	–	–
3	n	n	n	n	n	n	n	¡	¡
4	n	n	n	n	n	n	n	¡	¡
5	n	n	n	n	n	n	n	n	¡

Ce tableau est établi pour les aspects à rugosité du type 2D, 2B, 2R, 2K, 2P définis par la norme NF EN 10088-2.
Nota : d = distance de la construction au littoral en km.
n Nuance adaptée ¡ Étude spécifique – Non adapté

1. Définies ci_avant.
2. Nuance X6 Cr 17.
3. Nuance X5 Cr Ni 18-10.
4. Nuance X2 Cr Ti 18-2.
5. Nuance X2 Cr Ni Mo 17-12-2.

Traitement de protection des pattes de fixation

Traitement de protection des pattes de fixation en acier

Tableau 35 **Traitement de protection des pattes de fixation en acier**

	Atmosphères									
	Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive	
		Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère		
Galvanisation à chaud	**	**	395 g/m2	**	**	395 g/ m2	395 g/ m2	395 g/ m2	E.S.	(2) 250 g/m² (35 µm) pour acier < 1,5 mm 325 g/m² (45 µm) pour acier [3] 1,5 mm et < 3mm 395 g/m² (55 µm) pour acier [3] 3 mm et < 6 mm
Revêtements de zinc (galvanisation) par immersion à chaud en continu (tôles et bandes) sans peinture de finition	Z 275	Z 275	Z 350	Z 350	Z 350	Aluminium ou Inox suivant tableaux 36 et 37			E.S.	Z 275 = 275 g/m² double face @ 20 µm/face Z 350 = 350 g/m² double face @ 25 µm/face
Autres revêtements métalliques en continu	Z 275	Z 275	ZA 300	Z 275 ou ZA 275	ZA 350	ZA 350	ZA 350	E.S.	E.S.	Z 275 = 275 g/m² double face @ 21 µm/face. Z 300 = 300 g/m² double face @ 23 µm/face. Z 350 = 350 g/m² double face @ 27 µm/face.
d = distance de la construction au littoral en km E.S. = Etude Spécifique ** Masses locales minimales de revêtement : – 250 g/m² (35 µm) pour acier ® < 1,5 mm ; – 325 g/m² (45 µm) pour acier ® [3] 1,5 mm et < 3 mm ; – 395 g/m² (55 µm) pour acier ® [3] 3 mm et < 6 mm.										

Traitement de protection des pattes de fixation en aluminium

Tableau 36 Traitement de protection des pattes de fixation en aluminium

	Atmosphères								
	Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
		Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
Aluminium	Pas de nécessité de protection particulière.								E.S.

Traitement de protection des pattes de fixation en acier inoxydable

Tableau 37 Traitement de protection des pattes de fixation en acier inoxydable

	Atmosphères								
	Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
		Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
(3)	n	n	¡	n	n	n	n	¡	¡
(5)	n	n	¡	n	n	n	n	n	¡

Ce tableau est établi pour les aspects à rugosité du type 2D, 2B, 2R, 2K, 2P définis dans la norme NF EN 10088-2.
d = distance de la construction au littoral en km.
n Nuance adaptée ¡ Etude spécifique – Non adapté
(3) Nuance X5 Cr Ni 18-10.
(5) Nuance X2 Cr Ni Mo 17-12-2.

Compatibilités électrochimiques

Les compatibilités électrochimiques entre les matériaux constituant les ossatures et ceux constituant les fixations sont données (Tableau 38).

Tableau 38 Compatibilités électrochimiques

		Matériaux de fixation (vis, rivets, etc.)				
Matériaux constituants de l'ossature	Atmosphères types	Alliages d'alu	Acier revêtu de zinc	Acier inox	Alliages de cuivre-zinc	Alliages nickel-cuivre
Aluminium Alliages d'aluminium (Cu < 1 %)	E 21 E 22 E 24– E 25	n n n	- - -	n n ¡	¡ ¡ -	n n n
Aluminium et alliages d'alu anodisés	E 21 E 22 E 24 – E 25	n n ¡	¡ - -	n n n	¡ ¡ -	n n n
Acier zingué	E 21 E 22 E 24 – E 25	n n n	n n n	n n n	n n ¡	n n n
Acier inoxydable	E 21 E 22 E 24 – E 25	¡ - -	- - -	n n n	¡ ¡ -	n n n

n Compatible ¡ Étude spécifique – Non adapté

G

ANNEXE G : EXEMPLES DE TABLEAUX D'AUTOCONTRÔLE

Tableaux de formalisation des autocontrôles

Tableau 39 Liste des points à vérifier avant le début de chantier

Liste des points d'autocontrôle à vérifier avant la préparation du chantier			
Dossier	Documents	Reçu le	Remarque
Documents techniques et dossier du marché	Descriptif des travaux Dossier des spécifications		
	Plans des façades		
	Cahier des détails constructifs		
	Notes de calcul : – structure – thermique – acoustique		
	Rapport initial du bureau de contrôle		
	Fiche de mission (ordre de service)		
	Directives hiérarchiques		
Données du site (à conserver jusqu'à la réception)	Vent		
	Séisme		
	Autres : – accessibilité du chantier – aires de stockage – emprise sur la voie publique – contraintes acoustiques – zone de protection obligatoire contre les termites ?		

Tableau 40 **Autocontrôles avant le début d'un chantier neuf**

Autocontrôles avant la préparation et le début du chantier neuf				
Point d'autocontrôle	Sans objet	Type et résultats des contrôles réalisés	Conforme : Oui Non	Objet de la non-conformité
Nature des parois support (blocs de béton, béton banché, béton armé, autre)				
Tolérances géométriques – des parois support – alignement des baies		Résultats des contrôles :		
Étanchéité à l'air du bâtiment : – effectuée globalement selon les pièces du marché		Résultat :		
– à contrôler par l'entreprise : (l'étanchéité à l'air n'est pas confirmée par ailleurs)		Menuiseries extérieures : Traversées des parois : Joints verticaux de maçonneries en l'absence d'enduit extérieur : Joints parois verticales-plancher : Coffrets des volets roulants :		
Présence des produits de décoffrage Autres salissures				
Présence des fissures de retrait		Examen visuel, mesures de largeur des fissures		
Joints de dilatation Joints constructifs				
Photos prises avant travaux		Classées dans :		

Tableau 41 **Autocontrôles avant le début d'un chantier de rénovation**

Autocontrôles avant la préparation et le début du chantier de rénovation				
Point d'autocontrôle	Sans objet	Type et résultats des contrôles réalisés	Conforme : Oui non	Objet de la non-conformité Action
Nature des parois support (blocs de béton, béton banché, béton armé, ancien ITE, pierre, mixte, autre)				
Essais de la tenue des chevilles dans la paroi support selon guide chevilles (Cahiers du CSTB n° 1661_V2)		Type d'essais Nombre d'essais Emplacement Résultats		
Pathologies de la paroi support : – Présence des fissures		Actives évolutives dans le temps : Passives (largeur) :		*Nota* : les fissures évolutives sont incompatibles avec un ouvrage ITE et doivent être stabilisées auparavant
– Planéité et verticalité		Mesures sur 2 m :		
– Humidité de la paroi support : · accidentelle · capillarité				
– Présence des efflorescences				
– Étanchéité à l'eau		Débord de la toiture Menuiseries Traversées Autres points singuliers		
Revêtement existant		Adhérent : Non adhérent :		
– Présence de l'amiante		Information par MO(pièces du marché) : Résultats d'analyse		
– Présence de salissures		Poussière Pollution grasse Organique Autre		Noter le procédé de nettoyage (brossage, lavage, etc.) et le type du produit utilisé
– Présence d'un produit :		– Hydrofuge : – d'un RPE : – autre (peinture, par exemple) :		
– Enduit minéral :		Adhérent Non adhérant		
– Armature apparente		Localisé (armature de surface seulement) : Généralisé (ou armatures structurelles atteintes)		
Tolérances géométriques		Résultats des contrôles :		

Autocontrôles avant la préparation et le début du chantier de rénovation				
Point d'autocontrôle	Sans objet	Type et résultats des contrôles réalisés	Conforme : Oui non	Objet de la non-conformité Action
– Alignement des baies – Verticalité – Éléments en saillie (linteaux, appuis)				
Menuiseries existantes		– État – Compatibilité avec le bardage rapporté – Traitement des tableaux préconisé dans le cahier des dispositions constructives par le MO – Possibilité de drainage des menuiseries		
Éléments complémentaires de la façade : – à enlever (descentes des EP, antennes, sonnettes, sortie VMC, etc.) :				Établir la liste pour les remises en place ultérieures
Étanchéité à l'air du bâtiment : (voir § 5.7)		Présence d'enduit : – extérieur – intérieur – joints verticaux des maçonneries remplis en l'absence d'enduit extérieur – traversées et points singuliers étanches à l'air		
Ventilation des locaux		Type – naturelle – vmc : en bon état de fonctionnement – vmc défaillante		Vérifier, alerter le MO, formaliser les réserves
Photos prises avant les travaux		Classées dans :		– Vues générales des façades – Détails et leur localisation – Points singuliers – Joints – Désordres identifiés

Tableau 42 **Autocontrôles pendant la préparation du chantier**

Autocontrôles pendant la préparation du chantier			
Action Point d'autocontrôle	Réalisé le :	Par :	Remarque
Plans de calepinage de parement	MO	Fournis par MO : Validation par l'entreprise :	
Plans de calepinage des montants	Entreprise	Validé par le chantier	
Mise en place de l'échafaudage avec le système sécurité spécifique			Voir documents correspondants archivés
Formation – information des compagnons	Entreprise		Points abordés
Organisation du stockage	Chantier		Surfaces, protections, sécurité, etc.
Archivage des bons d'achats et autres éléments d'identification des produits mis en œuvre	Entreprise		Conservation des fiches techniques des fabricants

Tableau 43 **Autocontrôles pendant la mise en œuvre**

Autocontrôles pendant la mise en œuvre				
Points d'autocontrôle	Sans objet	Type et résultats des contrôles réalisés	Conforme : Oui Non	Objet de la non-conformité Action
Pattes de fixation		Dimensions Nombre Position		
Chevilles d'ancrage des pattes dans les parois support		Type Nombre pattes Serrage		
Isolant : – sa tenue sur le support – la continuité d'isolation		Chevilles à rosace Joints Angles Ouvertures Points singuliers		
Montants : – caractéristiques du produit		Dimensions Traitement (bois) Humidité (bois) Protections (métal)		
– positions par rapport aux plans		Partie courante, raboutages Ouvertures, angles, joints		
– planéité générale		Résultats des mesures		
– fixations sur les pattes		Positions des chevilles Serrage des vis		
Liteaux : – points fixes et points glissants – joints de dilatation dans le sens horizontal et précision d'aboutages – espacement dans le sens vertical – emplacement au droit des points singuliers – nombre et serrage des organes de fixation				
Lame d'air : – largeur – ventilation – compartimentage – fractionnement		Présence des profilés perforés bas Présence des profilés perforés haut Conforme aux plans Conforme aux plans		
Éléments de façade par rapport au cahier des détails constructifs		En fonction des plans – Fixation – Tenue – Étanchéité		
Photos prises au cours du montage		Archivées dans :		
Photos prises de l'ouvrage achevé		Archivées dans :		

H

ANNEXE H : INTERPRÉTATION STATISTIQUE DES RÉSULTATS D'ESSAIS

$$F_{u,5} = F_m - k_n \cdot S$$

$$\Delta F_m = F_{mean,c} / F_{mean,n}$$

Où

Fu, 5 : La force de rupture caractéristique donnant la confiance à 75 % que 95 % des résultats de test seront plus hauts que cette valeur Fm = La force de rupture moyenne,

F_m : La force de rupture moyenne,

k_n : L'excentricité de 5 % avec la confiance de 75 % (Tableau 44)

S : L'écart-type de série à l'étude

Tableau 44 **Coefficient k_n en fonction du nombre d'échantillons testés (cf. EN 1990 Eurocode)**

Nombre d'échantillons	3	4	5	6	7	8	10	20	30	¥
Variable k_n	3,37	2,63	2,33	2,18	2,10	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

TABLE DES MATIÈRES

	INTRODUCTION	5
1	DOMAINE D'APPLICATION	7
2	RÉFÉRENCES	8
3	TERMES ET DÉFINITIONS	11
4	COMPOSANTS	14
4.1	Rôle du bardage rapporté	14
4.2	Structure porteuse	14
4.3	Pattes de fixation	15
4.3.1	Rôle des pattes de fixation	15
4.3.2	Géométrie des pattes de fixation	15
4.3.3	Nature du métal	16
4.3.4	Traitement de protection du métal	16
4.3.5	Fiche technique	17
4.4	Chevilles	17
4.5	Isolant	18
4.5.1	Généralités	18
4.5.2	Isolants à base de laine minérale	18
4.5.3	Isolants à base de plastiques alvéolaires normalisés	19
4.5.4	Organes de fixation de l'isolant sur la structure porteuse	19
4.6	Ossatures	20
4.6.1	Définition	20
4.6.2	Rappel des exigences	20
4.6.3	Ossature bois	21
4.6.4	Ossature métallique	25
4.7	Parements	27
4.7.1	Clins PVC	27
4.7.2	Petits éléments de couverture	27
4.8	Fixation des parements	30
5	PRINCIPES DE CONCEPTION	31
5.1	Principes généraux	31
5.2	Résistance au vent	31
5.2.1	Sollicitations à prendre en compte	31
5.2.2	Cas des bardages en clins PVC	32
5.2.3	Cas des bardages en petits éléments de couverture	32

TABLE DES MATIÈRES

5.3	Résistance aux chocs	32
5.3.1	Cas des bardages en clins PVC	33
5.3.2	Cas des bardages en petits éléments de couverture	34
5.4	Sécurité en cas d'incendie	34
5.4.1	Résistance au feu	34
5.4.2	Réaction au feu	35
5.4.3	Masse combustible et règle du « C + D »	36
5.5	Stabilité en zones sismiques	36
5.5.1	Dispositions générales	36
5.5.2	Pose en zones sismiques sans justification particulière	37
5.5.3	Pose en zones sismiques nécessitant des dispositions ou justifications particulières	37
5.5.4	Calcul de sollicitation des chevilles	38
5.6	Étanchéité à l'eau	39
5.7	Étanchéité à l'air	39
5.8	Isolation thermique	39
5.9	Isolation acoustique	40
5.9.1	Performance du produit	40
5.9.2	Performance de l'ouvrage	40
5.9.3	Bâtiments d'habitation	42
5.10	Caractéristiques environnementales et sanitaires	42

6 SUPPORTS ADMISSIBLES ET PRÉPARATION DES STRUCTURES PORTEUSES 43

6.1	Acceptation des supports	43
6.1.1	Formalisation de l'acceptation du support	43
6.1.2	Chantier neuf	43
6.1.3	Chantier de réhabilitation	43
6.2	Prescriptions générales et nature des structures porteuses	44
6.3	Acceptation et préparation des structures porteuses neuves	44
6.3.1	Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques	44
6.3.2	Planéité et verticalité	45
6.3.3	Humidité	45
6.3.4	Points singuliers	45
6.4	Réconnaissance et préparation des structures porteuses anciennes	46
6.4.1	Présence d'amiante	46
6.4.2	Caractéristiques mécaniques	46
6.4.3	Planéité et verticalité	46
6.4.4	État de surface	47

TABLE DES MATIÈRES

7 MISE EN ŒUVRE EN PARTIE COURANTE 49

7.1 Stockage 49
7.2 Généralités et conditions de mise en œuvre 49
7.3 Calepinage 50
7.4 Traçage et repérage 50
7.5 Mise en œuvre des pattes de fixation 50
7.5.1 Disposition et répartition des pattes 50
7.5.2 Fixation des pattes sur la structure porteuse 51
7.6 Mise en œuvre de l'isolant 51
7.6.1 Disposition de l'isolant 51
7.6.2 Fixations des isolants 54
7.7 Mise en œuvre de l'ossature 55
7.7.1 Ossature bois 56
7.7.2 Ossature métallique 60
7.8 Mise en œuvre des habillages 67
7.9 Lame d'air ventilée 67
7.9.1 Section de ventilation 67
7.9.2 Compartimentage de la lame d'air 68
7.10 Mise en œuvre du parement 69
7.10.1 Clins PVC 69
7.10.2 Petits éléments de couverture 70

8 TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS ET DES INTERFACES 71

8.1 Départ de bardage 71
8.1.1 Sans isolation de pied de façade 72
8.1.2 Avec isolation du pied de façade 74
8.1.3 Avec étanchéité et isolation enterrées 76
8.1.4 Traitement en balcon avec dalles sur plots 77
8.2 Arrêt sur acrotère ou sous avancée de toiture 80
8.3 Angle rentrant 82
8.4 Angle sortant 83
8.5 Joint de dilatation 84
8.6 Jonctions latérales 85
8.6.1 Jonctions avec façade type ETICS 85
8.6.2 Jonctions avec refend béton 88
8.7 Pénétrations diverses 90

TABLE DES MATIÈRES

9 AUTOCONTRÔLES ET ACCEPTATION DE L'OUVRAGE 92

9.1 Données à rassembler avant le début du chantier 92
9.1.1 Documents techniques relatifs au chantier 92
9.1.2 Données du site et valeurs des sollicitations retenues 93
9.1.3 Formalisation de l'aCCEPTAtion du support 94
9.1.4 Vérification de la qualité et de la compatibilité des produits préconisés 95
9.1.5 Préparation du chantier et stockage des produits 96
9.2 Contrôles à effectuer pendant la mise en œuvre 98
9.2.1 Vérifications concernant les pattes de fixation 98
9.2.2 Vérification de la tenue du produit isolant et de la continuité d'isolation 98
9.2.3 Vérifications concernant les chevrons ou montants 99
9.2.4 Vérification de la mise en place des liteaux 99
9.2.5 Contrôle de la lame d'air 99
9.2.6 Préparation et contrôle de mise en œuvre du revêtement extérieur 100
9.3 Actions à prévoir après la fin du chantier 101
9.3.1 Réalisation d'un carnet d'entretien 101
9.3.2 Nettoyage du chantier 101
9.3.3 Retour d'expérience 101
9.4 Réception de l'ouvrage 102
9.4.1 Généralités 102
9.4.2 Formalisation de la réception 103

10 ENTRETIEN ET MAINTENANCE 104

10.1 Clins PVC 104
10.2 Petits éléments de couverture 104

11 ANNEXES 105

A ANNEXE A : ESSAIS SUR LES PATTES DE FIXATION 106

B ANNEXE B : CALCULS THERMIQUES 113

C ANNEXE C : ACCEPTATION DES PRODUITS DE PAREMENT SUR CHANTIER 121

D ANNEXE D : PASSAGE AUX EUROCODES POUR LA PRISE EN COMPTE DU VENT 125

TABLE DES MATIÈRES

E ANNEXE E : SÉCURITÉ INCENDIE 139

F ANNEXE F : PROTECTION CONTRE LA CORROSION 143

G ANNEXE G : EXEMPLES DE TABLEAUX D'AUTOCONTRÔLE 150

H ANNEXE H : INTERPRÉTATION STATISTIQUE DES RÉSULTATS D'ESSAIS 156

NOTES

NOTES

RÉSUMÉ

Les Recommandations Professionnelles présentent les bonnes pratiques en matière d'isolation thermique extérieure par bardage rapporté à lame d'air ventilée, appliquée sur les faces extérieures des parois verticales, en béton ou en maçonnerie, en travaux neufs ou en rénovation, pour des bâtiments situés en France métropolitaine.

Le présent document décrit de manière objective les performances attendues pour un procédé complet.

Les travaux d'isolation thermique extérieure doivent s'inscrire dans une démarche globale de performance énergétique du bâtiment. La réflexion doit porter sur la cohérence des travaux à réaliser, en lien avec la pose de l'isolation thermique extérieure, tels que l'isolation des combles, le remplacement des fenêtres, le chauffage et la ventilation, etc....

PROFEEL

9 défis pour la rénovation énergétique