



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

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**PROCÉDÉS D'ISOLATION
THERMIQUE EXTÉRIEURE
PAR ENDUIT SUR POLYSTYRÈNE
EXPANSÉ**

EMPLOI ET MISE EN ŒUVRE

JUILLET 2014

NEUF-RENOVATION

ÉDITO

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

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

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

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

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

Alain MAUGARD

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



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

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

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

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

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

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



Sommaire

1 - Domaine d'application	8
2 - Références	10
3 - Termes, définitions, symboles, unités et abréviations	14
3.1. • Termes et définitions	14
3.2. • Symboles et unités, abréviations	17
4 - Composants	19
4.1. • Colle	19
4.2. • Produit de calage	19
4.3. • Profilés de fixation pour isolant	20
4.4. • Chevilles de fixation	21
4.5. • Isolant thermique	24
4.6. • Armatures	27
4.7. • Enduit de base	31
4.8. • Produit d'impression	31
4.9. • Enduit de finition	31
4.10. • Revêtement décoratif	32
4.11. • Accessoires	33
5 - Performances requises	37
5.1. • Performances thermiques	37
5.2. • Résistance mécanique et stabilité	38
5.3. • Sécurité en cas d'incendie	38
5.4. • Stabilité en zones sismiques	39
5.5. • Sécurité à l'usage	41
5.6. • Résistance au vent	42
5.7. • Résistance aux chocs	43
5.8. • Étanchéité à l'air	45
5.9. • Étanchéité à l'eau	45
5.10. • Perméabilité à la vapeur d'eau	46
5.11. • Isolement acoustique	46
5.12. • Caractéristiques environnementales et sanitaires	47
5.13. • Durabilité	47
6 - Supports admissibles et préparation des supports	49
6.1. • Nature des supports et prescriptions générales	49
6.2. • Préparation des supports en travaux neufs	51
6.3. • Préparation des supports en rénovation	52



7 - Exécution des travaux en partie courante.....	55
7.1. • Généralités et conditions de mise en œuvre.....	55
7.2. • Fixation de l'isolant au support.....	56
7.3. • Renforts des points singuliers.....	71
7.4. • Réalisation de la couche de base armée.....	73
7.5. • Réalisation de la couche de finition.....	76
7.6. • Planéité d'ensemble.....	77
8 - Traitement des points singuliers et des interfaces.....	78
8.1. • Principes généraux.....	78
8.2. • Carnet de détails.....	79
9 - Autocontrôles.....	113
9.1. • Préparation du support.....	113
9.2. • Contrôles à effectuer pendant la mise en œuvre.....	114
10 - Entretien, rénovation, réfection des dégradations.....	117
10.1. • Entretien et rénovation.....	117
10.2. • Réfection des dégradations.....	118
Bibliographie.....	120
Textes législatifs et réglementaires.....	122
ANNEXE A : Essais d'identification des composants.....	125
A. 1. Colles et couches d'enduit.....	125
A. 2. Isolant thermique.....	133
A. 3. Armature.....	134
A. 4. Dispositifs de fixation mécanique.....	134
ANNEXE B : Essais d'aptitude à l'emploi des composants et du procédé.....	136
B.1. Résistance à la rupture et allongement du treillis en fibres de verre.....	136
B.2. Adhérence de la colle sur le support.....	138
B.3. Adhérence de la colle sur l'isolant.....	139
B.4. Adhérence de la couche de base armée sur l'isolant.....	139
B.5. Adhérence du système d'enduit sur l'isolant.....	140
B.6. Résistance au vent des procédés fixés mécaniquement.....	141
B.7. Résistance au déboutonnage de la cheville à travers le profilé.....	145
B.8. Résistance aux chocs.....	146
B.9. Absorption d'eau par capillarité.....	147
B.10. Comportement aux cycles hygrothermiques.....	148
B.11. Résistance à l'action du gel et du dégel.....	152



ANNEXE C : Isolation thermique.....	154
C.1. Contexte réglementaire	154
C.2. Éléments de calcul thermique pour une paroi revêtue d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant.....	156
C.3. Ponts thermiques de liaison	158
ANNEXE D : Réaction au feu.....	160
D. 1. Contexte réglementaire.....	160
D. 2. Règles pour la détermination de la réaction au feu des procédés d'ITE par enduit sur isolant.....	163
ANNEXE E : Comportement en zones sismiques... ..	172
E.1. Contexte réglementaire	172
E.2. Détermination de la masse surfacique du procédé	175
ANNEXE F : Résistance au vent	179
F1. Isolant fixé mécaniquement par chevilles.....	179
F2. Isolant fixé mécaniquement par profilés	183
ANNEXE G : Étanchéité à l'eau.....	188
G.1. Situations générales de la construction	188
G.2. Types de mur en fonction du risque de pénétration de l'eau de pluie.....	189
ANNEXE H : Détermination sur chantier de l'adhérence d'une colle sur un support.....	191
H.1. Principe	191
H.2. Modalités des essais	191
H.3. Expression des résultats et analyse.....	192
ANNEXE I : Détermination sur chantier de la résistance en traction d'une cheville de fixation dans un support.....	193
I.1. Principe.....	193
I.2. Modalités des essais.....	193
I.3. Détermination de la résistance caractéristique et de la classe de résistance	195
ANNEXE J : Fiche générale de chantier.....	197

PRÉFACE

Les présentes Recommandations Professionnelles sont destinées à recenser les bonnes pratiques en matière d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé, fruit de l'expérience acquise au cours des vingt dernières années et matérialisée dans les Avis Techniques, les Agréments Techniques Européens et les Documents Techniques d'Application des systèmes industriels.

Le présent document décrit de manière objective les performances attendues pour un procédé complet, qu'il soit commercialisé sous forme de kit ou qu'il résulte d'un assemblage à façon de composants individuels. Cette approche performancielle s'appuie sur des méthodologies éprouvées pour caractériser ces procédés, évaluer leur durabilité et veiller au respect des différentes réglementations applicables.

Les travaux d'isolation thermique extérieure doivent s'inscrire dans une démarche globale de performance énergétique du bâtiment. L'isolation thermique extérieure est une composante parmi de nombreuses autres qui peuvent agir de façon positive sur l'optimisation des consommations d'énergie et la diminution des gaz à effet de serre. La réflexion doit porter sur la cohérence des travaux à réaliser, en lien avec la pose de l'isolation thermique extérieure :

- isolation des combles ;
- remplacement des fenêtres ;
- chauffage et ventilation ;
- étanchéité à l'air ;
- etc.

On se reportera au rapport « Stratégies de rénovation – Fiches solutions techniques » du programme RAGE.

Les performances évaluées du procédé complet, qu'il soit commercialisé sous forme de kit ou qu'il résulte d'un assemblage à façon de composants individuels, ne sont valables qu'à la seule condition de ne modifier aucun des composants du procédé.



1

Domaine d'application



Ce document concerne les procédés d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé, appliqués sur supports en béton ou en maçonnerie, en travaux neufs ou en rénovation, pour des bâtiments situés en France métropolitaine.

Ces procédés sont constitués :

- d'un isolant thermique en polystyrène expansé (PSE) fixé au support par collage ou par fixation mécanique ;
- d'un système d'enduit appliqué sur l'isolant thermique, composé d'une couche de base armée et d'une couche de finition.

Les procédés visés dans ce document sont destinés à être appliqués sur les faces extérieures des parois verticales des bâtiments, ainsi que des parois horizontales ou inclinées sous réserve que ces dernières ne soient pas exposées à la pluie.

Ces procédés et leurs composants doivent justifier de l'atteinte des performances requises, telles que spécifiées au § 4 et au § 5 du présent document. Les procédés qui bénéficient d'un marquage CE et qui font l'objet d'une déclaration de performances (DoP), sur la base d'un Agrément Technique Européen (ATE) ou d'une Évaluation Technique Européenne (ÉTE) établi selon le Guide d'Agrément Technique Européen n° 004 (ETAG 004)⁽¹⁾, sont réputés conformes sous réserve de l'adéquation entre les performances déclarées et les niveaux d'exigence décrits dans le § 4 et le § 5 du présent document.

Sont exclus du domaine d'application :

- les procédés posés sur paroi en bois ou contenant du bois ;
- les procédés posés sur paroi en terre crue (pisé, bauge, etc.) ;

■ 1 Les ETAG sont des documents publics destinés à établir les modalités d'évaluation des produits ou procédés ne faisant pas encore l'objet d'une norme Européenne harmonisée. Les ETAG sont disponibles sur le site de l'EOTA : www.eota.eu.

- les procédés posés sur paroi déjà revêtue d'une isolation thermique extérieure^(2) ;
- les procédés avec finition par éléments de parement (briques, carreaux céramiques, etc.).

■ 2 Sauf si une dépose totale de l'isolation thermique existante est prévue dans les travaux.



Références

2



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

Références normatives

- NF EN 196-1, *Méthodes d'essais des ciments – Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques.*
- NF EN 197-1, *Ciment – Partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.*
- NF EN 822, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la longueur et de la largeur.*
- NF EN 823, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'épaisseur.*
- NF EN 824, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'équerrage.*
- NF EN 825, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la planéité.*
- NF EN ISO 1460, *Revêtements métalliques – Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux – Détermination gravimétrique de la masse par unité de surface.*
- NF EN ISO 1461, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai.*
- NF EN 1602, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la masse volumique.*

- NF EN 1603, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de laboratoire.*
- NF EN 1604, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées.*
- NF EN 1607, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la résistance à la traction perpendiculaire aux faces.*
- NF EN 1609, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme : essai par immersion partielle.*
- NF EN ISO 1716, *Essais de réaction au feu de produits – Détermination du pouvoir calorifique supérieur (valeur calorifique).*
- NF EN 1991-1-4, *Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent.*
- 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.*
- ISO 3386-1, *Matériaux polymères alvéolaires souples – Détermination de la caractéristique de contrainte-déformation relative en compression – Partie 1 : Matériaux à basse masse volumique.*
- ISO 3386-2, *Matériaux polymères alvéolaires souples – Détermination de la caractéristique de contrainte-déformation relative en compression – Partie 1 : Matériaux à masse volumique élevée.*
- NF EN ISO 7783, *Peintures et vernis – Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau – Méthode de la coupelle.*
- ISO 7892, *Ouvrages verticaux des constructions – Essais de résistance aux chocs – Corps de chocs et modalités des essais de choc.*
- NF EN ISO 9229, *Isolation thermique – Vocabulaire.*
- NF EN ISO 10140-1, *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, *Acoustique – Mesure en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 2 : Mesurage de l'isolation au bruit aérien.*
- NF EN ISO 10211, *Ponts thermiques dans les bâtiments – Flux thermiques et températures superficielles – Calculs détaillés.*



- NF EN 10244-2, *Fils et produits tréfilés en acier – Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier – Partie 2 : Revêtement de zinc ou d'alliage de zinc.*
- NF EN ISO 11600, *Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics.*
- NF EN 11925-2, *Essais de réaction au feu – Allumabilité des produits soumis à l'incidence directe de la flamme – Partie 2 : Essai à l'aide d'une source à flamme unique.*
- NF EN 12086, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau.*
- NF EN 12090, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination du comportement en cisaillement.*
- NF EN 13163, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécification.*
- NF EN 13238, *Essais de réaction au feu des produits de construction – Modes opératoires de conditionnement et règles générales de sélection des substrats.*
- NF EN 13823, *Essais de réaction au feu des produits de construction – Produits de construction à l'exclusion des revêtements de sol exposés à une sollicitation thermique provoquée par un objet isolé en feu.*
- NF EN 13501-1, *Classement au feu des produits et éléments de construction – Partie 1 : Classement à partir des données d'essais de réaction au feu.*
- NF DTU 20.1, *Parois et murs en maçonnerie de petits éléments.*
- DTU 21, *Exécution des ouvrages en béton.*
- DTU 22.1, *Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type panneau plein ou nervuré en béton ordinaire.*
- DTU 23.1, *Murs en béton banché.*
- NF DTU 26.1, *Travaux d'enduits de mortiers.*
- NF DTU 36.5, *Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures.*
- NF DTU 42.1, *Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères.*
- NF DTU 44.1, *Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics.*

- NF P 01-010, *Qualité environnementale des produits de construction – Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction.*
- NF P 06-014, *Règles de construction parasismiques PS-MI 89 révisées 92.*
- NF P 30-303, *Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture en fibres-ciment. Spécifications – Essais.*
- NF P 85-570, *Produits pour joints – Mousses imprégnées. Définitions, spécifications.*
- NF P 85-571, *Produits pour joints – Mousses imprégnées. Essais.*

Autres références

- Règles Professionnelles pour l'entretien et la rénovation de systèmes d'isolation thermique extérieure « ETICS », FFB (UPPF et SFJF). Édition DTSB, décembre 2004 – révision, janvier 2010.
- Recommandations Professionnelles de la CSFE : L'isolation thermique par l'extérieur des parois enterrées avec revêtement d'étanchéité. Dossier 02, octobre 2010.
- Stratégies de rénovation – Fiches solutions techniques. Rapport RAGE, avril 2013.
- Guide de mise en œuvre des menuiseries extérieures avec une ITE en neuf et en rénovation. [Action RAGE / en cours de publication].
- Isolation Thermique Extérieure – Recommandations professionnelles pour la mise en œuvre des procédés de bardage rapporté à lame d'air ventilée. [Action RAGE / en cours de publication].



Termes, définitions, symboles, unités et abréviations

3



3.1. •Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions ci-dessous s'appliquent.

Paroi

Paroi opaque qui sépare les ambiances intérieure et extérieure du bâtiment.

Paroi verticale

Paroi faisant un angle inférieur ou égal à 5° par rapport à la verticale.

Support

Face extérieure de la paroi, sur laquelle le procédé d'isolation thermique extérieure est mis en œuvre.

Isolation thermique extérieure (ITE)

Protection hygrothermique non porteuse placée du côté extérieur des parois d'un bâtiment.

Procédé d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant

ITE sans lame d'air ventilée, constituée d'un isolant thermique collé ou fixé mécaniquement au support et recouvert d'un système d'enduit dont la première couche comporte au moins une armature. Chaque composant du procédé est appliqué sur site. L'ensemble du procédé constitue le revêtement de façade.

Colle

Composant destiné au collage de l'isolant thermique au support.

Produit de calage

Composant destiné à maintenir provisoirement l'isolant thermique au support, avant fixation mécanique par chevilles.

Dispositif de fixation mécanique

Composant permettant de fixer mécaniquement l'isolant thermique au support. Les dispositifs de fixation mécanique sont des profilés de fixation pour isolant ou des chevilles de fixation (pour isolant ou pour profilés).

Isolant thermique

Composant dont les caractéristiques permettent à la paroi d'atteindre une résistance thermique prescrite (voir la norme NF EN ISO 9229 pour les définitions relatives à l'isolation thermique).

Couche de base armée

Couche d'enduit en contact avec l'isolant thermique et contenant la (ou les) armature(s). La couche de base armée confère au procédé l'essentiel de ses caractéristiques mécaniques et contribue à sa protection contre les sollicitations climatiques.

Enduit de base (ou sous-enduit)

Composant appliqué directement sur l'isolant thermique, en une ou en plusieurs passes, et permettant la réalisation de la couche de base armée.

Armature

Composant destiné à améliorer les caractéristiques mécaniques de l'enduit de base.

Armature normale

Armature permettant de répartir les déformations et tensions internes de l'enduit de base, en vue de limiter les risques de fissuration.

Armature renforcée

Armature incorporée dans l'enduit de base en complément d'une armature normale pour améliorer la résistance aux chocs du procédé.

Produit d'impression (ou impression)

Composant obligatoire ou optionnel, appliqué sur la couche de base armée avant l'enduit de finition. Le produit d'impression joue le rôle de régulateur d'absorption et/ou de sous-couche opacifiante.

Enduit de finition (ou finition)

Composant appliqué sur la couche de base armée (revêtue ou non d'un produit d'impression). L'enduit de finition contribue à la



protection contre les sollicitations climatiques et mécaniques (chocs). Il participe également à l'aspect final du procédé.

Type de finition

Ensemble d'enduits de finition dont les compositions ne diffèrent que par la taille des granulats.

Revêtement décoratif

Composant obligatoire ou optionnel, appliqué sur l'enduit de finition. Le revêtement décoratif contribue à l'aspect final du procédé et peut apporter une protection supplémentaire contre les sollicitations climatiques.

Couche de finition

Couche composée de l'éventuel produit d'impression, de l'enduit de finition et de l'éventuel revêtement décoratif.

Couche d'enduit

Chacune des couches appliquées par voie humide et constituant le système d'enduit : enduit de base, produit d'impression, enduit de finition ou revêtement décoratif.

Système d'enduit

Ensemble constitué de la couche de base armée et de la couche de finition, à l'état sec et durci.

Accessoire

Composant utilisé pour traiter un détail spécifique ou un point singulier du procédé (départs, arrêts, joints, etc.). Les accessoires sont des pièces de liaison, des profilés de raccordement et/ou de protection, et des produits de garniture et/ou de calfeutrement.

Durée pratique d'utilisation (DPU)

Durée maximale, après préparation, pendant laquelle un mortier de collage, de calage ou d'enduisage est utilisable.

Fiche de données de sécurité (FDS)

Document visant à informer sur les dangers éventuels liés à l'utilisation d'un produit et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'équipements de protection individuelle.

Fiche de déclaration environnementale et sanitaire (FDES)

Document regroupant des informations structurées sur les performances environnementales et sanitaires des produits de construction. Les FDES sont établies selon la norme NF P01-010, sous la responsabilité d'un fabricant ou d'un syndicat professionnel.



3.2. • Symboles et unités, abréviations

3.2.1. • Symboles et unités utilisés dans le présent document

A_D	surface du panneau isolant	m ²
α_e	facteur d'absorption de l'énergie solaire	-
β	résistance en traction du treillis en fibres de verre	N/mm
δ	coefficient traduisant le bras de levier induit par le profilé sur la cheville	-
$D_{nT,A,tr}$	isolement acoustique standardisé pondéré pour les bruits aériens extérieurs	dB
$D_{nT,A}$	isolement acoustique standardisé pondéré pour les bruits aériens intérieurs	dB
$\Delta(R_w + C_{tr})$	indice d'amélioration de l'affaiblissement acoustique pondéré pour les bruits aériens extérieurs	dB
$\Delta(R_w + C)$	indice d'amélioration de l'affaiblissement acoustique pondéré pour les bruits aériens intérieurs	dB
e_D	épaisseur d'isolant	mm
e	épaisseur du composant à fixer mécaniquement	mm
ε	allongement à la rupture du treillis en fibres de verre	%
h_1	profondeur de perçage dans le support	mm
h_{ef}	profondeur d'ancrage effective de la cheville dans le support	mm
γ_F	coefficient partiel de sécurité sur la sollicitation du vent	-
$\gamma_{M, is}$	coefficient partiel de sécurité sur la résistance isolant / fixation mécanique	-
$\gamma_{M, su}$	coefficient partiel de sécurité sur la résistance cheville / support	-
λ_D	conductivité thermique de l'isolant	W/m.K
L_a	longueur de la cheville	mm
m_s	masse surfacique du système d'enduit sur l'isolant	kg/m ²
$N_{Rd,u}$	résistance de calcul de la cheville à l'état limite ultime	N
N_{Rk}	résistance caractéristique de la cheville dans le support	N
N_{Rk1}	résistance caractéristique de la cheville dans le support déterminée <i>in situ</i>	N
n	nombre de chevilles par panneau isolant	-
n_{plein}	nombre de chevilles par panneau isolant posées « en plein »	-
n_{joint}	nombre de chevilles par panneau isolant posées « en joint »	-
n_h	nombre de chevilles par panneau isolant et par profilé de maintien horizontal	-
n_v	nombre de chevilles par panneau isolant et par profilé de maintien vertical	-
n_s	densité surfacique de chevilles pour isolant	m ⁻²
PCS	pouvoir calorifique supérieur	MJ/kg
PCS_s	pouvoir calorifique supérieur par unité de surface	MJ/m ²
ψ	coefficient de transmission linéique	W/m.K
R_d	résistance de calcul à l'action du vent en dépression	Pa
$R_{d, is}$	résistance de calcul entre l'isolant et la fixation mécanique	Pa
$R_{k, is}$	résistance caractéristique entre l'isolant et la fixation mécanique	Pa
$R_{d, su}$	résistance de calcul entre les chevilles et le support	Pa
R_{plein}	résistance caractéristique de la cheville posée « en plein »	N
R_{joint}	résistance caractéristique de la cheville posée « en joint »	N



R_{panneau}	résistance caractéristique à l'arrachement statique	N
$R_{d,pr}$	résistance de calcul entre la cheville et le profilé	N
R_{pr}	résistance entre la cheville et le profilé	N
R_D	résistance thermique de l'isolant	m ² .K/W
R_{support}	résistance thermique de la paroi	m ² .K/W
R_{se}	résistance thermique superficielle extérieure	m ² .K/W
R_{si}	résistance thermique superficielle intérieure	m ² .K/W
S_d	sollicitation de calcul due à l'action du vent en dépression	Pa
s_d	épaisseur de la couche d'air équivalente de diffusion du système d'enduit	m
S_k	sollicitation caractéristique due à l'action du vent en dépression	Pa
σ	adhérence du système d'enduit sur l'isolant	MPa
$\sigma_{b,is}$	adhérence de la couche de base armée sur l'isolant	MPa
$\sigma_{c,is}$	adhérence de la colle sur l'isolant	MPa
$\sigma_{c,su}$	adhérence de la colle sur le support	MPa
$\sigma_{c,su1}$	adhérence de la colle sur le support déterminée <i>in situ</i>	MPa
t_{fix}	épaisseur de fixation mécanique	mm
t_{tol}	épaisseur des tolérances sur le support	mm
U_c	coefficient de transmission surfacique de la paroi revêtue du procédé	W/m ² .K
U_p	coefficient de transmission surfacique corrigée de la paroi revêtue du procédé	W/m ² .K
W	absorption d'eau par capillarité du système d'enduit sur l'isolant	kg/m ²
W_b	absorption d'eau par capillarité de la couche de base armée sur l'isolant	kg/m ²
χ	coefficient de transmission ponctuelle de la cheville pour isolant	W/K

3.2.2. • Abréviations utilisées dans le présent document

ARS	Armature renforcée + armature normale
ATE	Agrément Technique Européen
DoP	Déclaration de performances
DPU	Durée pratique d'utilisation
DT	Double armature normale
ERP	Établissement recevant du public
ETAG	Guide d'Agrément Technique Européen
ÉTE	Évaluation Technique Européenne
FDES	Fiche de déclaration environnementale et sanitaire
FDS	Fiche de données de sécurité
IGH	Immeuble de grande hauteur
HR	Humidité relative
ITE	Isolation thermique extérieure
PSE	Polystyrène expansé
PVC	Polychlorure de vinyle
RT	Règlementation thermique
ST	Simple armature normale



Composants

4



4.1. • Colle

La colle est un mortier qui peut se présenter sous différentes formes :

- en poudre à mélanger avec de l'eau ;
- en pâte prête à l'emploi ;
- en pâte à mélanger avec du ciment ;
- en poudre à mélanger avec une résine (émulsion).

Le plus souvent, les colles servent également à caler les panneaux isolants avant fixation mécanique par chevilles.

NOTE

Les colles sous forme de mousse expansive ne sont pas visées dans le présent document.

4.2. • Produit de calage

Le produit de calage est un mortier qui peut se présenter sous différentes formes, telles que décrites au § 4.1 du présent document. Le produit de calage est utilisé en association avec des chevilles à rosace pour fixer l'isolant thermique au support.

Un mortier exclusivement dédié au calage ne doit pas être utilisé sans cheville pour fixer l'isolant thermique au support.

NOTE

Les produits de calage sous forme de mousse expansive ne sont pas visés dans le présent document.



4.3. • Profilés de fixation pour isolant

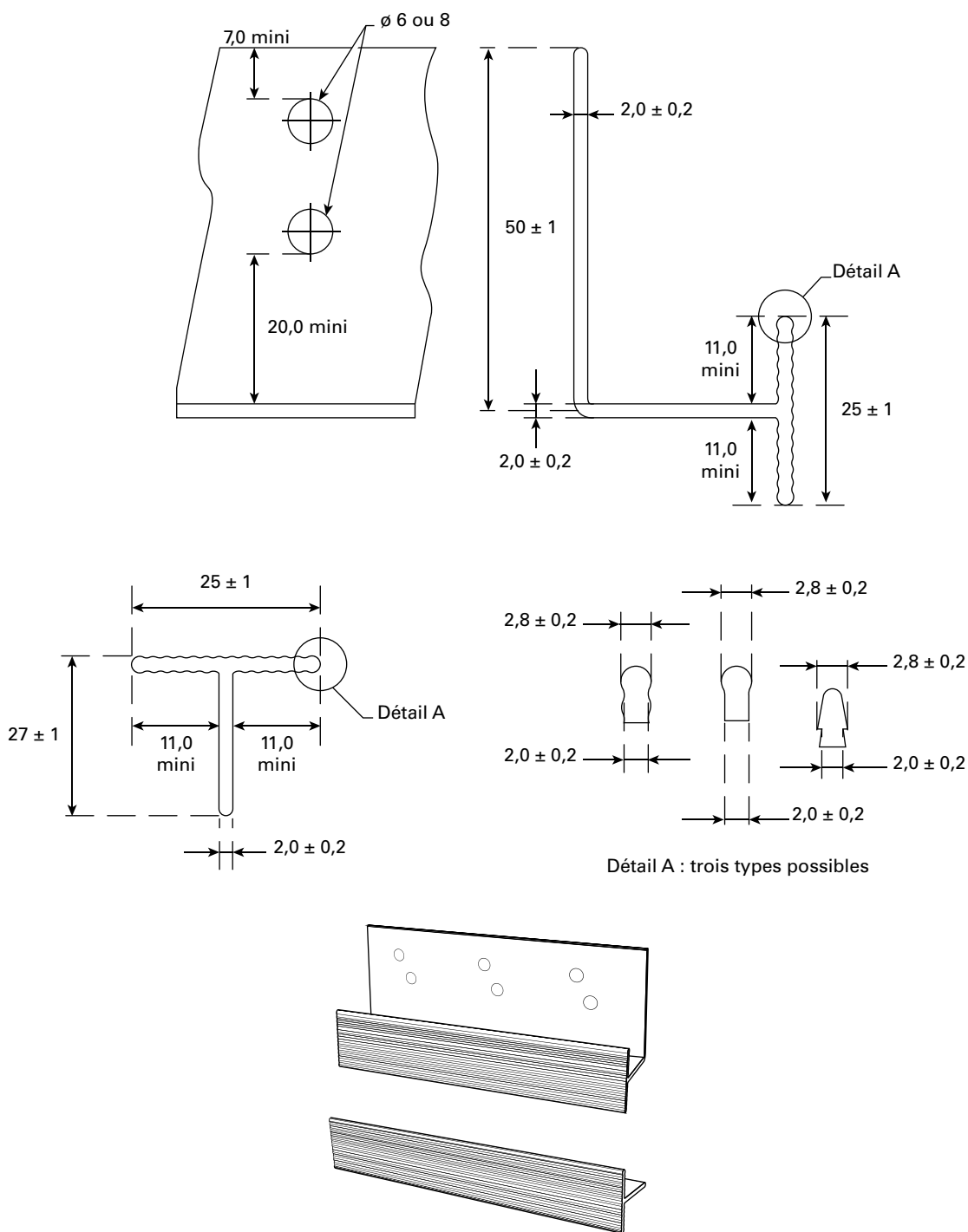
Les profilés de fixation pour isolant sont des éléments longilignes en PVC, constitués :

- pour les profilés de maintien horizontal ou vertical : d'une aile de retenue, d'une aile portante et d'une aile de fixation portant une ou plusieurs rangée(s) de perforations ;
- pour les profilés de jonction (ou raidisseurs) : d'une aile de retenue et d'une aile d'inertie.

Les profilés de fixation pour isolant sont utilisés avec des chevilles à collerette pour fixer l'isolant thermique au support.

Les tolérances dimensionnelles des profilés, indiquées sur la (Figure 1), doivent être respectées. De plus, pour un profilé de maintien horizontal ou vertical :

- le nombre de perforations doit être supérieur ou égal à 12 par mètre et par rangée ;
- le diamètre des perforations doit être de 6 ou de 8 mm ;
- l'écart de rectitude dans le plan du support doit être inférieur à 2 mm/m ;
- la résistance au déboutonnage de la cheville à travers le profilé doit être déterminée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.7). La résistance minimale au déboutonnage R_{pr} doit être supérieure ou égale à 500 N.



▲ Figure 1 – Profilés de fixation pour isolant : caractéristiques et tolérances dimensionnelles (en mm)

4.4. • Chevilles de fixation

Les chevilles de fixation sont constituées d'un corps en plastique et d'une pièce d'expansion en métal ou en plastique. Si la pièce d'expansion est un clou, la cheville est dite « à frapper » ; s'il s'agit d'une vis, la cheville est dite « à visser ».

Les chevilles de fixation doivent bénéficier d'un marquage CE et doivent faire l'objet d'une DoP, sur la base d'un ATE ou d'une ÉTE établi(e) selon le Guide d'Agrément Technique Européen n° 014 (ETAG 014).



Ce Guide distingue cinq catégories d'utilisation des chevilles, en fonction de la nature du support :

- catégorie A : béton de granulats courants ;
- catégorie B : maçonnerie d'éléments pleins ;
- catégorie C : maçonnerie d'éléments creux ;
- catégorie D : béton de granulats légers ;
- catégorie E : béton cellulaire autoclavé.

Le DoP de la cheville spécifie les catégories d'utilisation possibles. Le support visé doit correspondre à l'une des catégories d'utilisation de la cheville.

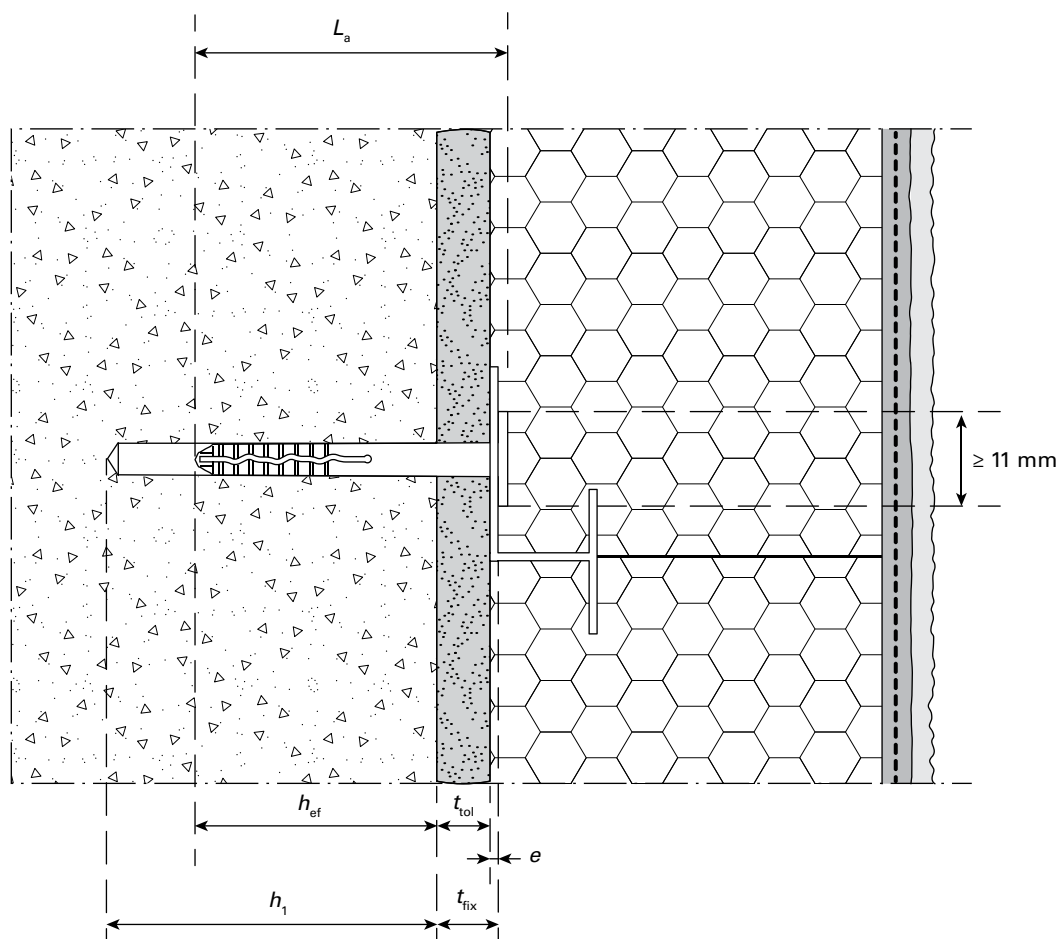
NOTE

La fixation par pisto-scellement n'est pas visée dans le présent document.

On distingue les chevilles de fixation pour isolant et les chevilles de fixation pour profilés.

4.4.1. • Cheville de fixation pour isolant (ou cheville à rosace)

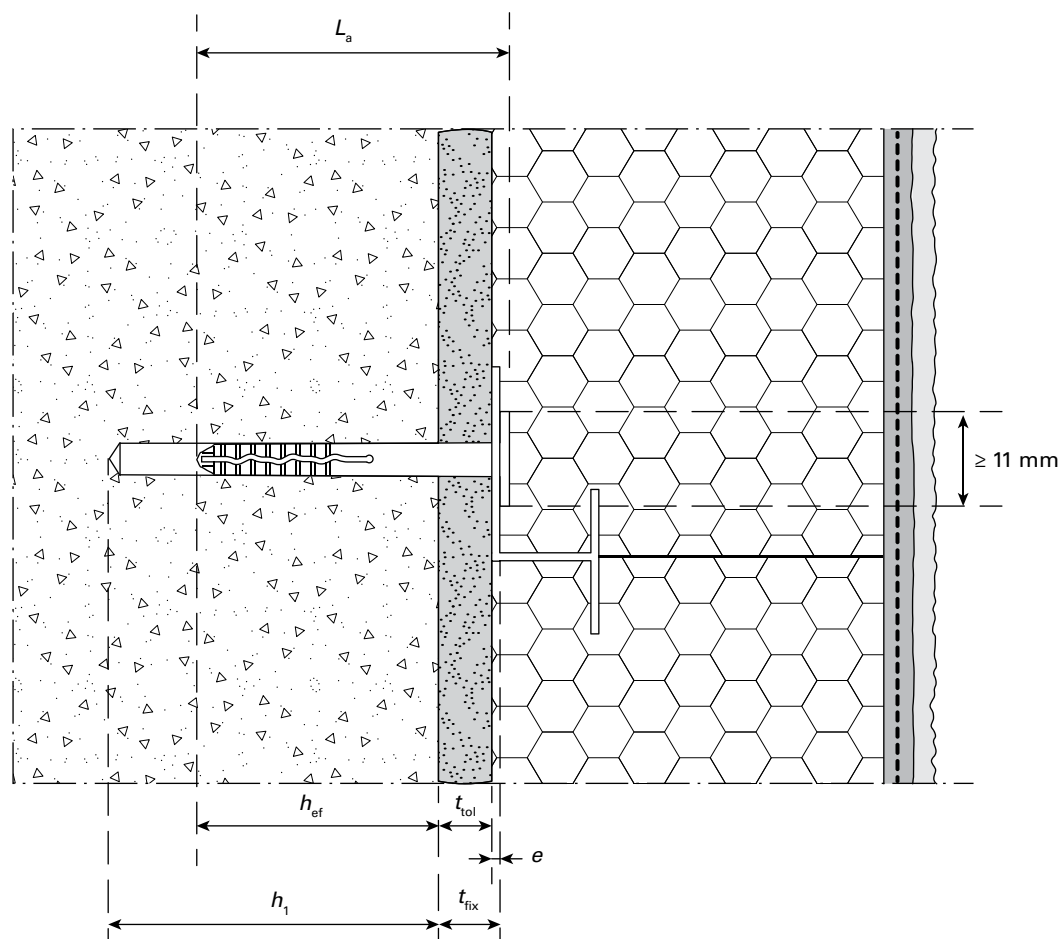
Cheville à frapper ou à visser, comprenant un corps à tête circulaire (rosace) de diamètre minimal 60 mm et une pièce d'expansion en métal et/ou en plastique (Figure 2). La résistance de la rosace doit être supérieure ou égale à 1 kN ; la raideur de la rosace doit être supérieure ou égale à 0,3 kN/mm. Résistance et raideur de rosace sont mentionnées dans la DoP de la cheville.



▲ Figure 2 – Cheville de fixation pour isolant

4.4.2. • Cheville de fixation pour profilés (ou cheville à collerette)

Cheville à frapper ou à visser, comprenant un corps avec une collerette de diamètre minimal 11 mm et une pièce d'expansion en métal (Figure 3). La différence entre le diamètre de la collerette et le diamètre de la perforation dans l'aile de fixation du profilé doit être au moins égale à 5 mm.

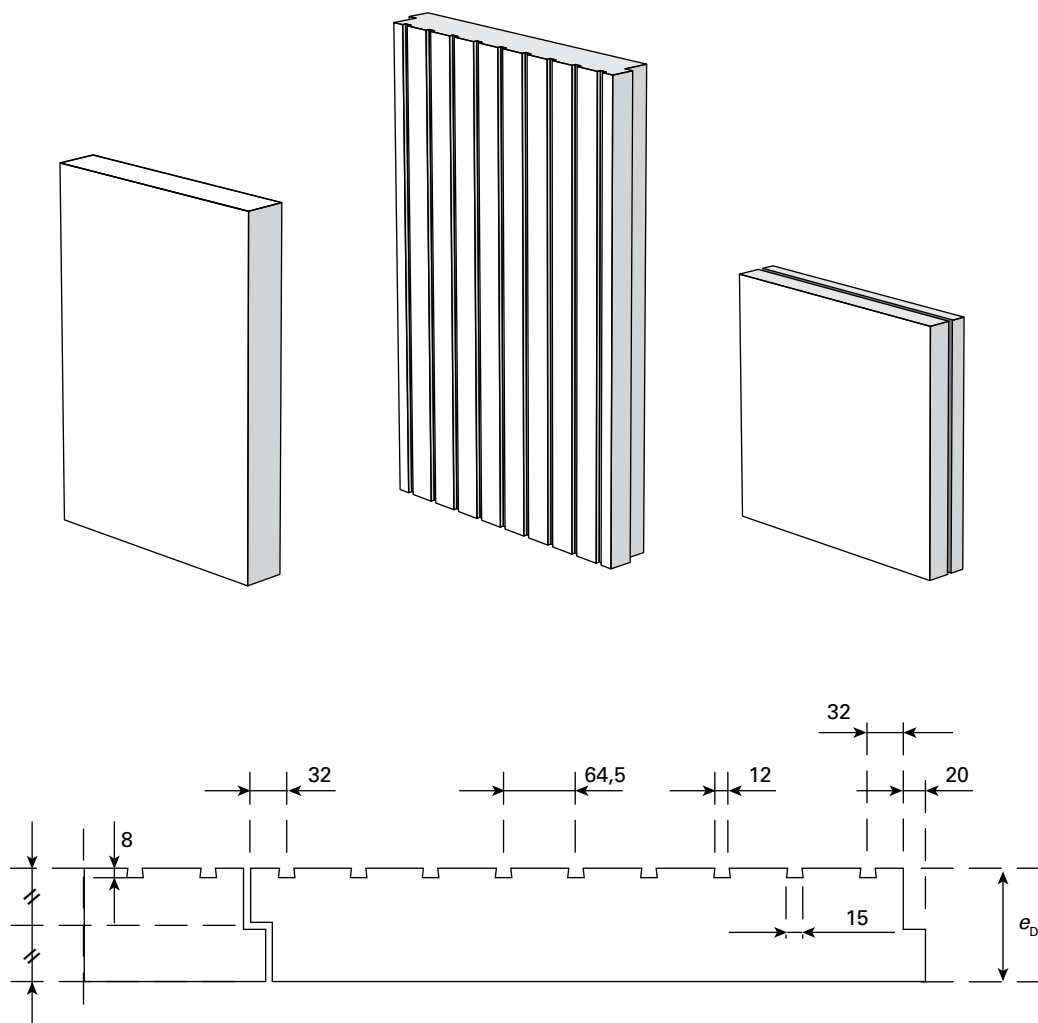


▲ Figure 3 – Cheville de fixation pour profilés

4.5. • Isolant thermique

L'isolant thermique, sur lequel est appliqué l'enduit de base, se présente sous la forme de panneaux rigides en polystyrène expansé (PSE) conformes à la norme NF EN 13163 et faisant l'objet d'une DoP. Les panneaux doivent présenter une Euroclasse au moins E selon la norme NF EN 13501-1. Leur résistance thermique R_D en partie courante doit être au moins égale à $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

La surface des panneaux est généralement lisse, homogène et sans « peau ». Dans le cas de certains systèmes avec enduit de base épais, la face des panneaux destinée à être enduite est rainurée (rainures en forme de trapèze ou « queues d'aronde ») afin d'améliorer l'accrochage (Figure 4).



▲ Figure 4 – Exemples de panneaux isolants en PSE (dimensions en mm)

Les caractéristiques minimales que doivent présenter les panneaux isolants diffèrent suivant leur mode de fixation.

4.5.1. • Panneaux isolants collés ou fixés mécaniquement par chevilles

Les panneaux isolants destinés à être collés ou fixés mécaniquement par chevilles (pose dite « calée-chevillée ») sont le plus souvent à bords droits et sont de dimensions usuelles 1000 × 500 mm ou 1200 × 600 mm. Leur épaisseur est généralement limitée à 300 mm. Les exigences relatives à ces panneaux isolants sont indiquées dans le Tableau 1.

▲ Tableau 1 – Exigences relatives aux panneaux en PSE destinés à être collés ou fixés mécaniquement par chevilles

Caractéristique	Norme	Exigence
Classe de réaction au feu	NF EN 13501-1	Euroclasse E
Résistance thermique	NF EN 13163	$\geq 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Tolérance de longueur	NF EN 822	L2 ($\pm 2 \text{ mm}$)
Tolérance de largeur	NF EN 822	W2 ($\pm 2 \text{ mm}$)
Tolérance d'épaisseur	NF EN 823	T2 ($\pm 1 \text{ mm}$)
Tolérance d'équerrage	NF EN 824	S2 ($\pm 2 \%$)



Caractéristique	Norme	Exigence
Tolérance de planéité	NF EN 825	P4 (≤ 5 mm)
Résistance à la traction perpendiculaire aux faces	NF EN 1607	≥ 120 kPa
Stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées : 48 heures à 70 °C	NF EN 1604	DS(70,-)1 (≤ 1 %)
Stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées : 48 heures à 70 °C et 90 % HR	NF EN 1604	DS(70,90)1 (≤ 1 %)
Stabilité dimensionnelle dans des conditions de laboratoire constantes et normales	NF EN 1603	DS(N)2 ($\pm 0,2$ %)
Absorption d'eau à court terme par immersion partielle	NF EN 1609 / méthode A	$\leq 0,2$ kg/m ²
Résistance en cisaillement ⁽¹⁾	NF EN 12090	$\geq 0,02$ N/mm ²
Module de cisaillement ⁽¹⁾	NF EN 12090	$\geq 1,0$ N/mm ²
Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau	NF EN 12086	20 à 60

1. Uniquement pour les panneaux isolants destinés à être collés.

Les panneaux en PSE qui bénéficient d'un certificat ACERMI en cours de validité, dont le code de désignation correspond aux caractéristiques du Tableau 1, ou qui présentent le profil d'usage ISOLE minimal $I \geq 2$, $S \geq 4$, $O = 3$, $L \geq 3(120)$ et $E \geq 2$, satisfont aux exigences du présent document. Les résistances thermiques sont alors celles mentionnées dans le certificat.

Le PSE peut être blanc ou gris ; dans ce second cas, la protection définie au § (cf. 7.1.1) du présent document doit être prévue.

NOTE

On appelle PSE gris tout PSE qui n'a pas une couleur blanche uniforme. Les PSE gris présentent une conductivité thermique plus faible et donc des résistances thermiques plus élevées.

4.5.2. • Panneaux isolants fixés mécaniquement par profilés

Les panneaux isolants destinés à être fixés mécaniquement par profilés sont rainurés dans leur épaisseur (sur les quatre côtés), afin de permettre leur emboîtement dans les profilés. Ces panneaux sont de dimensions usuelles 500 × 500 mm, 1000 × 500 mm ou 1000 × 600 mm. Leur épaisseur est généralement limitée à 200 mm. La distance entre les rainures et la face destinée à être enduite doit présenter une tolérance dimensionnelle égale à ± 1 mm ; les autres exigences relatives à ces panneaux isolants sont indiquées dans le Tableau 2.

L'emploi de PSE gris n'est pas admis dans le cas d'une fixation par profilés.



▲ Tableau 2 – Exigences relatives aux panneaux en PSE destinés à être fixés mécaniquement par profilés

Caractéristique	Norme	Exigence
Classe de réaction au feu	NF EN 13501-1	Euroclasse E
Résistance thermique	NF EN 13163	$\geq 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Tolérance de longueur	NF EN 822	$\pm 1 \text{ mm}$
Tolérance de largeur	NF EN 822	$\pm 2 \text{ mm}$
Tolérance d'épaisseur	NF EN 823	$\pm 1,5 \text{ mm}$
Tolérance d'équerrage	NF EN 824	S2 ($\pm 2 \%$)
Tolérance de planéité	NF EN 825	P4 ($\leq 5 \text{ mm}$)
Résistance à la traction perpendiculaire aux faces	NF EN 1607	TR150 ($\geq 150 \text{ kPa}$)
Stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées : 48 heures à 70 °C / panneaux 500 × 500 mm	NF EN 1604	$\leq 0,30 \%$ et aucune valeur individuelle $> 0,35 \%$
Stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées : 48 heures à 70 °C / panneaux 1000 × 500 mm et 1000 × 600 mm	NF EN 1604	$\leq 0,25 \%$
Stabilité dimensionnelle dans des conditions de laboratoire constantes et normales / panneaux 1000 × 500 mm et 1000 × 600 mm	NF EN 1603	$\leq 0,15 \%$
Absorption d'eau à court terme par immersion partielle	NF EN 1609 / méthode A	$\leq 0,2 \text{ kg/m}^2$
Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau	NF EN 12086	20 à 60

Les panneaux en PSE qui bénéficient d'un certificat ACERMI en cours de validité, dont le code de désignation correspond aux caractéristiques du Tableau 2, ou qui présentent le profil d'usage ISOLE minimal $I \geq 2$, $S = 5$, $O = 3$, $L \geq 3(150)$ et $E \geq 2$, satisfont aux exigences du présent document. Les résistances thermiques sont alors celles mentionnées dans le certificat.

4.6. • Armatures

Les armatures employées sont des treillis en fibres de verre ou des treillis métalliques.

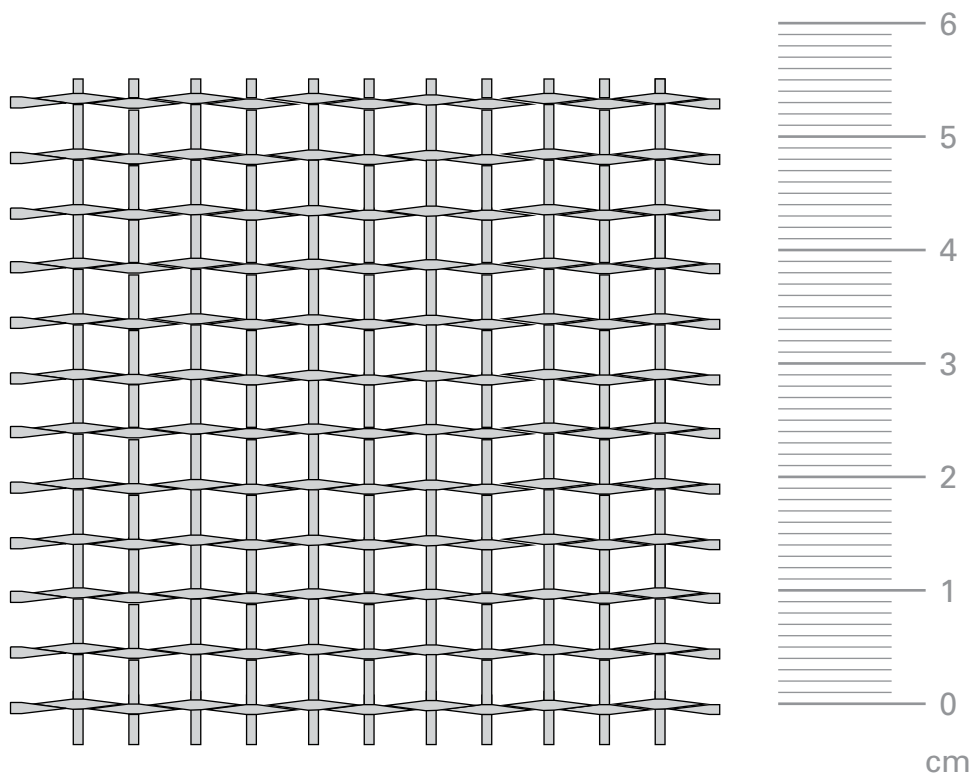
4.6.1. • Treillis en fibres de verre

Treillis en fibres de verre, tissé ou thermocollé, ayant reçu un traitement contre les milieux alcalins. Les treillis en fibres de verre sont utilisés avec les enduits de base minces ou les enduits de base épais.

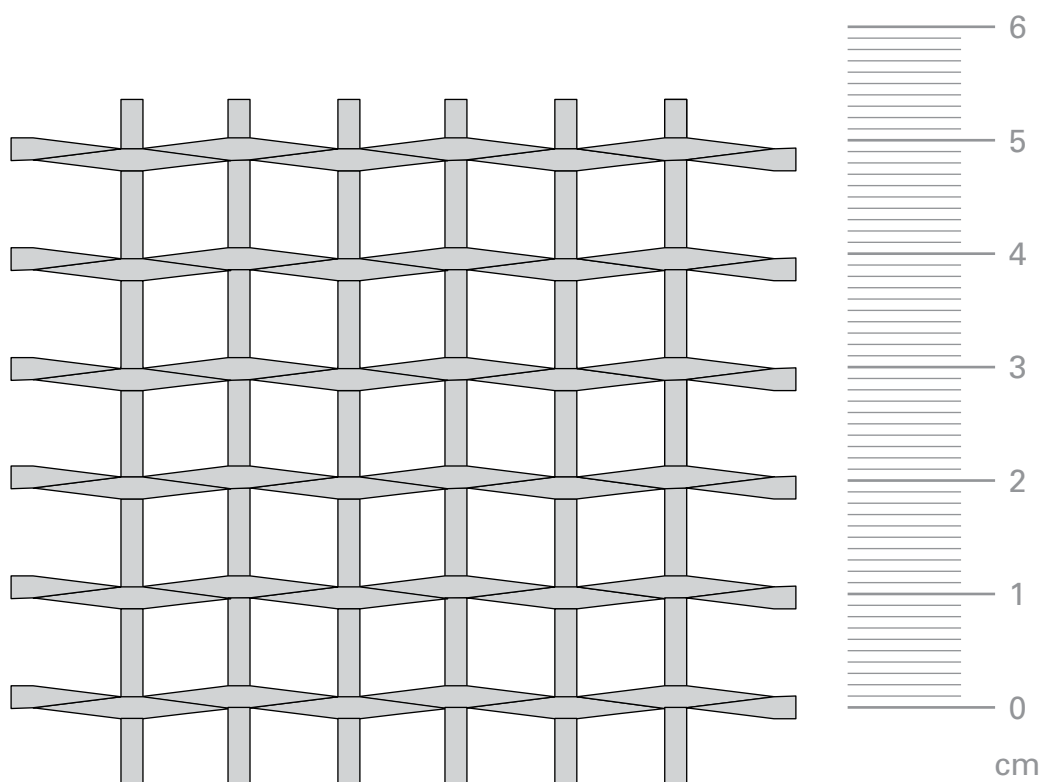
On distingue les treillis d'armature normale et les treillis d'armature renforcée.

4.6.1.1. • Treillis d'armature normale

Treillis présentant une taille de maille généralement comprise entre 3 et 8 mm (Figure 5) ; la masse spécifique du treillis est généralement inférieure à 250 g/m^2 . Si l'enduit de base est mince, la taille de maille du treillis doit être inférieure ou égale à 5 mm.



a : taille de maille 4 × 4 mm



b : taille de maille 8 × 8 mm

▲ Figure 5 – Treillis d'armature normale en fibres de verre.

La résistance en traction du treillis (notée β) doit être déterminée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.1). Les essais de traction sont réalisés à l'état initial et après vieillissement dans une solution alcaline durant 28 jours. La résistance β après vieillissement doit être :

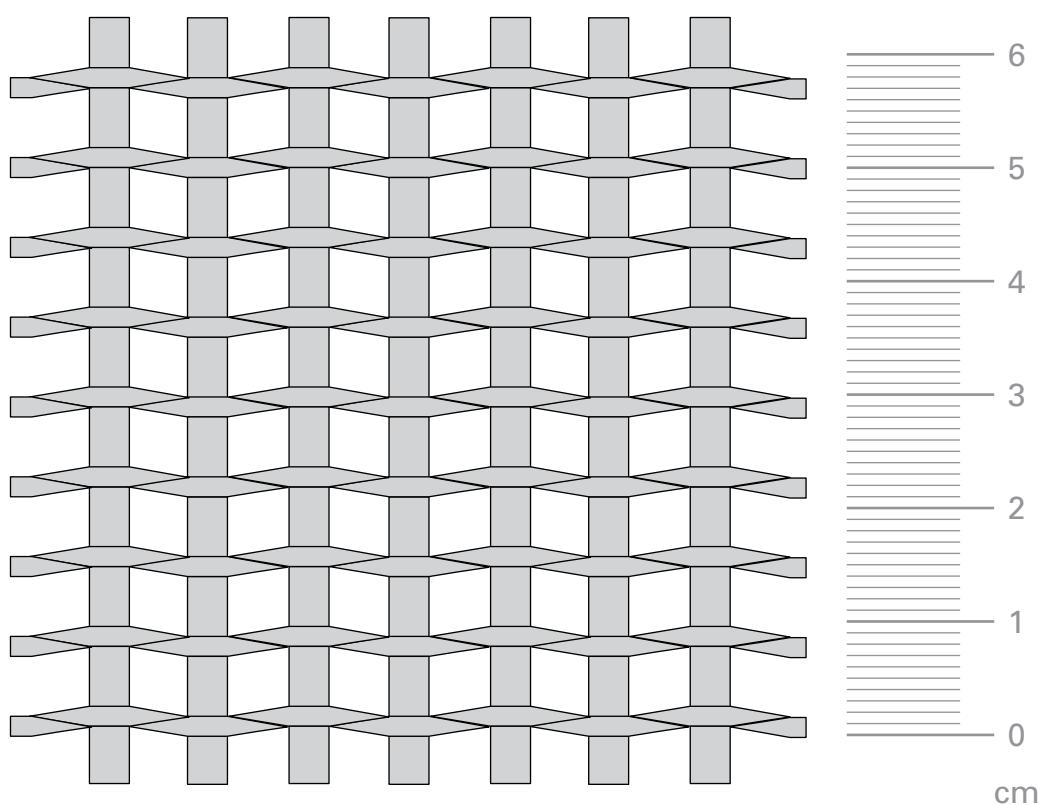
- supérieure ou égale à 20 N/mm ;
- et supérieure ou égale à 50 % de la résistance en traction à l'état initial.

Les treillis d'armature normale qui bénéficient d'un certificat CSTBat en cours de validité, avec les caractéristiques minimales du classement TRaME indiquées ci-dessous, satisfont aux exigences du présent document :

- $T \geq 1$;
- $M \leq 2$ si l'enduit de base est mince et $M \geq 1$ si l'enduit de base est épais ;
- $E \geq 1$ si l'isolant est collé et $E \geq 2$ si l'isolant est fixé par chevilles ou par profilés ;
- $Ra \geq 1$ si l'isolant est collé, si l'isolant est fixé par chevilles, ou si l'isolant est fixé par profilés avec un enduit de base ne contenant pas de liant hydraulique (pâte prête à l'emploi) ;
- $Ra \geq 2$ si l'isolant est fixé par profilés avec un enduit de base contenant un liant hydraulique.

4.6.1.2. • Treillis d'armature renforcée

Treillis présentant une masse spécifique généralement supérieure à 500 g/m² (Figure 6).



▲ Figure 6 – Treillis d'armature renforcée

Un treillis d'armature renforcée est systématiquement utilisé en association avec un treillis d'armature normale.

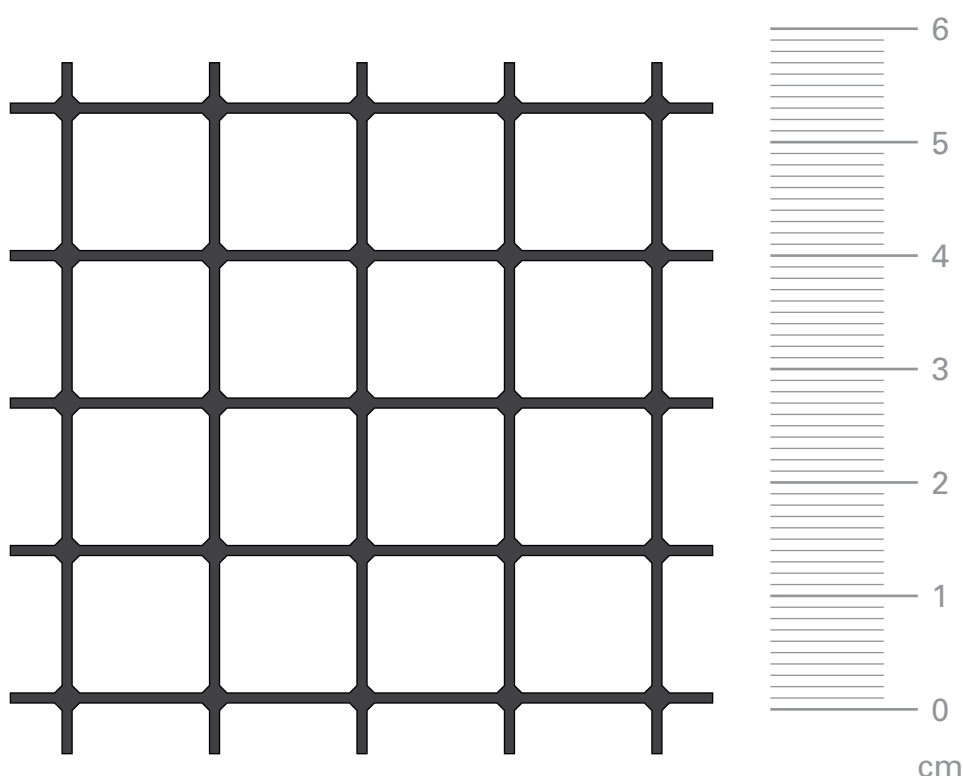


La résistance en traction du treillis (notée β) doit être déterminée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.1). La résistance β après vieillissement doit être :

- supérieure ou égale à 20 N/mm ;
- et supérieure ou égale à 40 % de la résistance en traction à l'état initial.

4.6.2. •Treillis métalliques

Treillis en acier galvanisé ou en acier inoxydable, pour un usage en armature normale avec un liant hydraulique (Figure 7). Les treillis métalliques sont utilisés uniquement avec les enduits de base épais.



▲ Figure 7 – Treillis métallique

Les treillis métalliques ne sont pas utilisés en association avec des treillis en fibres de verre.

Si le treillis est en acier galvanisé, l'épaisseur minimale de zinc doit être déterminée conformément à la norme EN ISO 1460, EN ISO 1461 ou EN 10244-2. L'épaisseur minimale de zinc doit être égale à 20 μm ($\geq 275 \text{ g/m}^2$) et la galvanisation doit être réalisée après soudage du treillis (espace entre filaments compris entre 9 et 13 mm).

4.7. • Enduit de base

L'enduit de base est un mortier qui peut se présenter sous différentes formes :

- en poudre à mélanger avec de l'eau ;
- en pâte prête à l'emploi ;
- en pâte à mélanger avec du ciment ;
- en poudre à mélanger avec une résine (émulsion).

On distingue :

- les enduits de base minces, qui permettent de réaliser une couche de base armée d'épaisseur inférieure à 5 mm à l'état sec et durci (en simple armature normale) ;
- les enduits de base épais, qui permettent de réaliser une couche de base armée d'épaisseur supérieure ou égale à 5 mm à l'état sec et durci (en simple armature normale).

Pour la réalisation d'un enduit de base mince, le composant se présente sous l'une ou l'autre des formes décrites ci-dessus. Pour la réalisation d'un enduit de base épais, le composant se présente généralement en poudre à mélanger avec de l'eau.

4.8. • Produit d'impression

Il s'agit le plus souvent d'un liquide pigmenté ou incolore, prêt à l'emploi ou à diluer avec de l'eau, qui est appliqué sur la couche de base armée avant l'enduit de finition.

Il est indispensable de se renseigner auprès du fabricant de l'enduit de base et de l'enduit de finition sur la nécessité ou non d'appliquer un produit d'impression.

4.9. • Enduit de finition

Suivant la nature du liant, l'enduit de finition peut se présenter sous différentes formes :

- à liant organique ou silicate, il se présente généralement en pâte prête à l'emploi ;
- à liant hydraulique (ciment et/ou chaux), il se présente généralement en poudre à mélanger avec de l'eau.

On distingue :

- les finitions minces, qui permettent de réaliser une couche de finition d'épaisseur inférieure à 5 mm à l'état sec et durci ;



- les finitions épaisses, qui permettent de réaliser une couche de finition d'épaisseur supérieure ou égale à 5 mm à l'état sec et durci.

Les enduits à liant organique ou silicate permettent de réaliser des finitions généralement minces. Les enduits à liant hydraulique permettent de réaliser des finitions minces ou épaisses.

Dans le cas de certains procédés, l'enduit de finition est réalisé avec l'enduit de base.

Si l'enduit de finition n'est pas destiné à être revêtu, son facteur d'absorption solaire α_e doit être inférieur ou égal à 0,7, sauf pour les façades protégées de l'ensoleillement direct ou indirect (réflexion d'autres façades, etc.). Au-dessus de 1300 m d'altitude, le facteur α_e doit être inférieur ou égal à 0,5.

On veillera à ne pas juxtaposer, sans joint de fractionnement, des teintes dont la différence de facteur d'absorption solaire est supérieure à 0,2. Le joint de fractionnement peut être réalisé, par exemple, avec un profilé adapté (cf. 4.11.1).

NOTE

Les teintes trop foncées augmentent les contraintes d'origine thermique, du fait d'une plus forte absorption du rayonnement solaire, et accentuent les risques de fissuration.

4.10. • Revêtement décoratif

Il s'agit le plus souvent d'un liquide pigmenté, prêt à l'emploi ou à diluer avec de l'eau, qui est appliqué sur l'enduit de finition.

Il est indispensable de se renseigner auprès du fabricant de l'enduit de finition sur la nécessité ou non d'appliquer un revêtement décoratif.

NOTE

Il est parfois nécessaire d'appliquer un produit d'impression entre l'enduit de finition et le revêtement décoratif. On se reportera alors aux préconisations du fabricant.

Si un revêtement décoratif est utilisé, les exigences relatives au facteur d'absorption solaire α_e , décrites au § 4.9 du présent document, sont applicables au revêtement décoratif.



4.11. • Accessoires

4.11.1. • Profilés de raccordement et de protection

Éléments en métal ou en plastique dont le rôle est l'alignement, la protection, le guide d'épaisseur, l'arrêt et les raccords d'enduit, ainsi que la protection contre le ruissellement des eaux de pluie. Les profilés de raccordement et de protection les plus fréquemment employés sont décrits dans le Tableau 3.

▲ Tableau 3 – Profilés de raccordement et de protection

	<p>Rail de départ Maintien provisoire et alignement de la première rangée de panneaux isolants</p>
	<p>Profilé d'arrêt latéral Protection de la tranche latérale du procédé</p>
	<p>Bavette, couvertine Protection de la tranche supérieure du procédé et éloignement des eaux de ruissellement</p>
	<p>Cornière d'angle Protection des angles horizontaux et verticaux du procédé</p>
	<p>Profilé pour couvre-joint Maintien hors d'eau des tranches latérales du procédé au droit d'un joint de dilatation et absorption des mouvements relatifs des deux parties du procédé</p>



	<p>Profilé pour joint de fractionnement Fractionnement en cas de changement de teinte, de nu ou de nature de matériaux</p>
	<p>Profilé de séparation horizontale Séparation horizontale du procédé, notamment lorsque l'isolant en partie inférieure est en retrait par rapport à l'isolant en partie supérieure</p>
	<p>Profilé nez goutte d'eau Protection du procédé en sous-face d'angles sortants (voussures par exemple)</p>
	<p>Profilé de raccord aux menuiseries Désolidarisation du procédé aux dormants des fenêtres et aux arrêts sur support</p>
	<p>Profilé d'arrêt d'enduit Arrêt horizontal du système d'enduit ou de la couche de finition</p>

Les faces des profilés sur lesquelles l'enduit doit adhérer doivent avoir une largeur minimale de 20 mm et comporter au moins deux rangées de perforations (trous de diamètre minimal 6 mm), représentant au moins 30 % de la surface et réparties de façon homogène. Les talons des profilés, en contact avec le support, doivent avoir une hauteur minimale de 35 mm et comporter des perforations (trous de diamètre compris entre 6 et 8 mm) pour permettre leur fixation mécanique.

Lorsque les profilés sont en plastique, ils sont le plus souvent en PVC. Lorsqu'ils sont en métal, ils sont en alliage d'aluminium (brut ou laqué) de la série 1000, 3000 ou 5000, en acier inoxydable X10CrNi18-8, X8CrNiS18-9 ou X5Cr18-1, en acier galvanisé Z 275 ou



en acier galvanisé-laqué. Les profilés en acier galvanisé sont exclusivement réservés aux systèmes avec enduits hydrauliques.

4.11.2. • Produits de garniture ou de calfeutrement

4.11.2.1. • *Mastics extrudables ou en cordons préformés*

Les mastics employés doivent être conformes à la norme NF EN ISO 11600 et appartenir à l'une ou l'autre des classes suivantes : F 25E (25LM ou 25HM), F 12,5E ou F 12,5P selon le dimensionnement du joint et les performances à obtenir.

Les mastics bénéficiant d'un certificat de qualification « LABEL SNJF » valent la preuve de la conformité à la norme NF EN ISO 11600.

On pourra s'inspirer du NF DTU 44.1 pour les conditions de mise en œuvre des mastics dans les joints de façade.

Dans les cas où la largeur et la profondeur du joint le permettent, le mastic doit être mis en œuvre avec un fond de joint continu en mousse à cellules fermées selon la norme NF P 85-570, de diamètre adapté au joint (largeur + 20 % environ), afin que le mastic n'adhère pas sur les trois côtés et puisse donc absorber les mouvements. Seules les configurations conduisant à la réalisation d'un mastic en solin permettent, si l'amplitude du mouvement prévisible est faible, de s'affranchir de l'utilisation d'un fond de joint (cas le plus couramment rencontré dans les procédés d'ITE par enduit sur isolant).

Pour l'utilisation de mastics préformés, se référer à la norme NF P 30-303.

4.11.2.2. • *Bandes de mousse imprégnée*

Il s'agit de bandes de mousse imprégnée (pré-comprimée ou non), imprégnation par bitume et cire exclus, répondant aux spécifications de la classe 1 de la norme NF P 85-570, les essais ayant été menés selon la norme NF P 85-571.

Ces produits doivent faire l'objet d'un cahier des charges. Un engagement du fabricant, signifié par un marquage sur l'emballage, devra indiquer clairement cette conformité ainsi que l'absence de bitume ou de cire.

4.11.2.3. • *Mousses expansives*

Les mousses expansives en aérosol sont des produits de remplissage occasionnel des éventuels joints ouverts entre les panneaux isolants (joints dont la largeur ne dépasse pas 10 mm).



La mousse expansive ne doit pas contenir de solvant. Elle ne doit pas être utilisée en substitution d'un mastic, car elle ne constitue pas un matériau étanche à l'air et à l'eau d'une part et n'offre pas le même allongement à la rupture d'autre part.

4.11.3. • Autres accessoires

- Chevilles pour rail de départ, profilé d'arrêt latéral, etc.
- Pattes de fixation pour bavette, couverture, etc.
- Agrafes et cavaliers en acier galvanisé, de longueur minimale 30 mm, utilisés pour le maintien des treillis métalliques sur les panneaux isolants.
- Pièces de raccordement pour profilés de départ et d'arrêt latéral : cales, éclisses.
- Pièces d'armature prédécoupées ou préformées pour le traitement des angles de baie.

NOTE 1

Les accessoires cités au §(cf. 4.11.1) du présent document, qui nécessitent une fixation mécanique (par exemple les rails de départ et les profilés d'arrêt latéral), sont fixés avec des chevilles à collerette plate de diamètre 6 ou 8 mm, à frapper ou à visser. Ces chevilles ne doivent pas obligatoirement disposer d'un marquage CE sur la base d'un ATE ou d'une ÉTE selon l'ETAG 014.

NOTE 2

Les dispositifs de fixation de charges à rupteur de pont thermique, pour garde-corps et charges lourdes (volets, stores bannes, etc.) ne sont pas visés dans le présent document. Les garde-corps et charges lourdes doivent être fixés dans le support, à travers le procédé d'ITE.



Performances requises

5



5.1. • Performances thermiques

5.1.1. • Isolation thermique

L'isolation thermique apportée par le procédé dépend essentiellement de la résistance thermique de l'isolant. La contribution du système d'enduit à la résistance thermique est généralement négligeable.

En partie courante, les procédés d'ITE par enduit sur isolant permettent de réduire très fortement les ponts thermiques de liaison au niveau des refends et des planchers intermédiaires.

Les procédés d'ITE par enduit avec isolant collé ne génèrent pas de pont thermique intégré.

Si l'isolant est fixé mécaniquement, la création de ponts thermiques intégrés dépend du mode de fixation mécanique :

- isolant fixé par profilés : l'influence des profilés en PVC et de leurs fixations est négligeable⁽¹⁾ ;
- isolant fixé par chevilles avec clou ou vis en plastique : l'influence des chevilles est négligeable ;
- isolant fixé par chevilles avec clou ou vis en métal : l'influence des chevilles est à prendre en compte ; l'impact des ponts thermiques intégrés sur la performance thermique de la paroi dépend du nombre de chevilles au m² et de l'épaisseur d'isolant.

Un calcul doit être réalisé au cas par cas. L'[ANNEXE C] du présent document renseigne sur les réglementations thermiques en vigueur

■ 1 Les chevilles de fixation pour profilés sont situées derrière les panneaux isolants et n'engendrent donc pas de pont thermique ponctuel.



et sur la détermination des performances d'isolation thermique d'une paroi revêtue d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant.

5.1.2. • Transmission des apports solaires

L'augmentation des épaisseurs d'isolant a pour conséquence l'augmentation des masques latéraux sur le pourtour des baies (effet « tunnel »). Les apports solaires par les baies sont donc diminués, notamment si la fenêtre est placée au nu intérieur de la paroi.

5.1.3. • Inertie thermique et confort d'été

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant favorisent l'inertie thermique du bâtiment par les parois, du fait de la présence de l'isolant du côté extérieur des parois. Ceci permet, moyennant des protections solaires extérieures efficaces et mises en place le jour, de retarder l'échauffement de l'ambiance intérieure pendant la journée. Cependant, il est impératif d'évacuer la chaleur emmagasinée par une ventilation dont les débits sont ajustés. Cet effet positif sur l'inertie thermique décroît d'autant plus que les périodes de chaleur sont longues.

5.2. • Résistance mécanique et stabilité

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant sont des ouvrages non porteurs et ne participent pas à la stabilité des parois sur lesquelles ils sont appliqués. Cependant, ils contribuent à leur durabilité en améliorant leur protection contre les sollicitations climatiques.

5.3. • Sécurité en cas d'incendie

5.3.1. • Résistance au feu

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant n'assurent pas un rôle de résistance au feu.

5.3.2. • Réaction au feu

L'adéquation entre la classe de réaction au feu (Euroclasse) d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant et la destination de ce dernier doit être préalablement vérifiée, au regard de la réglementation de sécurité incendie en vigueur applicable au bâtiment concerné. L'Euroclasse doit être établie selon la norme NF EN 13501-1, en se conformant aux prescriptions données dans l'[ANNEXE D] du présent document.

L'[ANNEXE D] du présent document renseigne également sur les réglementations de sécurité incendie en vigueur pour les façades des bâtiments.



5.3.3. • Protection contre la transmission et la propagation d'un feu en façade

Lorsque la réglementation incendie le stipule, les procédés d'ITE par enduit sur isolant doivent respecter les prescriptions du chapitre 5 de l'Instruction Technique n° 249 relative aux façades.

5.4. • Stabilité en zones sismiques

Le Tableau 4 visualise les cas où une justification sismique est nécessaire (en rouge) et les cas où une justification sismique n'est pas nécessaire (en vert), en fonction de la zone de sismicité et de la catégorie d'importance du bâtiment.

▲ Tableau 4 – Visualisation des cas nécessitant ou non une justification sismique

		Catégories d'importance du bâtiment			
		I	II	III	IV
Zones de sismicité	1				
	2				
	3				
	4				

Pour les cas visualisés en vert dans le Tableau 4, les procédés d'ITE par enduit sur isolant peuvent être mis en œuvre sans disposition constructive spécifique.

Pour les cas visualisés en rouge, les éventuelles restrictions d'emploi en zones sismiques dépendent notamment de la masse surfacique du procédé, notée m_s et exprimée en kg/m^2 .

L'[ANNEXE E] du présent document renseigne sur la réglementation parasismique en vigueur et sur le calcul de la masse surfacique m_s des procédés d'ITE par enduit sur isolant.

5.4.1. • Procédés de masse surfacique inférieure à 20 kg/m^2

Pour les cas visualisés en rouge dans le Tableau 4, l'armature doit être fixée au support, au niveau des arrêts du procédé en rive et en tête de bâtiment. La fixation est réalisée soit par collage, soit par fixation mécanique.

5.4.2. • Procédés de masse surfacique supérieure ou égale à 20 kg/m^2 et inférieure à 25 kg/m^2

Pour les cas visualisés en rouge dans le Tableau 4, l'armature doit être fixée au support, au niveau des arrêts du procédé en rive et en tête



de bâtiment. La fixation est réalisée soit par collage, soit par fixation mécanique.

De plus, les procédés avec isolant fixé mécaniquement par profilés, mis en œuvre sur une hauteur au-delà de 3,5 m, ne sont pas admis en l'absence d'évaluation ou de justification.

5.4.3. • Procédés de masse surfacique supérieure ou égale à 25 kg/m² et inférieure à 35 kg/m²

Pour les cas visualisés en rouge dans le Tableau 4, la mise en œuvre de ces procédés doit respecter les dispositions suivantes :

- les panneaux isolants doivent être fixés mécaniquement par chevilles (avec calage préalable des panneaux) ;
- les chevilles doivent être posées « en plein », à raison d'au moins 5 chevilles par panneau (cf. 7.2.3.3) ;
- les chevilles employées doivent avoir une pièce d'expansion en métal⁽²⁾ ;
- la classe de résistance des chevilles dans le support considéré doit être égale à 1, 2 ou 3⁽³⁾, conformément à l'[ANNEXE E] du présent document (cf. E.1.3).

5.4.4. • Procédés de masse surfacique supérieure ou égale à 35 kg/m²

Pour les cas visualisés en rouge dans le Tableau 4, la mise en œuvre de ces procédés n'est pas admise en l'absence d'évaluation ou de justification.

5.4.5. • Cas particuliers

Les restrictions relatives aux procédés de masse surfacique supérieure à 20 kg/m² ne s'appliquent pas :

- en zone de sismicité 2 pour les établissements scolaires (appartenant à la catégorie d'importance III) remplissant les conditions du § 1.1 de la norme NF P 06-014 ;
- en zones de sismicité 3 et 4 pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions du § 1.1 de la norme NF P 06-014.

■ 2 Les clous ou vis métalliques comportent souvent un élément intermédiaire de frappe en plastique ou un surmoulage en plastique, notamment pour limiter les ponts thermiques ponctuels. Les chevilles qui comportent des tels éléments sont adaptés à la mise en œuvre de ces procédés.

■ 3 Soit une résistance caractéristique de la cheville dans le support supérieure ou égale à 900 N.



Pour ces cas de figure, l'armature doit être fixée au support, au niveau des arrêts du procédé en rive et en tête de bâtiment. La fixation est réalisée soit par collage, soit par fixation mécanique.

Par ailleurs, ces cas particuliers sont uniquement valables pour la mise en œuvre des procédés sur des bâtiments neufs.

5.5. • Sécurité à l'usage

5.5.1. • Adhérence de la colle

Lorsque l'isolant thermique du procédé est destiné à être collé, l'adhérence de la colle sur le support (notée $\sigma_{c,su}$) et l'adhérence de la colle sur l'isolant (notée $\sigma_{c,is}$) doivent être déterminées conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.2 et B.3). Les essais sont réalisés à l'état initial et après deux conditionnements : immersion dans l'eau durant 48 heures suivie d'un séchage durant 2 heures (état dit « humide ») et immersion dans l'eau durant 48 heures suivie d'un séchage durant 7 jours (état dit « resséché »).

L'adhérence minimale $\sigma_{c,su}$ doit être :

- supérieure ou égale à 0,25 MPa à l'état initial et à l'état resséché⁽⁴⁾ ;
- et supérieure ou égale à 0,08 MPa à l'état humide⁽⁵⁾.

L'adhérence minimale $\sigma_{c,is}$ doit être :

- supérieure ou égale à 0,08 MPa à l'état initial et à l'état resséché⁽⁶⁾ ;
- et supérieure ou égale à 0,03 MPa à l'état humide.

Si l'adhérence minimale $\sigma_{c,is}$ est inférieure aux valeurs ci-dessus, alors la rupture doit être cohésive dans l'isolant à l'issue des essais et $\sigma_{c,is}$ doit être supérieure ou égale à 0,03 MPa à l'état initial.

Lorsque l'isolant thermique du procédé est destiné à être fixé mécaniquement par chevilles, il n'est pas nécessaire d'évaluer les performances d'adhérence de la colle ou du produit de calage. Néanmoins, la présence de la colle ou du produit de calage est indispensable pour caler les panneaux isolants contre le support, préalablement à la pose des chevilles.

Les procédés avec isolant thermique fixé mécaniquement par profilés ne font pas intervenir de collage ou de calage.

■ 4 Sur l'ensemble des valeurs obtenues, une seule valeur inférieure à 0,25 MPa mais supérieure à 0,20 MPa est admise.

■ 5 Sur l'ensemble des valeurs obtenues, une seule valeur inférieure à 0,08 MPa mais supérieure à 0,06 MPa est admise.

■ 6 Idem note précédente.



5.5.2. • Tenue du dispositif de fixation mécanique

Lorsque l'isolant thermique du procédé est destiné à être fixé mécaniquement, la tenue du dispositif de fixation mécanique doit être vérifiée.

5.5.2.1. • *Isolant fixé mécaniquement par chevilles*

La résistance au déboutonnage de la cheville à travers l'isolant doit être déterminée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.6.1 et B.6.2). La valeur moyenne et la valeur minimale de force à rupture R_{plein} et/ou R_{joint} doivent être relevées. Ces valeurs servent à calculer la résistance au vent du procédé (cf. 5.6.2).

5.5.2.2. • *Isolant fixé mécaniquement par profilés*

Des essais d'arrachement statique doivent être réalisés conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.6.3). Au cours de l'essai, la rupture doit se produire dans l'isolant. La valeur moyenne et la valeur minimale de force à rupture R_{panneau} doivent être relevées. Ces valeurs servent à calculer la résistance au vent du procédé (cf. 5.6.2).

5.5.3. • Adhérence de la couche de base armée

L'adhérence de la couche de base armée sur l'isolant thermique (notée $\sigma_{\text{b,is}}$) doit être déterminée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.4). Les essais sont réalisés à l'état initial, et après cycles hygrothermiques (cf. 5.13.1) ou après vieillissement par immersion dans l'eau durant 7 jours suivie d'un séchage durant 7 jours. L'adhérence minimale $\sigma_{\text{b,is}}$ doit être supérieure ou égale à 0,08 MPa⁽⁷⁾. Dans le cas contraire, la rupture doit être cohésive dans l'isolant à l'issue des essais.

5.6. • Résistance au vent

5.6.1. • Résistance au vent en pression

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant ne sont pas tributaires des actions du vent en pression.

5.6.2. • Résistance au vent en dépression

L'emploi des procédés avec isolant collé n'est pas limité vis-à-vis des actions du vent en dépression.

.....
■ 7 Idem note précédente.

Les procédés avec isolant fixé mécaniquement sont tributaires des actions du vent en dépression. La résistance de calcul à l'action du vent R_d doit être supérieure ou égale à la sollicitation de calcul du vent S_d :

$$R_d \geq S_d$$

La sollicitation S_d est donnée par la relation :

$$S_d = \gamma_F \cdot S_k$$

S_k : sollicitation caractéristique due au vent, déterminée selon la norme NF EN 1991-1-4 (Eurocode 1).

γ_F : coefficient partiel de sécurité sur la sollicitation du vent, égal à 1,5.

L'[ANNEXE F] précise les règles de détermination de la résistance R_d en fonction du mode de fixation mécanique.

5.7. • Résistance aux chocs

5.7.1. • Résistance aux chocs de sécurité

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant ne participent pas à la résistance aux chocs de sécurité visant le risque de chute à travers le mur, ces dispositions devant être assurées par la paroi.

5.7.2. • Résistance aux chocs de conservation des performances

La résistance aux chocs de conservation des performances définit l'aptitude du procédé à résister à des chocs accidentels non exceptionnels consécutifs à l'occupation normale. Les dégradations qui résultent de ces chocs affectent en premier lieu le système d'enduit : fissuration, enfoncement, perforation, etc. À moyen terme, les sollicitations climatiques aggravent ces dégradations en affectant les performances thermiques et mécaniques du procédé.

Suivant la résistance aux chocs du procédé, il existe trois catégories d'utilisation notées I, II et III, qui sont définies dans le Tableau 5.



▲ Tableau 5 – Résistance aux chocs des procédés d'ITE par enduit sur isolant – catégories d'utilisation

	Définition	Exemples courants d'utilisation
Catégorie I	Zone facilement accessible au public au niveau du sol et vulnérable aux chocs de corps durs mais non soumise à une utilisation anormalement sévère	Parties de bâtiment en rez-de-chaussée accessible non protégé : circulation, trottoir, etc.
Catégorie II	Zone exposée à des chocs (jets d'objets ou coups) plus ou moins violents, mais dans des endroits publics où la hauteur du système limite l'étendue de l'impact, ou à des niveaux inférieurs lorsque l'accès au bâtiment est principalement utilisé par des personnes soigneuses.	Parties de bâtiment en rez-de-chaussée accessible mais protégé et peu sollicité, balcons, loggias
Catégorie III	Zone qui n'est pas susceptible d'être endommagée par des chocs normaux causés par des personnes ou par des objets (jets d'objets ou coups)	Parties courantes de bâtiment en étage et en rez-de-chaussée inaccessibles

NOTE

Ces catégories ne concernent pas les chocs exceptionnellement sévères pouvant résulter, par exemple, d'actes de vandalisme.

La résistance aux chocs dépend de la composition du système d'enduit et de la configuration ST (simple armature normale), DT (double armature normale) ou ARS (armature renforcée + armature normale) de la couche de base armée (cf. 7.4) du présent document. La résistance aux chocs doit être déterminée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.8). Les essais sont réalisés après cycles hygrothermiques (cf. 5.13.1) ou après vieillissement par immersion dans l'eau durant 7 jours suivie d'un séchage durant 7 jours. Suivant les résultats des essais, la catégorie I, II ou III du procédé est définie conformément aux indications du Tableau 6.

▲ Tableau 6 – Catégories d'utilisation en fonction des résultats des essais de résistance aux chocs

	Catégorie III	Catégorie II	Catégorie I
Choc 10 joules	-	Le système d'enduit n'est pas enfoncé ⁽²⁾	Pas de détérioration ⁽¹⁾
Choc 3 joules	Le système d'enduit n'est pas enfoncé ⁽²⁾	Pas de détérioration ⁽¹⁾	Pas de détérioration ⁽¹⁾

1. Un endommagement superficiel, à condition qu'il n'y ait pas de fissure, est annoté « pas de détérioration ».
2. On considère qu'il y a « enfoncement » si une fissure circulaire pénétrant jusqu'à l'isolant est observée.



5.8. • Étanchéité à l'air

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant n'assurent pas l'étanchéité à l'air, qui doit être assurée par la paroi⁽⁸⁾.

Par ailleurs, il convient de traiter toutes les traversées ou pénétrations de la paroi avant la pose du procédé d'ITE par enduit sur isolant.

5.9. • Étanchéité à l'eau

L'étanchéité à l'eau est assurée par l'ensemble du procédé d'ITE et de la paroi.

L'absorption d'eau par capillarité de la couche de base armée sur l'isolant (notée W_b) et l'absorption d'eau par capillarité du système d'enduit sur l'isolant (notée W) doivent être déterminées conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.9).

Si W_b est supérieure ou égale à 1 kg/m² après 1 heure, alors W doit être inférieure à 1 kg/m² après 1 heure.

Suivant le degré d'étanchéité à l'eau, on définit quatre types différents de murs, notés XI, XII, XIII et XIV. Le Tableau 7 indique l'utilisation admissible de ces types de mur en travaux neufs, suivant leur exposition. L'[ANNEXE G] définit les types de mur et les situations a, b, c et d.

Le mur doit être d'autant plus étanche que la hauteur au-dessus du sol est élevée, car le risque de mouillage, par l'action concomitante du vent et de la pluie, augmente avec la hauteur de l'ouvrage.

▲ Tableau 7 – Types de mur réalisables en fonction de la hauteur au-dessus du sol et de la situation de la façade

Hauteur du mur au-dessus du sol	Situation a, b ou c		Situation d		
	Façade abritée	Façade non abritée	Façade abritée	Façade non abritée	
				Zone littorale	Front de mer
< 6 m	XI	XI	XI	XII	XII
6 – 18 m	XI	XII	XI	XII	XII
18 – 28 m	XI	XII	XI	XII	XIII
28 – 50 m	-	XIII	-	XIII	XIII
50 – 100 m	-	XIII	-	XIV ⁽¹⁾	XIV ⁽¹⁾

1. Les procédés d'ITE par enduit sur isolant ne permettent pas de réaliser des murs de type XIV car ils n'ont pas de lame d'air ventilée.

Les types de murs réalisables dépendent entre autres de l'absorption d'eau W du système d'enduit sur l'isolant :

- si W est inférieure à 0,5 kg/m² après 24 heures, le procédé permet de réaliser des murs de type XII ou XIII ;

■ 8 Pour satisfaire cette exigence, les parois en maçonnerie d'éléments peuvent être, par exemple, revêtues d'un enduit intérieur ou extérieur.



- si W est supérieure ou égale à $0,5 \text{ kg/m}^2$ après 24 heures, le procédé permet de réaliser des murs de type XI ou XII.

5.10. • Perméabilité à la vapeur d'eau

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant permettent le passage de la vapeur d'eau vers l'extérieur du bâtiment, sans risque prononcé de condensation dans la paroi ou à l'interface entre la paroi et l'isolant thermique.

Afin d'éviter les risques de condensation entre l'isolant thermique et le système d'enduit, ce dernier doit présenter une épaisseur de couche d'air équivalente de diffusion (ou épaisseur d'air équivalente) s_d inférieure ou égale à 2 m.

L'épaisseur d'air équivalente s_d du système d'enduit, qui traduit sa résistance à la diffusion de vapeur d'eau, doit être déterminée conformément à la norme NF EN ISO 7783 / méthode B.

5.11. • Isolement acoustique

5.11.1. • Performance du procédé

La performance acoustique d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant est donnée par les indices $\Delta(R_w + C)$ et $\Delta(R_w + C_{tr})$, évalués sur la base de mesures de l'indice d'affaiblissement acoustique suivant les normes NF EN ISO 10140-1 et NF EN ISO 10140-2. Plus l'indice est élevé, plus le procédé est performant. La performance du procédé dépend :

- du type et de l'épaisseur d'isolant ;
- de la nature de la paroi ;
- du nombre de fixations au m^2 (le cas échéant).

5.11.2. • Performance du bâtiment

5.11.2.1. • Isolement par rapport aux bruits extérieurs (transmission directe)

La performance du bâtiment est donnée en termes d'isolement acoustique standardisé pondéré au bruit aérien $D_{nT,A,tr} = D_{nT,w} + C_{tr}$. Le niveau réglementaire est de 30 à 45 dB en fonction de l'exposition du bâtiment aux bruits extérieurs.

L'impact du procédé d'ITE par enduit sur isolant sur la dégradation de l'isolement acoustique de façade est généralement négligeable, au regard des transmissions au travers des éléments « faibles » (châssis vitrés, coffres de volet roulant et entrées d'air). Cependant, dans des



zones de bruits importants ($D_{nT,A,tr} \geq 37$ dB), il y a lieu d'être vigilant car la contribution au travers de la paroi opaque peut devenir non négligeable. Ceci est d'autant plus vrai que la surface de façade pour une pièce sera importante, par exemple pour les pièces en pignon. Une étude doit être réalisée au cas par cas.

5.11.2.2. • Isolement entre locaux (transmission latérale)

La performance du bâtiment est donnée en termes d'isolement acoustique standardisé pondéré au bruit aérien $D_{nT,A} = D_{nT,w} + C$. Le niveau réglementaire est de 53 dB entre pièces principales de logements.

Le procédé d'ITE par enduit sur isolant n'a généralement pas d'influence sur la transmission latérale de façade. En rénovation, la mise en œuvre du procédé n'apporte ni amélioration, ni dégradation de la performance d'isolement acoustique existante entre locaux. Néanmoins, certaines façades ont des transmissions latérales importantes et il peut alors être nécessaire d'ajouter un doublage thermoacoustique par l'intérieur, en plus du procédé d'ITE. Une étude doit être réalisée au cas par cas.

5.12. • Caractéristiques environnementales et sanitaires

Le procédé et ses composants peuvent faire l'objet de fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES), établies selon la norme NF P01-010.

Les données issues des FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des bâtiments dans lesquels les produits visés sont susceptibles d'être intégrés.

5.13. • Durabilité

Les performances décrites dans les paragraphes précédents sont requises pendant toute la durée de vie du procédé d'ITE en service.

La durabilité des performances est réputée satisfaite si les exigences données ci-dessous sont respectées et si les prescriptions décrites aux § 6, 7, 8 et 10 du présent document sont rigoureusement suivies.

5.13.1. • Comportement hygrothermique

Le comportement du procédé d'ITE soumis à des cycles hygrothermiques (cycles chaleur-pluie et chaleur-froid) doit être évalué conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.10). Aucun des



défauts suivants ne doit apparaître pendant les cycles et à l'issue des cycles :

- cloquage, écaillage ou décollement de la couche de finition ;
- décollement du système d'enduit ;
- désordres ou fissures coïncidant avec des joints entre panneaux isolants ;
- fissures permettant la pénétration de l'eau vers l'isolant.

5.13.2. • Adhérence après vieillissement

L'adhérence du système d'enduit sur l'isolant (notée σ) doit être déterminée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.5). Les essais sont réalisés après cycles hygrothermiques (cf. 5.13.1) ou après vieillissement par immersion dans l'eau durant 7 jours suivie d'un séchage durant 7 jours. L'adhérence minimale σ doit être supérieure ou égale à 0,08 MPa. Dans le cas contraire, la rupture doit être cohésive dans l'isolant à l'issue des essais.

5.13.3. • Résistance au gel et au dégel

Si l'absorption d'eau W du système d'enduit sur l'isolant (cf. 5.9) est inférieure à 0,75 kg/m² après 24 heures, le procédé est réputé résistant à l'action du gel et du dégel. Dans le cas contraire, la résistance du procédé au gel-dégel doit être évaluée conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.11). À l'issue des cycles de gel-dégel :

- les défauts mentionnés au §(cf. 5.13.1) du présent document ne doivent pas apparaître ;
- et l'adhérence minimale σ , déterminée conformément aux indications du § (cf. 5.13.2) du présent document, doit être supérieure ou égale à 0,08 MPa ; dans le cas contraire, la rupture doit être cohésive dans l'isolant à l'issue des essais.



Supports admissibles et préparation des supports

6



Lorsque l'entreprise a démarré la pose du procédé, le support est réputé réceptionné et accepté.

6.1. • Nature des supports et prescriptions générales

6.1.1. • Nature des supports

En travaux neufs, les supports admissibles sont les suivants :

- béton brut de granulats courants ou légers (béton banché ou panneaux préfabriqués) ;
- maçonneries d'éléments (blocs en béton de granulats, briques ou blocs en terre cuite, blocs en béton cellulaire autoclavé, pierres naturelles) non enduites ;
- maçonneries d'éléments enduites au mortier de liants hydrauliques ;
- supports mixtes béton / maçonnerie (structure en béton avec maçonnerie de remplissage).

Ces supports doivent être conformes aux Documents Techniques Unifiés (DTU) les concernant, notamment le NF DTU 20.1, le DTU 21, le DTU 22.1 et le DTU 23.1.

En travaux de rénovation, les supports admissibles sont les suivants :

- maçonneries non enduites et béton banché non revêtu ;
- maçonneries et béton enduits, peints ou revêtus de revêtements organiques ;
- panneaux préfabriqués en béton ;



- revêtements minéraux (carrelage, grès cérame, pâte de verre, etc.).

Pour la pose collée des panneaux isolants, les enduits à base de plâtre et les carreaux céramiques (ou analogues) de dimensions supérieures à 75 x 75 mm ne sont pas visés dans le présent document.

6.1.2. • Prescriptions générales

Les supports doivent être sains, dépoussiérés et débarrassés de tout produit non adhérent par brossage, grattage, ponçage, etc. Ils ne doivent pas ressuer l'humidité ni être gelés.

Les supports doivent être plans et ne présenter aucune irrégularité importante :

- si l'isolant est destiné à être collé ou fixé mécaniquement par chevilles, l'écart de planéité ne doit pas dépasser 10 mm sous la règle de 2 m ;
- si l'isolant est destiné à être fixé mécaniquement par profilés, l'écart de planéité ne doit pas dépasser 7 mm sous la règle de 2 m et 2 mm sous le réglet de 20 cm.

Dans le cas contraire, il est nécessaire d'effectuer soit des ragréages localisés, soit un dressage général conformément au NF DTU 26.1.

NOTE

Pour les supports neufs, ces tolérances de planéité correspondent aux maçonneries soignées (si le système est collé ou fixé par chevilles) et aux bétons courants (si le système est fixé par profilés).

Sur support présentant des reliefs particuliers (bandeaux, décrochements, etc.), une étude spécifique doit être réalisée pour l'adaptation du procédé.

La paroi doit être étanche à l'air.

La mise en œuvre sur panneaux préfabriqués en béton à voile extérieur librement dilatable est soumise aux conditions suivantes :

- l'épaisseur d'isolant du procédé doit être au moins égale à celle de l'isolant contenu entre les deux voiles en béton et au moins égale à 60 mm ;
- les joints entre panneaux isolants du procédé ne doivent pas coïncider avec les joints entre les panneaux en béton.

Tous les points singuliers doivent avoir été préalablement repérés. On se reportera au § 8 du présent document.



6.2. • Préparation des supports en travaux neufs

La fixation de l'isolant par collage est généralement préférée sur support neuf, sauf problème particulier d'adhérence (présence d'un produit de démoulage non compatible avec les produits à base de liants hydrauliques par exemple). Elle permet en effet de brider les mouvements éventuels de l'isolant et de limiter ainsi les contraintes qui peuvent en résulter au niveau des joints entre panneaux.

Avant mise en œuvre du procédé, un délai de séchage du support est nécessaire selon les conditions atmosphériques locales : au minimum 30 jours pour les maçonneries d'éléments et 45 jours pour les bétons.

6.2.1. • Procédé avec isolant destiné à être collé

Si le support est en béton banché, des essais d'adhérence de la colle sur le support doivent être réalisés, comme indiqué en [ANNEXE H] du présent document. En cas de résultats insuffisants, un décapage superficiel à très haute pression ou par sablage doit être effectué. Sinon, l'isolant doit être fixé mécaniquement comme décrit au § 7.2.3 du présent document.

Si un ragréage est nécessaire, il est réalisé avec un produit de ragréage d'épaisseur au moins égale à 3 mm, reconnu apte à cet emploi et ne présentant pas d'incompatibilité avec la colle utilisée. La colle elle-même peut être employée, sous réserve qu'elle soit apte à cet emploi.

Le support doit présenter une cohésion minimale de 0,3 MPa. En cas de doute sur la cohésion du support (béton cellulaire autoclavé, enduit hydraulique sur maçonnerie, etc.), des essais préalables d'adhérence de la colle sur le support sont à exécuter, comme indiqué en [ANNEXE H] du présent document.

On peut s'assurer par sondage, en frappant la paroi, que les enduits ne sonnent pas « le creux ».

6.2.2. • Procédé avec isolant destiné à être fixé mécaniquement

Si les caractéristiques du support (résistance en compression, dimensions des alvéoles, etc.) sont visées dans la DoP de la cheville, la résistance en traction de la cheville est celle donnée dans sa DoP pour ce support. Sinon, la résistance en traction de la cheville dans le support doit être déterminée conformément aux modalités décrites dans l'[ANNEXE I] du présent document.



6.3. • Préparation des supports en rénovation

Pour les mêmes raisons qu'indiquées au § 6.2 du présent document, la fixation de l'isolant par collage sera préférée lorsque le support n'est pas revêtu et qu'il n'y a pas de problème d'adhérence de la colle sur le support.

En cas de supports revêtus par peintures ou revêtements organiques, les procédés avec isolant fixé mécaniquement permettent de s'affranchir du décapage des anciens revêtements dont l'élimination complète s'avère souvent difficile. Néanmoins, la densité de fixations peut être importante en fonction de la nature du support et de l'exposition au vent. Il convient alors d'apprécier, au cas par cas, le mode de fixation le mieux adapté, collage après décapage ou forte densité de fixations mécaniques.

Le rapport de diagnostic amiante (obligatoire pour les bâtiments dont le permis de construire est antérieur au 1^{er} juillet 1997) doit être fourni par la maîtrise d'ouvrage. Les éléments à examiner sont, par exemple, les remplissages des joints, les colles, les enduits et les allèges en remplissage par panneaux.

D'une façon générale, la stabilité du bâtiment doit être préalablement vérifiée.

Les éventuelles lézardes doivent faire l'objet d'un diagnostic pour en identifier les causes. Une fois celles-ci identifiées et traitées, les lézardes doivent être rebouchées.

Dans le cas de dégradation du béton par corrosion des armatures en façade, une réparation doit être effectuée conformément à l' [ANNEXE B] du NF DTU 42.1.

Une attention particulière devra être portée aux supports anciens (pierres ou moellons hourdés aux mortiers peu résistants).

L'entreprise doit prêter attention aux parois susceptibles de contenir des éléments en bois (ossature en pan de bois par exemple). Le présent document ne s'applique pas à ce type particulier de paroi ; une étude spécifique doit être préalablement menée.

Dans le cas des éléments fixés en façade, il peut être nécessaire de déporter la fixation vers l'extérieur pour tenir compte de l'épaisseur d'isolant.

NOTE

En rénovation, les travaux d'ITE visent les parois isolées ou non par l'intérieur.



6.3.1. • Procédé avec isolant destiné à être collé

La pose collée n'est envisageable que si les enduits hydrauliques et revêtements minéraux existants (grès cérame, pâte de verre, dimensions maximales 75 × 75 mm) présentent une bonne adhérence confirmée par des essais.

6.3.1.1. • Béton, maçonneries apparentes et maçonneries enduites au mortier de liants hydrauliques, non revêtus

La préparation est identique à celle des supports neufs.

Des informations sur l'application éventuelle d'un produit hydrofuge sont à recueillir auprès de la maîtrise d'œuvre (le cas échéant). En complément, la présence de produit hydrofuge peut éventuellement se détecter par son aspect et son brillant ou par arrosage, l'effet perlant indiquant la présence d'un tel produit.

Des essais d'adhérence de la colle sur le support doivent être réalisés comme indiqué en [ANNEXE H] du présent document.

Le revêtement des maçonneries enduites est sondé sur toute la surface. Les parties sonnantes « le creux » sont enlevées et rebouchées dans le cas d'épaisseur supérieure à 10 mm.

6.3.1.2. • Béton et maçonneries enduites aux mortiers de liants hydrauliques, peints ou revêtus de revêtements organiques

Toutes les peintures existantes (organiques ou minérales) et tous les revêtements organiques doivent être décapés. Le décapage peut être obtenu par tout procédé adapté ; il est réalisé sur toute la surface.

Des essais d'adhérence de la colle sur le support doivent ensuite être exécutés conformément à l'[ANNEXE H] du présent document.

6.3.1.3. • Revêtements minéraux type grès cérame, pâte de verre

Les revêtements minéraux dont les dimensions d'éléments sont supérieures à 75 × 75 mm ne sont pas visées en cas de pose collée de l'isolant.

Le revêtement est sondé sur toute la surface. Les parties sonnantes le creux sont enlevées et rebouchées dans le cas d'épaisseur supérieure à 10 mm. Si la dépose concerne plus de 10 % de la surface à traiter, l'intégralité du revêtement doit alors être retirée.

Des essais d'adhérence de la colle sur le support doivent être réalisés comme indiqué en [ANNEXE H] du présent document.

6.3.2. • Procédé avec isolant destiné à être fixé mécaniquement

Si le support correspond à la catégorie d'utilisation A (béton de granulats courants) de la cheville, la résistance en traction est celle donnée dans l'ATE ou l'ÉTE de la cheville pour ce support. Sinon, la résistance en traction doit être déterminée conformément à l' [ANNEXE I] du présent document.

Si le support est une maçonnerie enduite, l'enduit est sondé sur toute la surface, piqué lorsqu'il sonne « le creux » et réparé.

Si le support est un revêtement minéral, le revêtement est sondé sur toute la surface. Les parties sonnantes « le creux » sont enlevées et rebouchées dans le cas d'épaisseur supérieure à 5 mm.



Exécution des travaux en partie courante

7



7.1. • Généralités et conditions de mise en œuvre

7.1.1. • Conditions d'application

Il est conseillé, avant application, de consulter les prévisions météorologiques.

Le collage des panneaux isolants ne doit pas être effectué sur support gorgé d'eau ou en période de gel. La température ambiante doit être supérieure à +5 °C.

La température de stockage et de pose des chevilles de fixation doit respecter les préconisations indiquées par le fabricant de chevilles.

Sauf précautions spéciales, l'enduit ne doit pas être mis en œuvre par temps de pluie, en période de gel, sur supports exposés au rayonnement direct du soleil en été ou sous grand vent. Parmi les précautions spéciales à prendre, on peut citer le bâchage de l'échafaudage.

L'application des pâtes sans ciment est déconseillée en période froide ou humide, car leur séchage peut nécessiter plusieurs jours.

Dans le cas de l'utilisation de panneaux en polystyrène gris, l'ouvrage destiné à être recouvert et les panneaux posés ou en cours de pose doivent être mis à l'abri du soleil en installant une bâche ou un filet de protection ne laissant pas passer plus de 30 % de l'énergie solaire. Les panneaux avant pose (stockés sur le chantier) doivent être protégés de la même manière. S'il est impossible de respecter ces dispositions, des panneaux en polystyrène blanc doivent être utilisés.

Pour les colles, les produits de calage et les enduits, les prescriptions de préparation (taux de gâchage, temps de repos avant application, ...), de durée pratique d'utilisation, de mode d'application et de



consommation indiquées par les fabricants doivent être scrupuleusement respectées.

7.1.2. • Outillage

Les outils couramment utilisés sont les suivants : malaxeur électrique à vitesse lente (300 t/min maximum), truelle, lisseuse, taloche cran-tée, bouclier, règle, niveau, scie égoïne, guillotine à fil chaud, découpeur thermique, rainureuse, taloche abrasive, rouleau, brosse, rabot électrique, ciseaux, perceuse, visseuse, perforateur, marteau, maillet en caoutchouc, matériel de projection pour les mortiers ou pour les granulats.

Le nettoyage des outils s'effectue à l'eau et/ou par brossage, immédiatement après emploi.

7.2. • Fixation de l'isolant au support

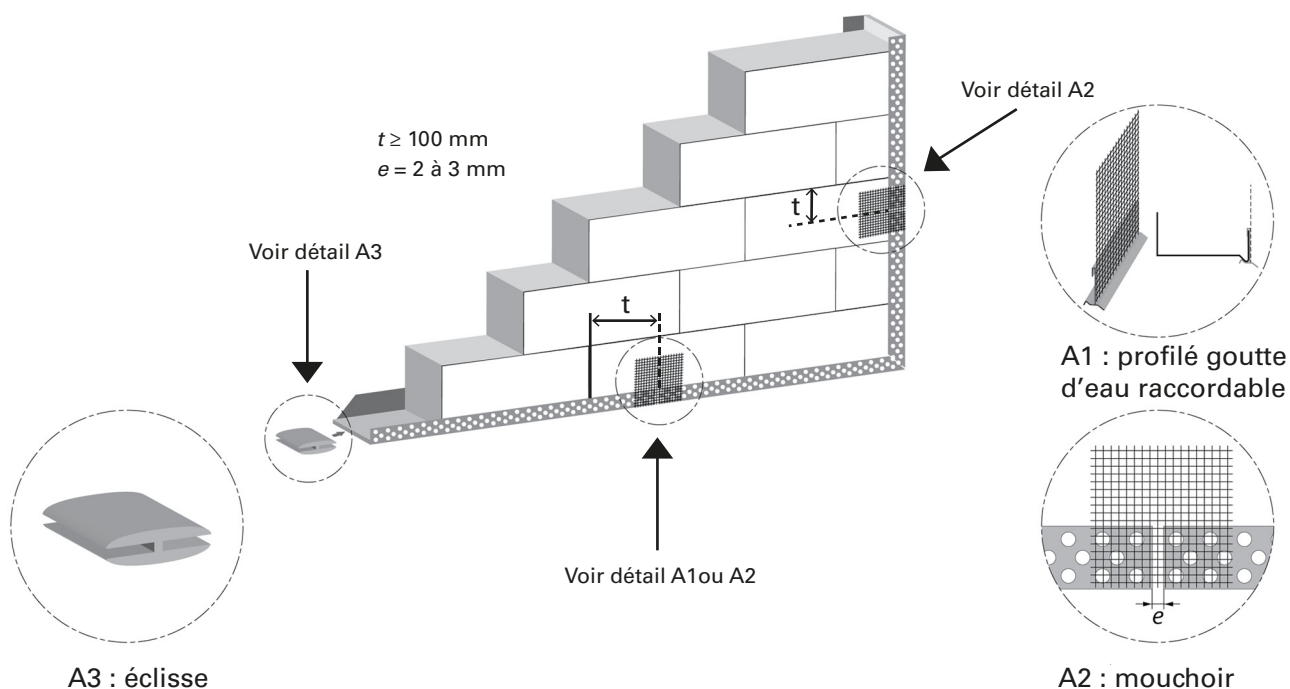
7.2.1. • Mise en place de l'isolant

Un rail de départ, de dimensions adaptées à l'isolant, est fixé mécaniquement en partie basse. Les fixations mécaniques doivent être adaptées au support et doivent présenter un diamètre correspondant aux perforations du talon du profilé. L'espacement maximal entre deux fixations est de 30 cm. Une fixation doit se trouver à 50 mm maximum de chaque extrémité et 35 mm minimum de l'arête du support. Les profilés ne doivent pas être fixés par pisto-scèlement.

Un espace de 2 à 3 mm doit être respecté entre chaque profilé de départ, afin de permettre leur libre dilatation. L'utilisation de pièces de raccordement (éclisses) permet de faciliter la pose et de garantir l'espace entre profilés (Figure 8).

La rectitude des profilés doit être constamment vérifiée lors de leur pose ; si nécessaire, les différences de planéité du support sont rattrapées au moyen de cales, dans la limite des tolérances indiquées au §(cf. 6.1.2) du présent document.

Les profilés d'arrêt latéral sont fixés au support de manière identique (Figure 8).

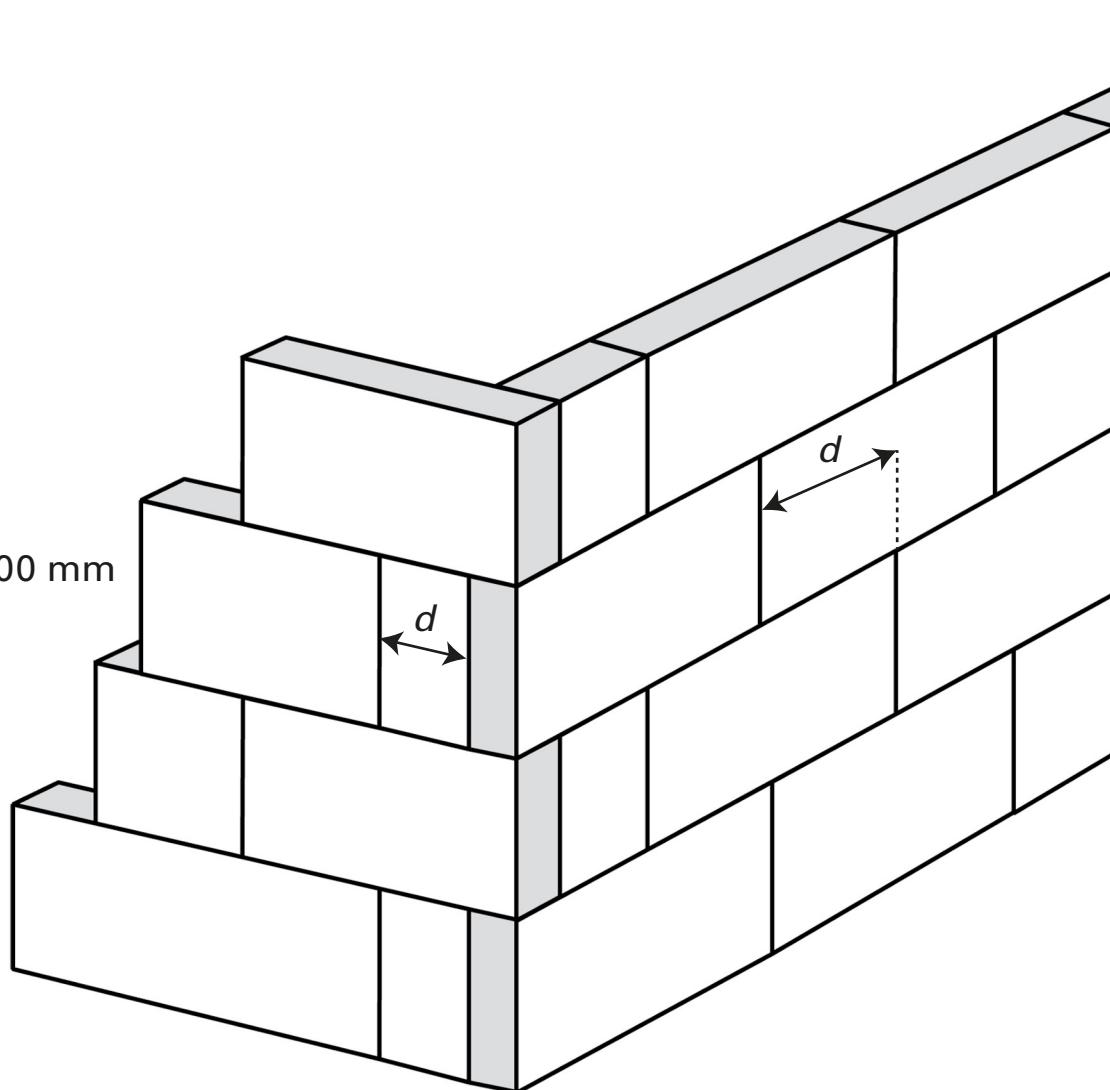


▲ Figure 8 – Disposition du rail de départ et du profilé d'arrêt latéral – Renforts aux jonctions

Dans le cas des profilés enrobés par l'enduit de base, l'armature doit être préalablement collée au support, sur une largeur d'au moins 100 mm. Le profilé est fixé, puis la partie non collée de l'armature est rabattue sur l'isolant.

En cas de support irrégulier, les profilés doivent être posés sur un boudin de colle ou calfeutrés après leur pose (au droit du talon). Dans tous les cas, il est important de combler l'espace éventuel entre le profilé et le support, de façon à supprimer les entrées d'air parasites.

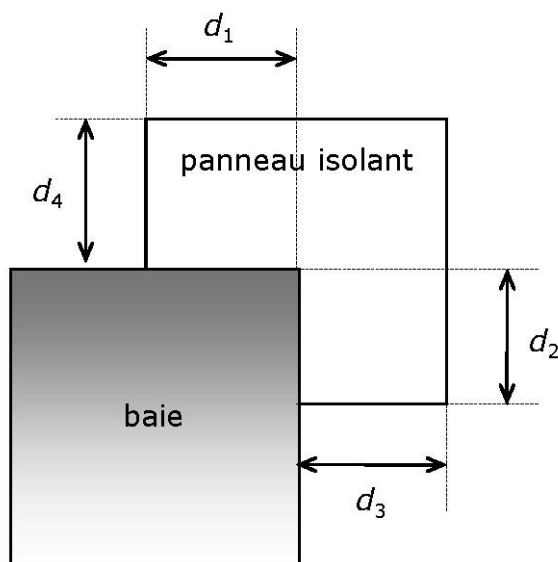
Les panneaux isolants sont posés bout à bout, parfaitement joints, horizontalement, par rangées successives à joints décalés façon « coupe de pierre » à partir du niveau bas établi par le profilé de départ. Le décalage entre joints verticaux doit être au moins égal à 200 mm. Aux angles sortants et rentrants, les panneaux doivent être harpés (Figure 9).


 $d \geq 200 \text{ mm}$


▲ Figure 9 – Pose des panneaux isolants à joints décalés et harpage aux angles

Les joints entre panneaux doivent être décalés d'au moins 100 mm par rapport à la jonction de deux profils de départ ou de deux profils d'arrêt latéraux successifs. Les joints entre panneaux ne doivent pas être superposés aux discontinuités du support (joints entre panneaux en béton préfabriqués par exemple).

Au niveau des angles de baie, les panneaux doivent être découpés en « L » afin d'éviter les joints filants. Les distances horizontales d_1 , d_3 et verticales d_2 , d_4 indiquées sur la (Figure 10) doivent être au moins égales à 200 mm par rapport au gros œuvre. Si la fenêtre est posée côté extérieur avec un calfeutrement en applique extérieure, la distance d_4 doit être au moins égale à 400 mm, du fait de la présence de la membrane d'étanchéité (voir NF DTU 36.5).

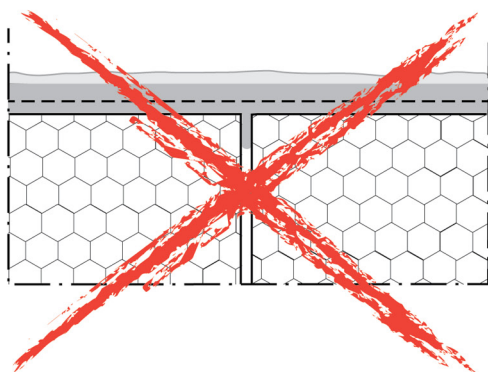
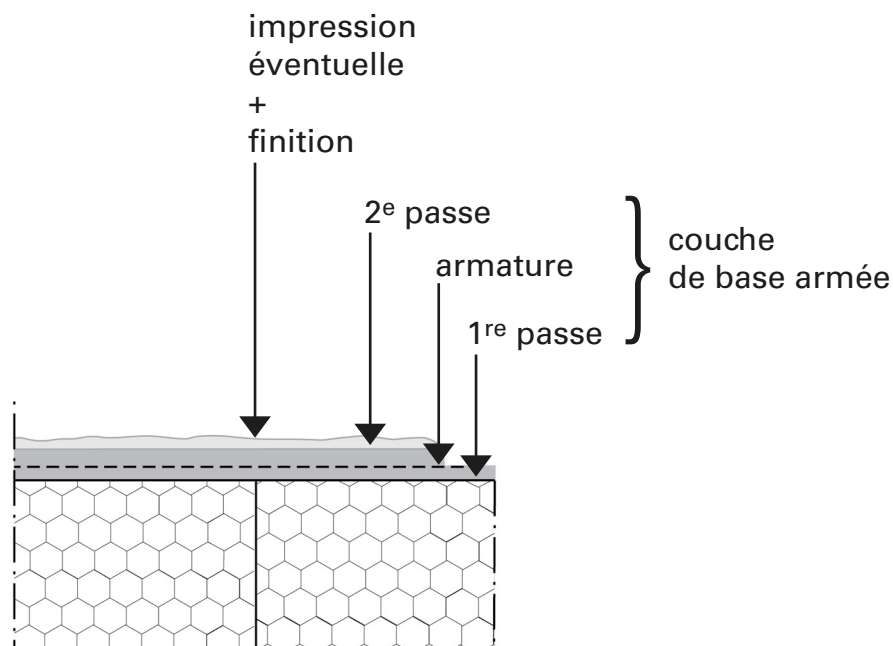


▲ Figure 10 – Découpe des panneaux isolants autour des baies

Les découpes ou ponçages d'ajustement des panneaux aux angles et aux baies sont réalisés après la pose des panneaux. Au droit des éléments saillants de la façade (menuiseries, pénétrations diverses) et à tous les points durs, un espace de 5 mm doit être ménagé en tout point.

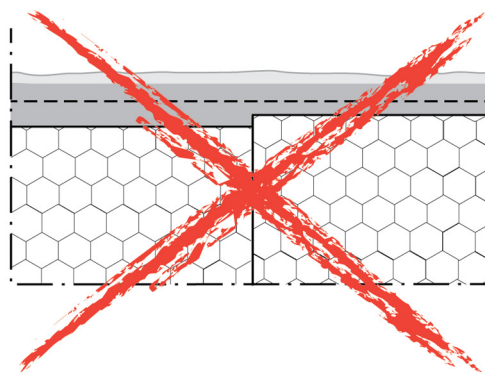
Les dégradations des panneaux isolants au cours de la pose (coins cassés, parties localement endommagées en surface) ou les joints ouverts de plus de 2 mm doivent être systématiquement rebouchés avec le même matériau isolant. Les mousses expansives ne sont destinées qu'au calfeutrement occasionnel des joints ouverts entre panneaux isolants (joints de largeur entre 2 et 10 mm). Après application de la mousse, un temps d'expansion et de durcissement d'au moins 1 heure doit être respecté avant toute autre opération.

Les désaffleurs entre panneaux doivent être inexistantes (Figure 11) ; dans le cas contraire, il est indispensable d'exécuter un ponçage de la surface. Le ponçage est exécuté manuellement à l'aide d'une taloche abrasive, ou à l'aide d'une machine à poncer éventuellement équipée d'un dispositif de récupération des copeaux de polystyrène. Le ponçage doit être suivi d'un dépoussiérage par brossage.



INCORRECT

Joint entre panneaux isolants ouvert et rempli avec l'enduit de base



INCORRECT

Désaffleurl entre panneaux isolants

▲ Figure 11 – Positionnement des panneaux isolants

Après ponçage et dépoussiérage, l'écart de planéité ne doit pas dépasser 7 mm sous la règle de 2 m.

Les trois modes de fixation des panneaux isolants, couverts par le présent document, sont :

- le collage ;
- la fixation mécanique par chevilles (pose dite « calée-chevillée ») ;
- la fixation mécanique par profilés.

7.2.2. • Fixation par collage

L'isolant est collé directement sur le support préalablement préparé.

La colle est préparée en respectant les indications du fabricant :



- les poudres à mélanger avec de l'eau, les pâtes à mélanger avec du ciment et les poudres à mélanger avec une résine sont parfaitement mélangées pendant plusieurs minutes, au moyen d'un malaxeur électrique à vitesse lente, pour éviter la formation des nodules. Les taux de mélange, les temps de repos avant application et les durées pratiques d'utilisation (DPU) doivent impérativement être respectés ;
- les pâtes prêtes à l'emploi sont généralement ré-homogénéisées au moyen d'un malaxeur électrique à vitesse lente.

NOTE

Pour les pâtes à mélanger avec du ciment, le poids de ciment à incorporer doit être préalablement pesé ou le volume de ciment correspondant au poids à introduire peut être mesuré à l'aide d'une jauge. La nature du ciment selon la norme NF EN 197-1, indiquée par le fabricant, doit être respectée.

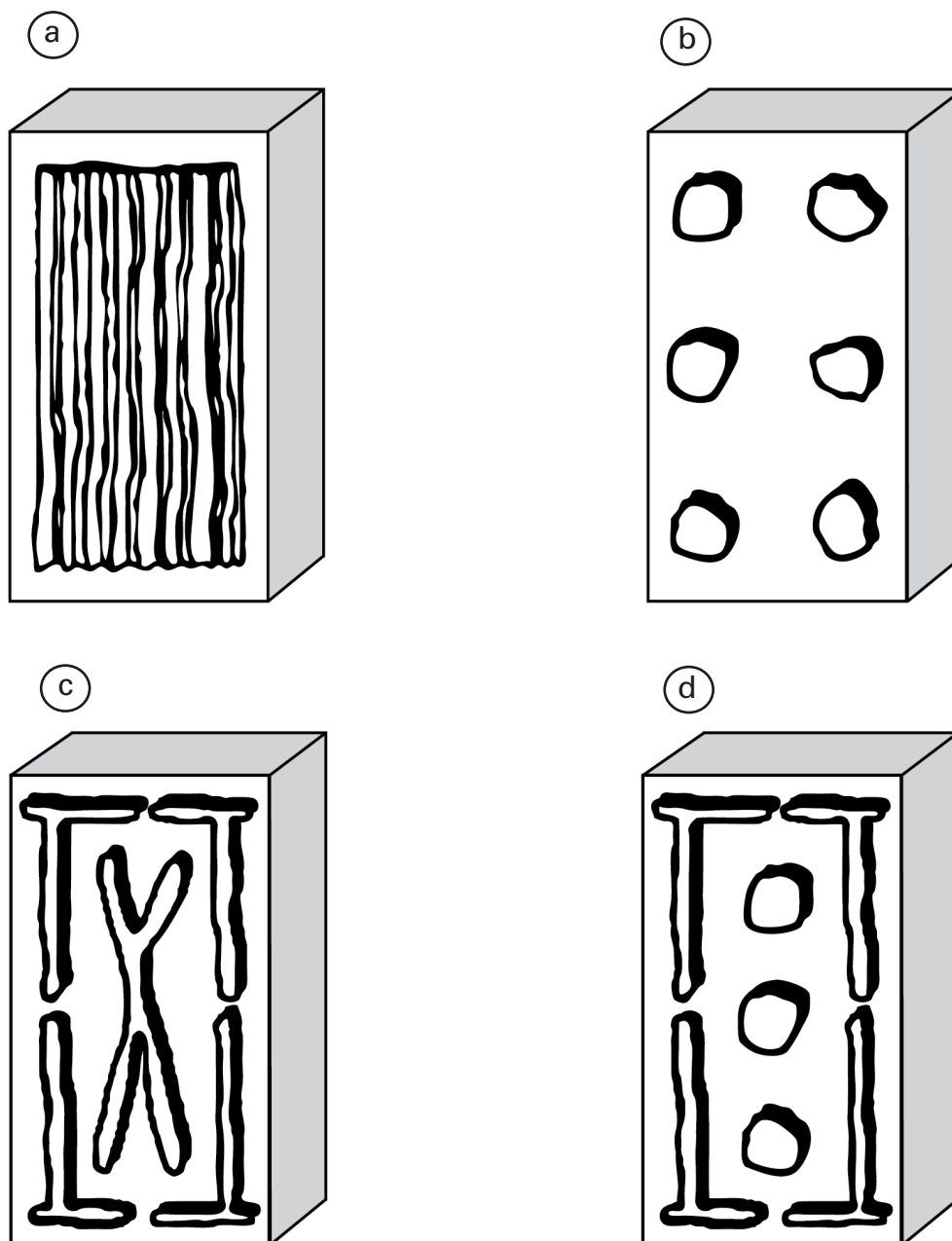
La colle est appliquée sur le dos du panneau isolant. Elle ne doit pas être utilisée pour remplir les joints éventuels entre les panneaux. Les panneaux encollés sont pressés et frappés à l'aide d'un outil de frappe (bouclier) contre le support, en contrôlant en permanence la planéité à la règle de 2 m. Le bouclier doit avoir une surface suffisamment importante pour ne pas abimer la surface du panneau isolant.

Les côtés (tranches) des panneaux ne doivent pas être encollés. L'excédent de colle ne doit pas pénétrer dans les joints entre panneaux au cours de l'application de ces derniers sur le support.

La consommation minimale, indiquée dans la fiche technique de la colle, doit impérativement être respectée.

Différents modes de collage peuvent être adoptés (Figure 12) :

- collage en plein : la colle est appliquée sur toute la surface du panneau, à l'aide d'une taloche crantée (dents de 6 à 15 mm), en laissant libre une bande d'environ 20 mm en périphérie pour éviter la pénétration de la colle dans les joints ;
- collage par plots : la colle est appliquée sur le panneau à raison d'au moins 12 plots par m², ce qui correspond à 6 plots par panneau de dimensions 1000 × 500 mm ou 9 plots par panneau de dimensions 1200 × 600 mm. Le diamètre des plots doit être d'au moins 10 cm avant écrasement ;
- collage par boudins : un boudin de colle d'épaisseur régulière est déposé au pourtour du panneau, à 50 mm des bords, afin d'éviter la pénétration de la colle dans les joints. Il doit présenter des discontinuités pour éviter d'emprisonner de l'air derrière le panneau (effet ventouse). L'encollage est complété par des bandes croisées ou des plots, positionnés au centre du panneau.



a : en plein ; b : par plots ; c : par boudins ; d : par boudins et plots

▲ Figure 12 – Modes de collage/calage des panneaux isolants (exemples)

Le collage en plein est réservé aux supports présentant des irrégularités de surface ou des écarts de planéité jusqu'à 5 mm sous la règle de 2 m. Il doit être systématique pour la pose de panneaux isolants d'épaisseur inférieure ou égale à 30 mm.

NOTE

Pour les supports neufs, cette tolérance de planéité correspond aux bétons soignés.

Le collage par plots ou par boudins est réservé aux supports présentant des irrégularités de surface ou des écarts de planéité jusqu'à 10 mm sous la règle de 2 m. Le fabricant spécifie la surface minimale d'encollage requise.



Si les panneaux isolants sont en polystyrène gris, le collage par plots ou par boudins doit obligatoirement être complété par de la fixation mécanique par chevilles. Deux chevilles par panneau sont nécessaires : elles doivent être positionnées à mi largeur et à environ 1/3 de la longueur à partir des bords du panneau. Les chevilles doivent être posées comme décrit au §(cf. 7.2.3.2) du présent document, avant que la colle n'ait fait sa prise.

En cas de collage des panneaux isolants par plots, un collage en plein ou par boudins doit être réalisé tous les deux niveaux (à partir du rez-de-chaussée) et sur la dernière rangée. Cette disposition a pour objectif de limiter les lames d'air parasites qui dégradent les performances thermiques.

La consommation minimale de colle et le temps d'attente avant opération suivante, indiqués par le fabricant, doivent être respectés.

7.2.3. • Fixation mécanique

7.2.3.1. • *Choix et dimensionnement de la cheville*

Le choix de la cheville de fixation dépend :

- de la nature du support d'ancrage ;
- des dimensions et de la nature du composant à fixer.

La longueur de la cheville L_a (exprimée en mm), indiquée sur les figures ci-avant (Figure 2) et (Figure 3), est déterminée de la manière suivante :

$$L_a = h_{ef} + t_{fix}$$

h_{ef} profondeur d'ancrage effective dans le support (mm)

t_{fix} épaisseur de fixation (mm)

La profondeur d'ancrage h_{ef} est indiquée dans la DoP de la cheville. C'est une valeur minimale à respecter qui varie d'une cheville à l'autre ; elle peut également varier pour une même cheville en fonction de la nature du support.

L'épaisseur de fixation est donnée par la relation :

$$t_{fix} = t_{tol} + e$$

t_{tol} épaisseur des tolérances sur le support (mm)

e épaisseur du composant à fixer (mm)

Les tolérances sont composées des anciens revêtements présents sur le support (enduits, carrelage, etc.), des cales, des couches de ragréage ou de dressage et des épaisseurs de colle ou de produit de calage. La dimension t_{tol} a une forte influence sur le dimensionnement de la cheville et peut varier de manière non négligeable selon les chantiers. De ce fait, elle doit être déterminée le plus précisément possible.



L'épaisseur du composant à fixer dépend du mode de fixation mécanique :

- isolant fixé par chevilles : e correspond généralement à l'épaisseur d'isolant e_D (Figure 2) ;
- isolant fixé par profilés : e correspond à l'épaisseur de l'aile de fixation du profilé (Figure 3).

NOTE

Il peut arriver que le résultat du calcul de la longueur de la cheville n'aboutisse pas à une valeur de longueur disponible pour le modèle sélectionné. Dans ce cas, on prendra toujours la longueur supérieure. En effet, une cheville trop courte ne permet pas de garantir la profondeur d'ancrage minimale et donc une tenue optimale.

7.2.3.2. • Prescriptions générales de pose des chevilles

Quel que soit le mode de fixation mécanique de l'isolant (chevilles à rosace ou profilés avec chevilles à collerette), la pose des chevilles doit respecter les paramètres suivants :

- diamètre de perçage ;
- profondeur de perçage ;
- mode de perçage ;
- nettoyage ;
- insertion de la cheville ;
- expansion de la cheville ;
- positionnement de la cheville.

Le diamètre de perçage, qui peut être différent de celui de la cheville, doit toujours correspondre aux indications du fabricant.

La profondeur de perçage h_1 (Figure 2) et (Figure 3) doit être, en général, au moins supérieure de 10 mm à la profondeur d'ancrage effective de la cheville. Dans le cas d'une cheville à rosace montée « à cœur » (cf. 7.2.3.3), cette profondeur de perçage est majorée d'environ 30 mm. Le perçage doit être le plus perpendiculaire possible par rapport à la paroi.

Le mode de perçage dépend exclusivement de la nature du support à percer. Il existe deux modes de perçage :

- perçage avec percussion, qui concerne le béton et les maçonneries d'éléments pleins (catégories d'utilisation A, B et D) ;
- perçage sans percussion, réservé aux maçonneries d'éléments creux et aux maçonneries en béton cellulaire (catégories d'utilisation C et E).

NOTE

Le perçage avec percussion des supports en corps creux génère souvent des éclatements. Il est de ce fait interdit, sauf si un essai réalisé préalablement sur chantier (conformément à l'[ANNEXE H] du présent document) permet de démontrer la tenue convenable des chevilles, ou si ce type de perçage est expressément mentionné dans la DoP de la cheville pour ces supports.

Après perçage, il est fortement recommandé de nettoyer le trou percé par soufflage et/ou brossage (se référer aux préconisations du fabricant).

Les chevilles à frapper doivent toujours être insérées à la main dans le perçage, au travers du composant à fixer. Les insérer par frappe peut provoquer leur expansion anticipée, avant le contact avec le composant à serrer.

L'expansion de la cheville ne devra en aucun cas débiter avant que celle-ci ne soit en contact complet avec le composant à fixer. Selon les cas, cette expansion se fera à l'aide d'un marteau, d'un maillet en caoutchouc ou d'une visseuse. Aucun serrage au couple n'est nécessaire pour réaliser l'expansion. On se contentera de frapper ou de visser complètement la pièce d'expansion.

La cheville doit être positionnée au travers et contre le composant à serrer.

7.2.3.3. • *Fixation mécanique par chevilles (pose « calée-chevillée »)*

La fixation mécanique par chevilles débute avec le calage préalable des panneaux isolants. Le calage est réalisé à la manière d'un collage, comme décrit plus haut (cf. 7.2.2). En fonction de la planéité du support et du choix de disposition des chevilles (voir ci-dessous), le calage est réalisé par plots, par boudins ou en plein.

NOTE

Les plots de calage permettent de rattraper les défauts de planéité du support. Un calage en plein peut être envisagé sur supports présentant une planéité suffisante, à savoir 5 mm maximum sous la règle de 2 m, en laissant libre une bande de 2 cm de large environ en périphérie, afin d'éviter la pénétration de la colle dans les joints.

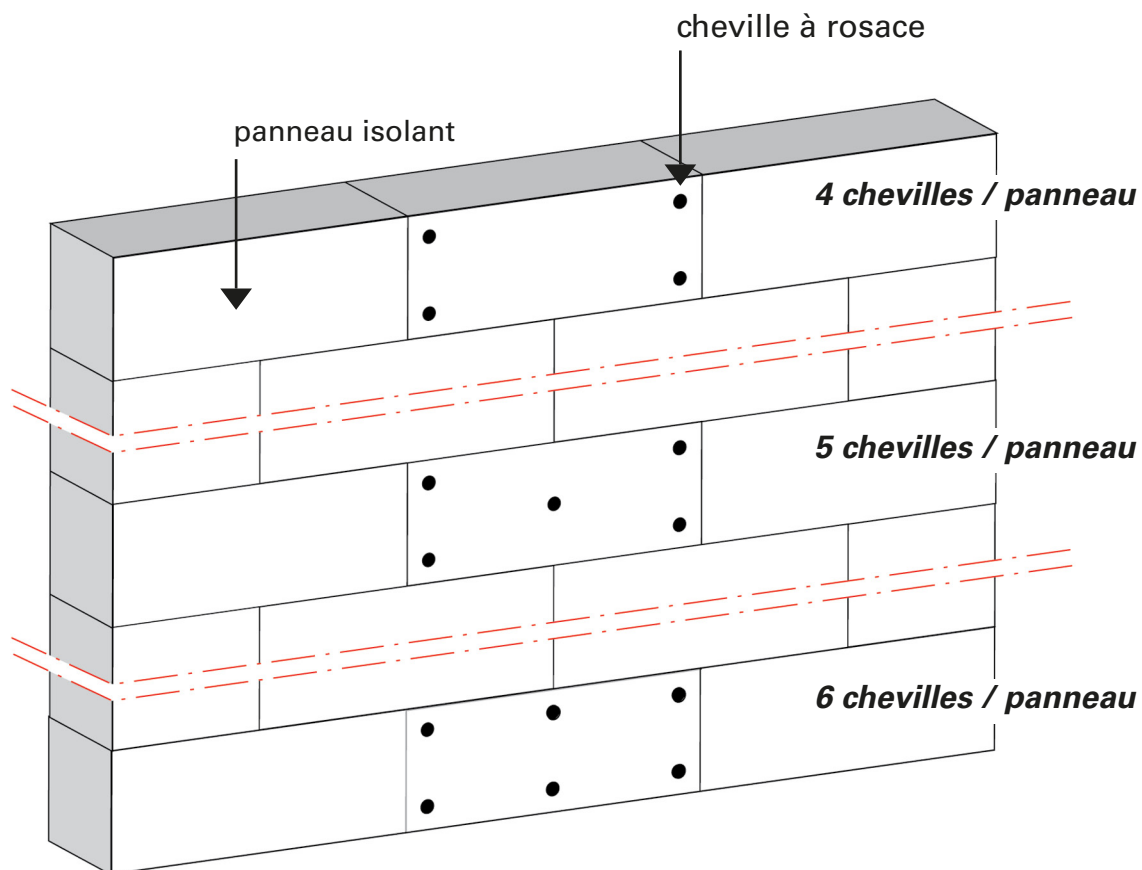
La disposition relative à la limitation de la lame d'air parasite, décrite plus haut (cf. 7.2.2), s'applique dans le cas d'un calage par plots.

La consommation minimale de produit de calage et le temps d'attente avant pose des chevilles, indiqués dans la fiche technique du produit de calage, doivent être respectés.

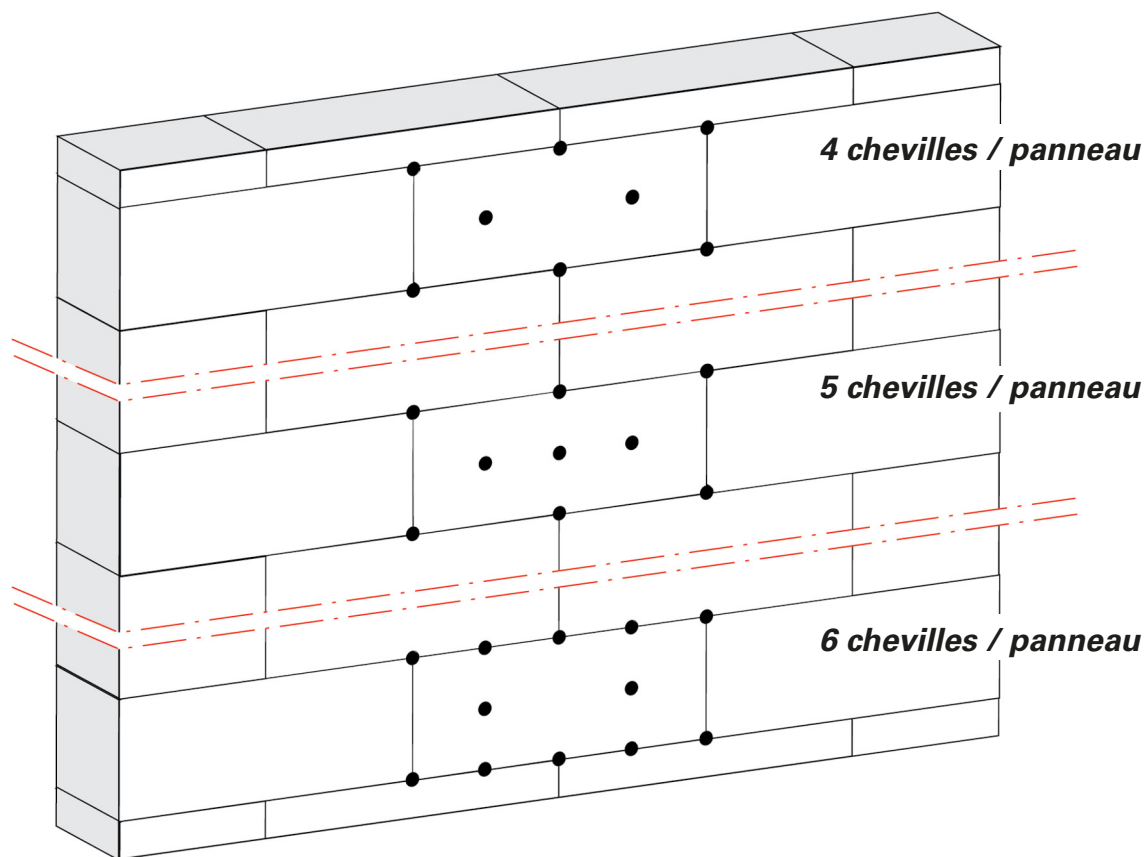
Après séchage et durcissement du produit de calage, l'isolant est fixé au support avec des chevilles à rosace. Les chevilles peuvent être posées de deux manières :



- « en plein » : elles sont posées uniquement dans le panneau isolant (Figure 13) ;
- « en plein et en joint » : elles sont posées dans le panneau, dans les angles du panneau et/ou sur les arêtes du panneau (Figure 14).



▲ Figure 13 – Fixation des panneaux isolants par chevilles : exemples de disposition « en plein »



▲ Figure 14 – Fixation des panneaux isolants par chevilles : exemples de disposition « en plein et en joint »

Si les chevilles sont destinées à être posées « en plein », le calage préalable des panneaux isolants est réalisé soit en plein, soit par plots. Si les chevilles sont destinées à être posées « en joint », le calage préalable est réalisé soit en plein, soit par boudins.

Le nombre de chevilles doit être adapté aux sollicitations du vent en dépression sur la façade (cf. 5.6.2).

NOTE

Si les chevilles sont disposées « en plein », elles doivent alors être posées au droit des plots de calage.

Les chevilles sont généralement montées « à fleur », l'extérieur de la rosace étant sur le même plan que la surface de l'isolant. Les principales étapes d'un montage « à fleur » sont les suivantes :

- perçage du panneau isolant et du support ;
- enfoncement manuel de la cheville jusqu'au nu de la surface de l'isolant ;
- enfoncement complet, au maillet caoutchouc, du clou d'expansion (cheville à frapper) ou vissage complet de la vis d'expansion (cheville à visser) ; la rosace de la cheville doit être au contact à fleur de la surface de l'isolant.



Si des chevilles sont accidentellement trop enfoncées, leurs rosaces doivent être recouvertes de l'enduit de base ; un temps d'attente de 12 à 24 heures doit être respecté avant réalisation de la couche de base armée.

Afin de limiter les ponts thermiques ponctuels, certains modèles de cheville peuvent être montés « à cœur » : ce montage consiste à insérer la rosace de la cheville dans l'épaisseur du panneau isolant. On se reportera alors aux préconisations du fabricant de chevilles quant à l'outillage spécifique à utiliser, à la profondeur de perçage adaptée et aux limitations en termes de nature et d'épaisseur d'isolant à fixer.

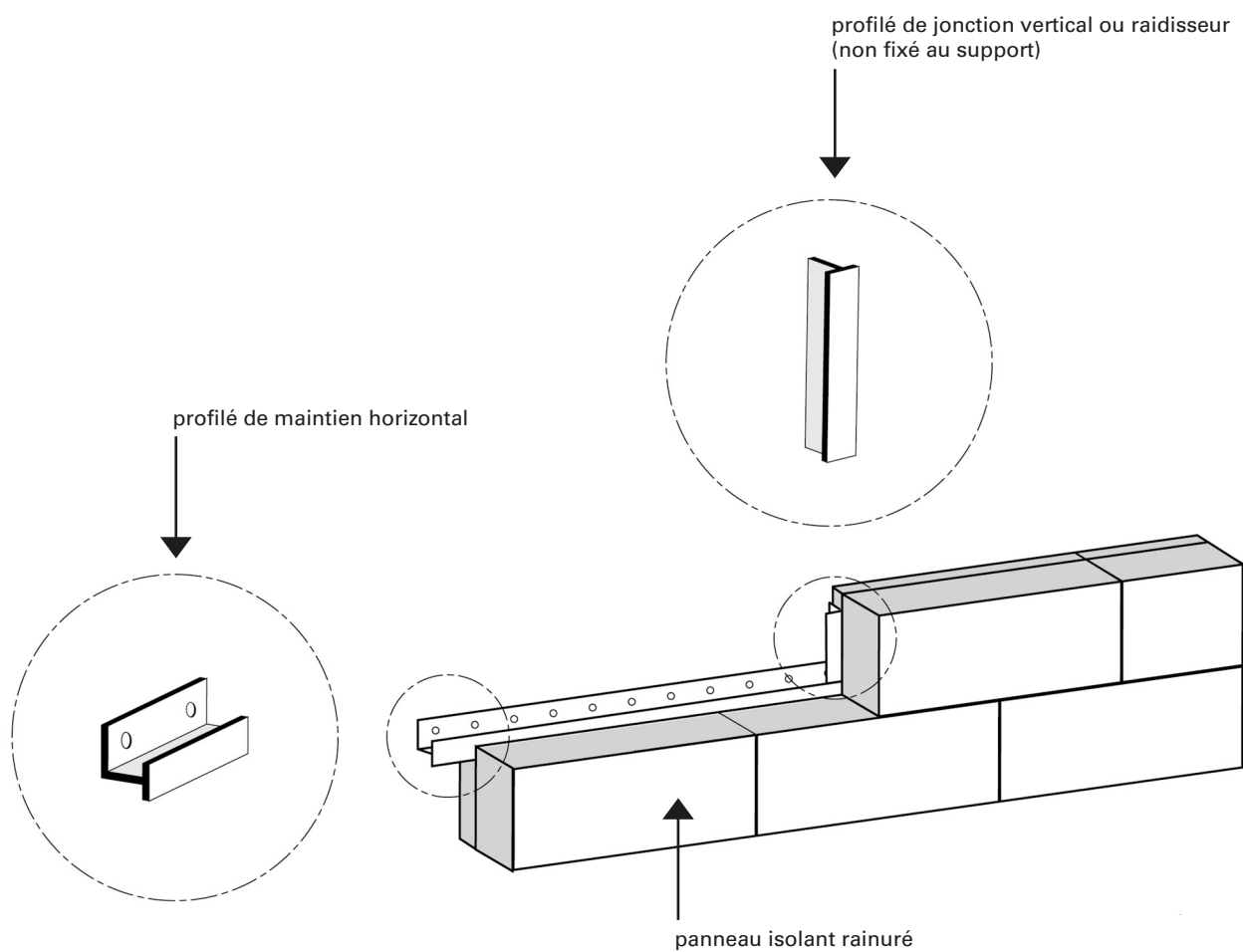
Dans certains cas, les chevilles sont posées par-dessus le treillis de la couche de base armée. Cette disposition n'est valable qu'avec l'emploi d'une finition épaisse, afin de pouvoir « absorber » les surépaisseurs locales dues aux rosaces des chevilles.

7.2.3.4. • *Fixation mécanique par profilés*

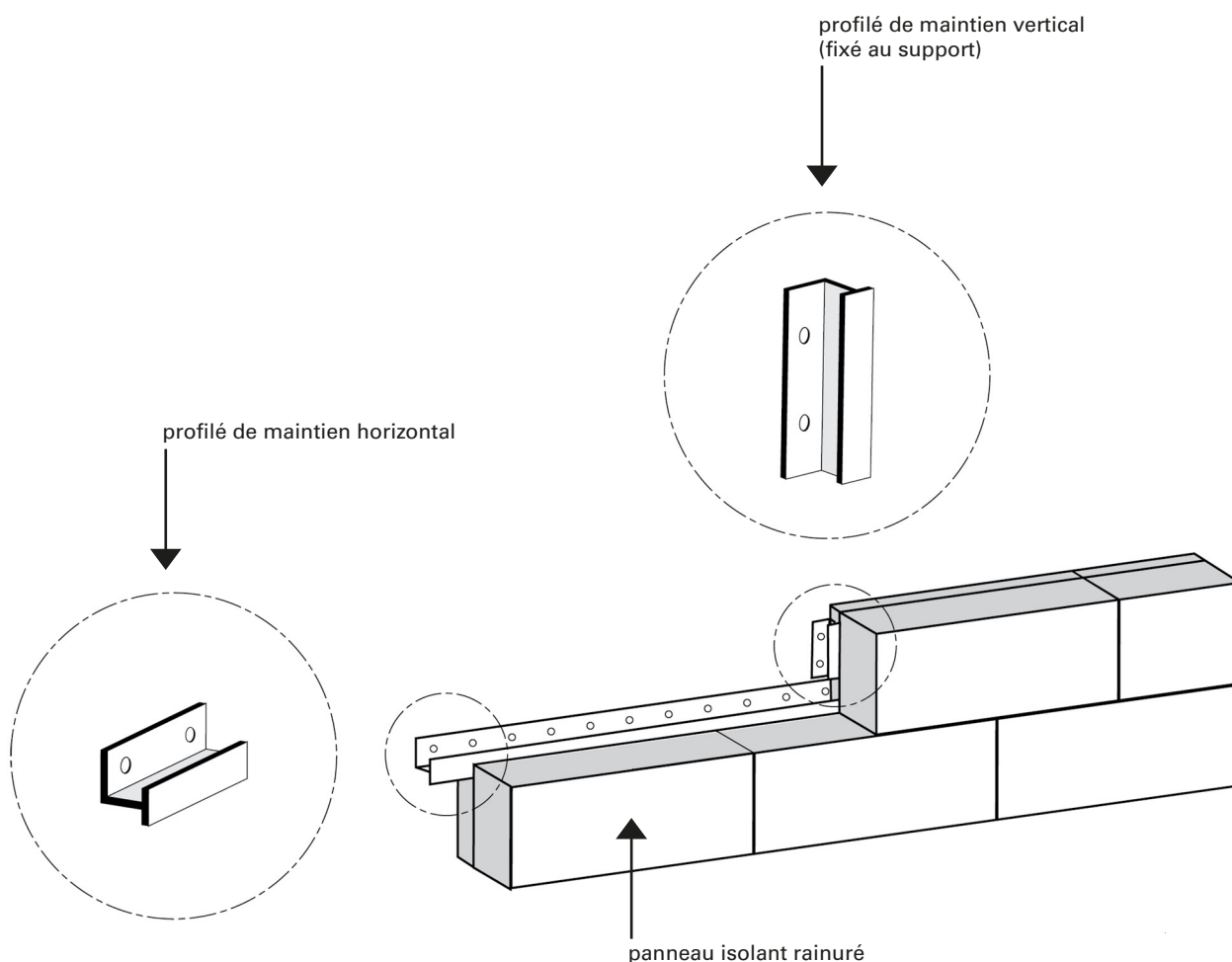
Les panneaux isolants sont posés sur le rail de départ et la fixation est réalisée suivant deux variantes :

- pose avec profilés de maintien horizontal et profilés de jonction : les profilés de jonction sont placés dans la rainure verticale des tranches latérales des panneaux isolants (Figure 15) ; ces profilés ne sont pas fixés au support ;
- pose avec profilés de maintien horizontal et profilés de maintien vertical : les profilés de maintien vertical sont placés dans la rainure verticale des tranches latérales des panneaux, puis fixés au support (Figure 16).

Le profilé de maintien horizontal est ensuite introduit dans la rainure horizontale supérieure des panneaux et fixé au support. Les profilés horizontaux ne doivent pas être accolés bout à bout. Un espace de 2 à 3 mm doit être respecté.



▲ Figure 15 – Fixation des panneaux isolants par profilés : utilisation de raidisseurs



▲ Figure 16 – Fixation des panneaux isolants par profilés : utilisation de profilés de maintien vertical

La fixation de l'ensemble des profilés de maintien est réalisée avec des chevilles à collerette conformes au §(cf 4.4.2) du présent document. Le diamètre des chevilles doit être adapté aux perforations des profilés. L'espacement entre chevilles doit être inférieur ou égal à 30 cm. Une fixation doit se trouver à 50 mm maximum des extrémités.

La rectitude des profilés est constamment vérifiée lors de leur fixation et les différences de planéité des supports sont, si nécessaire, rattrapées au moyen de cales, dans la limite des tolérances indiquées au §(cf. 6.1.2) du présent document.

Au niveau des arrêts du système (arrêts latéraux, jonction des baies, butées en sous-face, angles, etc.), les panneaux isolants sont maintenus :

- soit avec des chevilles à rosace conformes au §(cf. 4.4.1) du présent document, à raison d'au moins 4 chevilles par mètre linéaire et au moins 2 chevilles par panneau entier, sans calage préalable ;
- soit avec un profilé d'arrêt latéral.

NOTE

Les chevilles à rosace employées pour la fixation aux points singuliers ne nécessitent pas d'essais *in situ* de traction selon l'[ANNEXE I] du présent document.



7.3. • Renforts des points singuliers

Des renforts d'arête sont mis en place sur tous les angles du système :

- par collage avec l'enduit de base si l'armature normale du système est en fibres de verre ;
- par agrafage si l'armature normale du système est métallique.

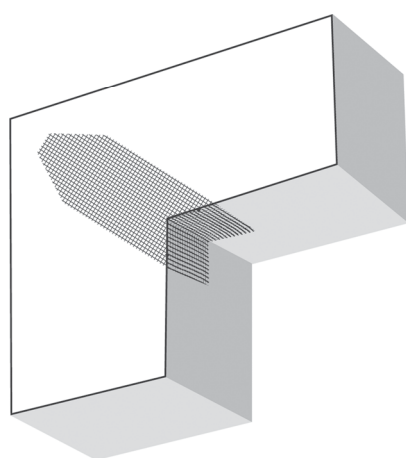
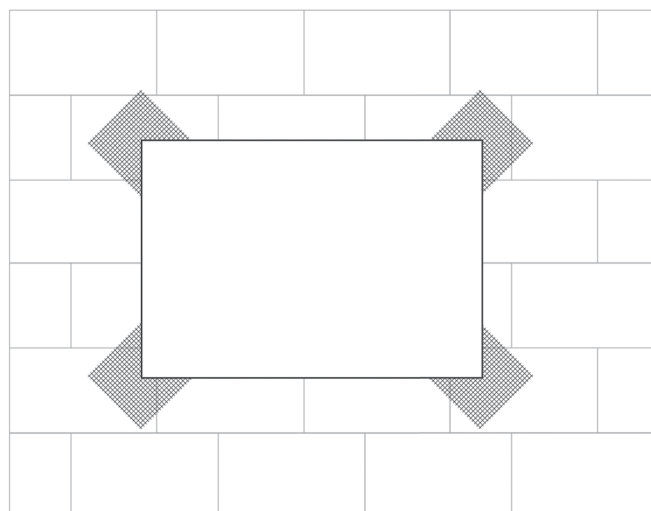
Pour le traitement des angles horizontaux en sous-face (voissures par exemple), des profilés munis d'un nez goutte d'eau doivent être employés.

Dans le cas d'un enduit de base mince, les renforts d'arête sans armature sont toujours posés sous l'armature normale.

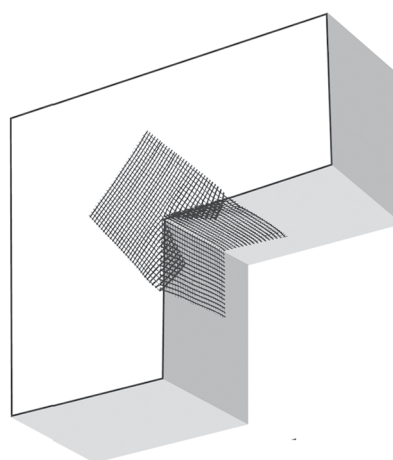
Dans tous les cas, il y a lieu d'assurer la continuité de l'armature dans les angles : soit par un retour d'armature normale supérieur à 20 cm, soit par une superposition de l'armature normale avec l'armature du renfort d'arête.

Les jonctions entre renforts d'arête ne doivent en aucun cas coïncider avec les joints entre panneaux isolants.

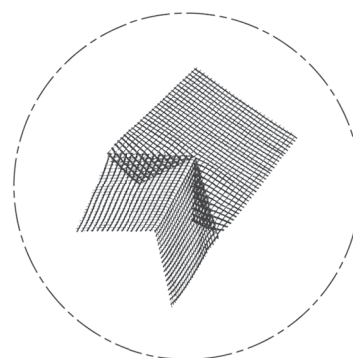
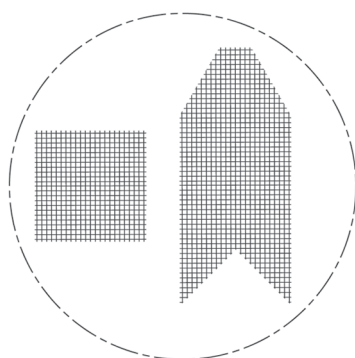
Avant la réalisation de la couche de base armée, des pièces d'armature de dimensions minimales 30 x 30 cm (appelés « mouchoirs ») doivent être posées aux angles des baies, à chaque découpe de l'isolant en « L », et aux jonctions entre tableau et voissure, dans l'épaisseur du tableau (Figure 17). Ces pièces sont soit découpées sur le chantier dans le treillis, soit prédécoupées en usine. Il existe également des pièces d'armature rigides préformées tridimensionnelles qui facilitent le traitement des angles des baies ; la partie de l'armature en contact avec la face extérieure de l'isolant doit être de dimensions minimales 20 x 20 cm. Si une armature métallique est employée en partie courante, elle est généralement mise en place avant la pose des mouchoirs.



Renfort prédécoupé (deux pièces)



Renfort préformé 3D (une pièce)



▲ Figure 17 – Renforts aux angles des baies

Des pièces d'armature doivent également être posées au niveau des jonctions entre profilés métalliques : profilés de départ, profilés d'arrêt latéral, etc.

Les pièces d'armature sont mises en place par collage avec l'enduit de base ou par agrafage dans le cas d'un treillis métallique.



7.4. • Réalisation de la couche de base armée

L'enduit de base doit être appliqué rapidement après la pose de l'isolant pour éviter les risques de dégradation superficielle (poudrage, jaunissement, etc.)^(1). Sinon il est indispensable de poncer l'isolant sur l'ensemble de la surface avant recouvrement.

L'enduit de base est préparé en respectant les indications du fabricant. Les prescriptions données ci-avant (cf. 7.2.2) pour la préparation de la colle, sont applicables à l'enduit de base.

La couche de base armée est réalisée en une seule passe ou en plusieurs passes, chaque passe étant appliquée après durcissement ou non de la précédente. Les passes sont appliquées manuellement ou projetées à l'aide d'une machine, suivant les indications du fabricant.

NOTE

Si la couche de base est réalisée en plusieurs passes et qu'un délai de séchage entre les passes d'enduit de base est préconisé, il ne doit pas être trop important de façon à assurer une bonne adhérence entre passes.

L'enduit de base ne doit en aucun cas être utilisé pour remplir les joints ouverts entre panneaux isolants. Le traitement des éventuels joints ouverts doit être réalisé préalablement, conformément aux indications du §(cf. 7.2.1) du présent document.

La consommation minimale d'enduit de base et le temps d'attente avant opération suivante, indiqués par le fabricant, doivent être respectés.

La configuration de la couche de base armée diffère selon le degré d'exposition aux chocs de la façade, comme indiqué au §(cf. 5.7.2) du présent document. Il existe trois configurations possibles :

- « simple armature normale » (ST) ;
- « double armature normale » (DT) ;
- « armature renforcée + armature normale » (ARS).

7.4.1. • Configuration en « simple armature normale » (ST)

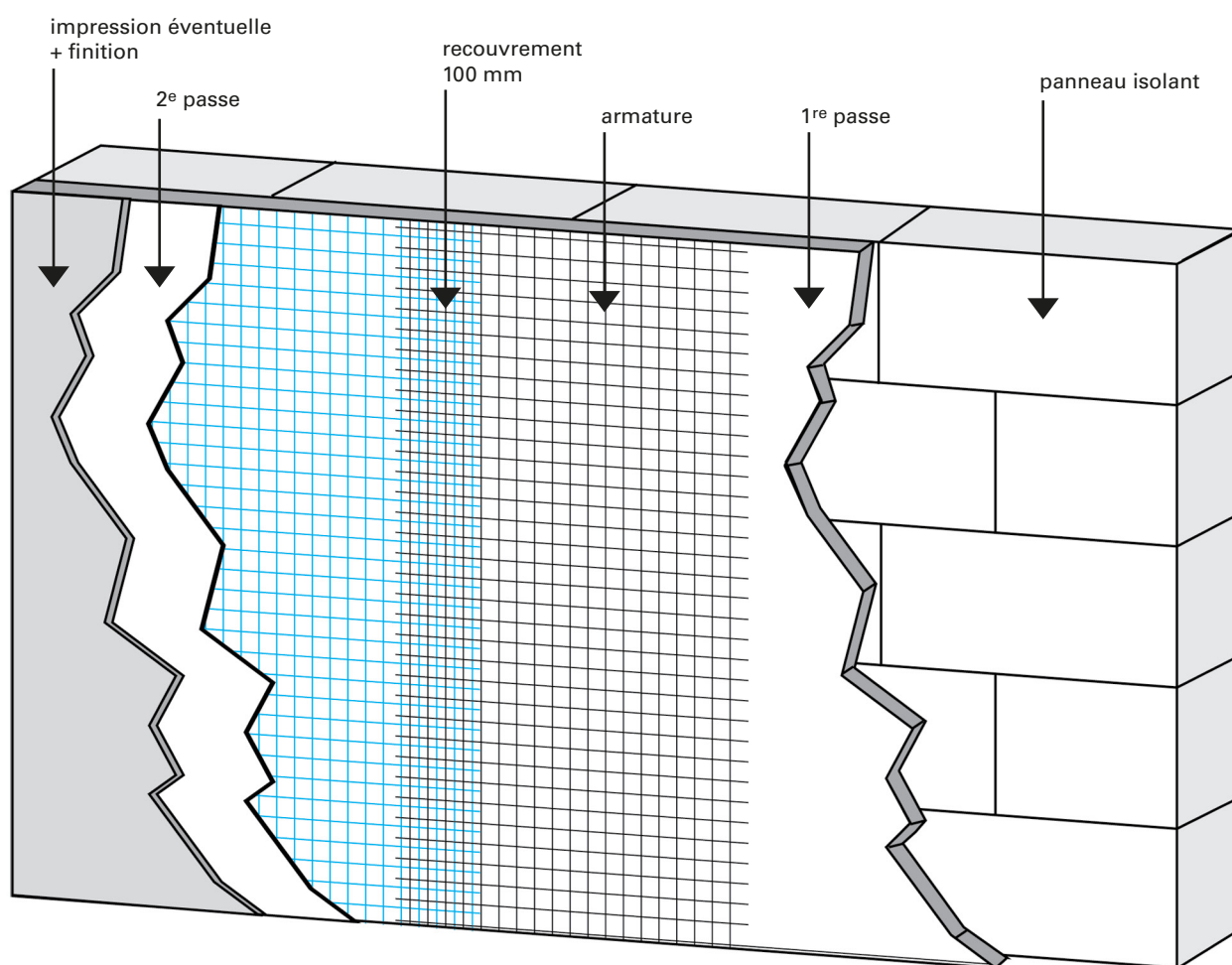
Cette configuration concerne les procédés avec treillis en fibres de verre (enduits de base minces et épais) et les procédés avec treillis métalliques (enduits de base épais).

■ 1 Ce risque peut exister après environ 4 jours en période de fort ensoleillement.



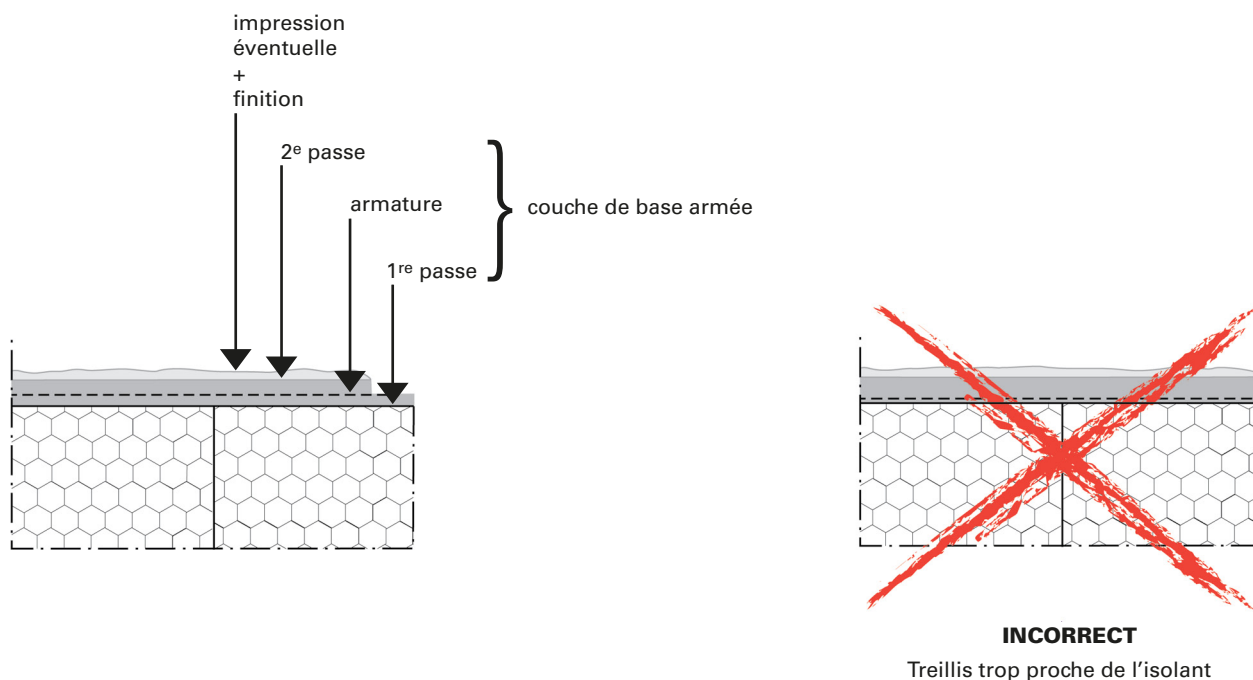
7.4.1.1. • Couche de base avec treillis en fibres de verre

La couche de base est généralement réalisée en plusieurs passes. Après mise en place des panneaux isolants et des renforts aux points singuliers, la surface des panneaux est enduite et l'armature marouflée dans la couche fraîche à l'aide d'une lisseuse inox. Afin d'assurer la continuité de l'armature, il faut prévoir un chevauchement de 10 cm environ aux joints des lés (Figure 18), sans jamais descendre en-dessous de 5 cm, et en enveloppant bords et angles dans le cas de renforts d'arête par cornière sans toile de verre.



▲ Figure 18 – Mise en place des armatures normales (la trame des armatures et l'épaisseur des enduits ont été volontairement grossies pour la clarté du dessin)

Le treillis en fibres de verre ne doit jamais être positionné directement sur l'isolant (Figure 19).



▲ Figure 19 – Positionnement du treillis en fibres de verre dans l'enduit de base

Une deuxième passe d'enduit de base est appliquée et serrée (après durcissement ou non de la première passe), de façon à enrober totalement l'armature (le « spectre » de l'armature ne doit plus être visible).

7.4.1.2. • Couche de base avec treillis métallique

L'armature est agrafée ou chevillée sur l'isolant avant l'application de l'enduit de base. Comme pour les treillis en fibres de verre, il est nécessaire de prévoir un chevauchement de 10 cm environ aux joints des lés (Figure 18), sans jamais descendre en-dessous de 5 cm. L'enduit est ensuite projeté mécaniquement (le plus souvent) en une seule passe régulière sur la surface des panneaux, puis serré à la règle crantée.

Si la surface de l'isolant présente des rainures d'accrochage, il est conseillé de remplir ces rainures lors de la projection de l'enduit.

7.4.2. • Configuration en « double armature normale » (DT)

Cette configuration concerne uniquement les procédés avec treillis en fibres de verre.

L'isolant est recouvert d'une première passe d'enduit de base dans laquelle est marouflée une armature normale, comme indiqué ci-avant (cf. 7.4.1.1). Après durcissement ou non, est appliquée une deuxième passe d'enduit de base et marouflée une deuxième armature normale (armature du système), posée à joints croisés ou décalés.

Une troisième passe d'enduit vient ensuite enrober l'armature, après durcissement ou non de la deuxième passe.

**NOTE**

Les trois passes ne peuvent pas être appliquées « frais dans frais » : en fonction de l'organisation du chantier, un séchage doit avoir lieu soit entre la première et la deuxième passe, soit entre la deuxième et la troisième passe.

7.4.3. • Configuration en « armature renforcée + armature normale » (ARS)

Cette configuration concerne uniquement les procédés avec treillis en fibres de verre, pour le traitement des façades particulièrement exposées aux chocs. L'armature renforcée est mise en œuvre sur une hauteur minimale de 2 m par rapport au niveau du sol, comme indiqué ci-après.

Après mise en place des panneaux isolants et des renforts au niveau des jonctions entre profilés métalliques et avant collage des renforts d'angle, la surface des panneaux est grassement enduite avec l'enduit de base. Puis, dans la couche fraîche, l'armature renforcée est appliquée à l'aide de la lisseuse inox. Les raccordements des lés d'armature renforcée se font à joints vifs (sans chevauchement) en partie courante et en angle. Les renforts d'angle sont ensuite posés par-dessus l'armature renforcée.

Après durcissement, les surfaces renforcées sont traitées comme les surfaces courantes : la surface est enduite avec l'enduit de base dans lequel on maroufle l'armature normale, en prenant soin de ne pas superposer les joints de l'armature normale avec ceux de l'armature renforcée et en respectant les recouvrements des lés. Une dernière passe vient ensuite enrober l'armature normale, après durcissement ou non de la deuxième passe.

7.5. • Réalisation de la couche de finition

7.5.1. • Application du produit d'impression

Lorsqu'un produit d'impression est prévu, il est généralement appliqué au rouleau ou à la brosse. La consommation minimale et le temps de séchage avant application de la finition, indiqués par le fabricant, doivent être respectés.

7.5.2. • Application de l'enduit de finition

L'enduit de finition est appliqué conformément aux indications du fabricant. Les prescriptions relatives à la préparation, à la DPU (le cas échéant), au mode d'application, à la consommation minimale et au temps de séchage avant revêtement décoratif (le cas échéant) doivent être respectées.

Les aspects les plus couramment rencontrés en finition mince sont les aspects taloché, ribbé/grésé, taloché éponge et granulats apparents.

Les aspects les plus couramment rencontrés en finition hydraulique épaisse sont les aspects gratté, brut de projection, brut-écrasé et granulats projetés.

Les finitions hydrauliques épaisses ne nécessitent généralement pas l'application préalable d'un produit d'impression. La dernière passe d'enduit de base est souvent finie rugueuse (à l'aide d'une taloche crantée ou d'une règle crantée par exemple), afin de favoriser l'accroche de la finition, sauf indication contraire du fabricant.

NOTE

Pour les finitions hydrauliques (minces ou épaisses), les taux de gâchage et les durées de malaxage doivent être constants afin d'éviter les différences de teinte après séchage.

7.5.3. • Application du revêtement décoratif

Lorsqu'un revêtement décoratif est prévu, il est généralement appliqué au rouleau ou à la brosse. La consommation minimale et le nombre de couches à appliquer, indiqués par le fabricant, doivent être respectés.

7.6. • Planéité d'ensemble

L'écart de planéité d'ensemble du procédé, mesuré à la règle de 2 m, ne doit pas dépasser 7 mm.



Traitement des points singuliers et des interfaces

8



8.1. • Principes généraux

Ce chapitre regroupe les figures illustrant les solutions de principe pour la conception et la réalisation des principaux points singuliers rencontrés dans le traitement des bâtiments, en travaux neufs comme en rénovation.

Pour la mise en œuvre des procédés autour des fenêtres et portes-fenêtres, on se reportera au « Guide de mise en œuvre des menuiseries extérieures avec une ITE en neuf et en rénovation (guide RAGE).

Les solutions proposées dans ce chapitre ne constituent pas une liste exhaustive. D'autres solutions peuvent être utilisées, à condition que leur conception respecte les mêmes principes généraux :

- protection contre les pénétrations d'eau aux raccordements avec les autres parties de l'ouvrage ;
- réalisation de goutte d'eau en partie basse ;
- largeur suffisante de recouvrement des profilés perforés aux arrêts du revêtement.

Par ailleurs, lorsque les réglementations incendie et/ou sismique sont applicables, le traitement des points singuliers doit tenir compte des conditions spécifiques induites par ces réglementations.

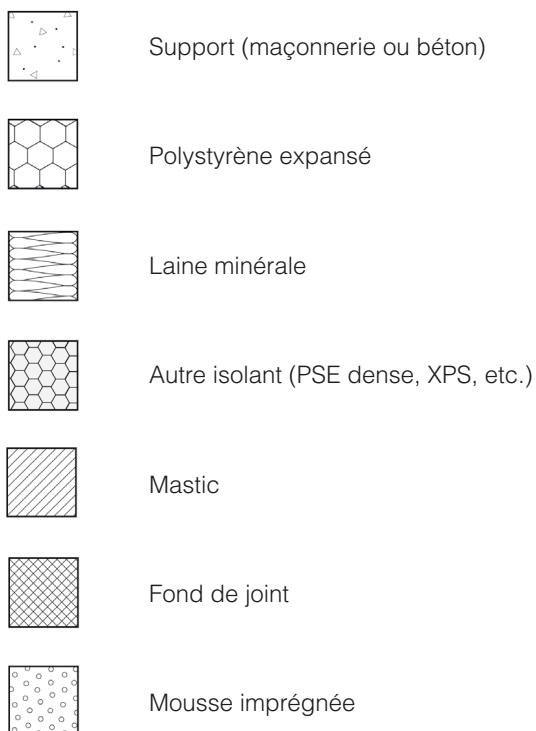
Les figures de ce chapitre s'appliquent aux différents modes de fixation de l'isolant au support (collage, fixation mécanique par profilés ou fixation mécanique par chevilles). De ce fait, la fixation de l'isolant n'est pas représentée. Ces schémas sont valables pour les supports neufs et pour les supports existants. Dans ce dernier cas, l'éventuel revêtement (peinture, revêtement organique ou minéral, etc.) n'est pas représenté.



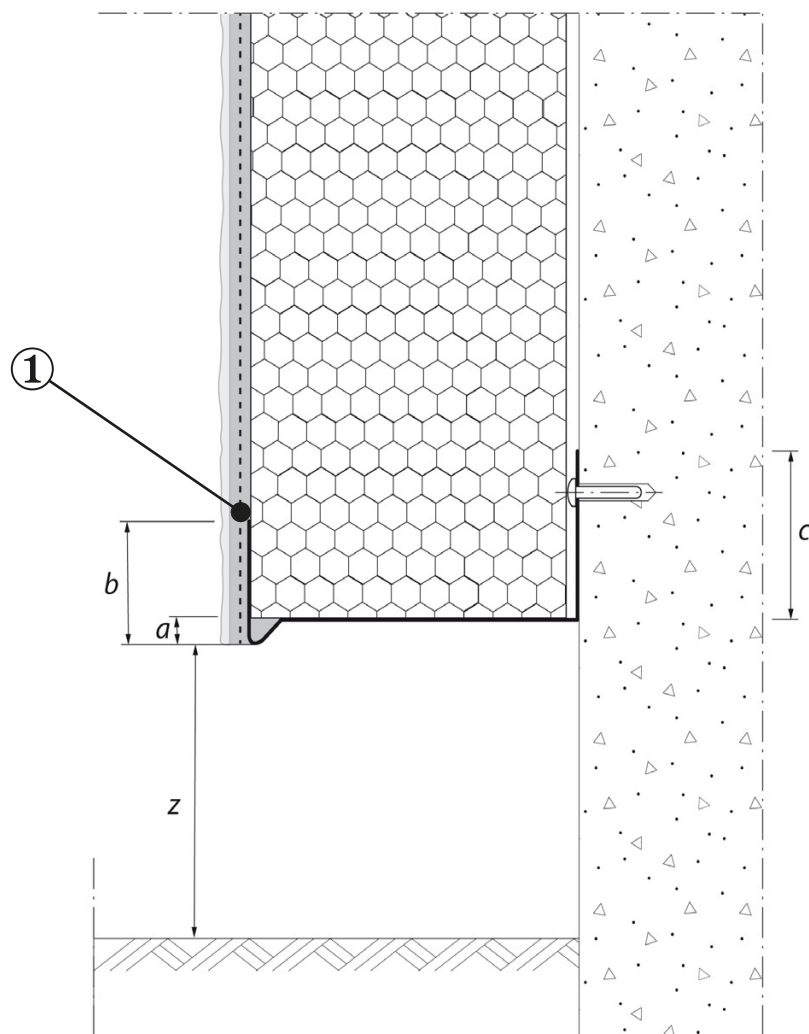
8.2. • Carnet de détails

Le carnet de détails est composé de six parties :

- départs en partie basse ;
- arrêts ;
- angles ;
- joints ;
- raccordement avec d'autres procédés d'ITE ;
- raccordement avec des équipements.



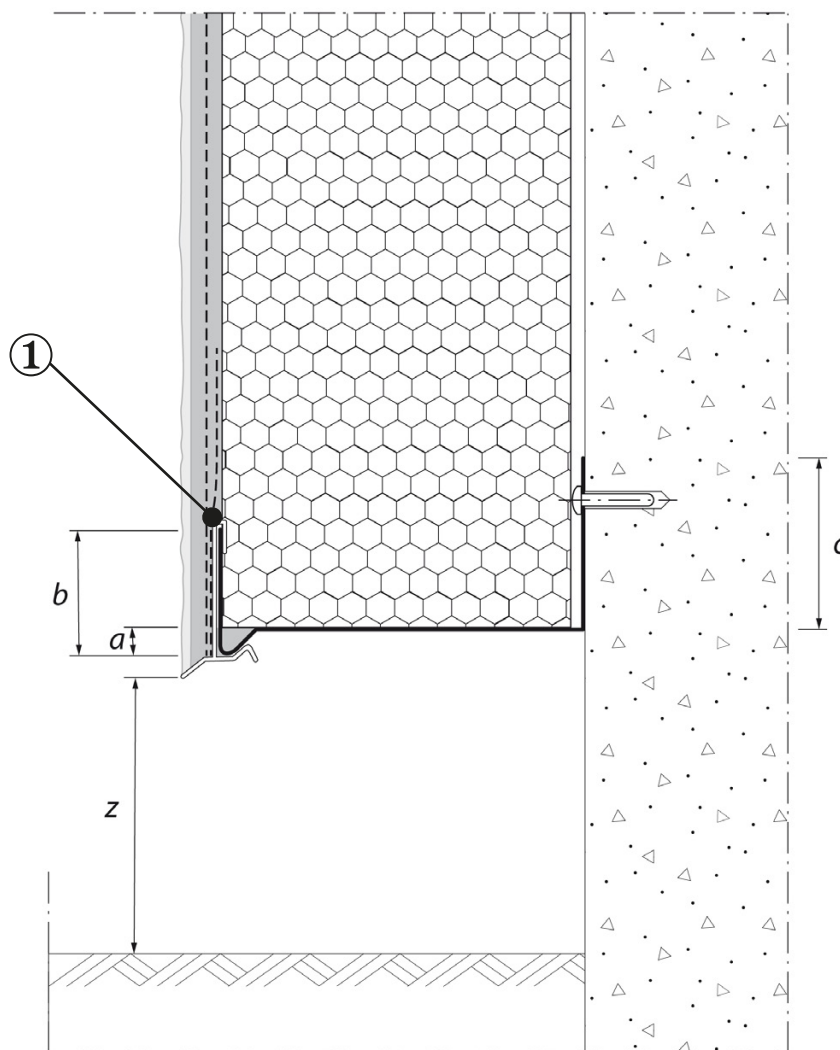
▲ Figure 20 : Nomenclature



- $a \geq 5 \text{ mm}$
 - $b \geq 20 \text{ mm}$
 - $c \geq 35 \text{ mm}$
 - $z \geq 150 \text{ mm}$
- 1 : rail de départ

▲ Figure 21 : Départ en partie basse, variante 1

Selon l'exposition aux chocs de la façade, cette solution peut être réalisée avec simple armature normale, avec double armature normale ou avec armature renforcée + armature normale.

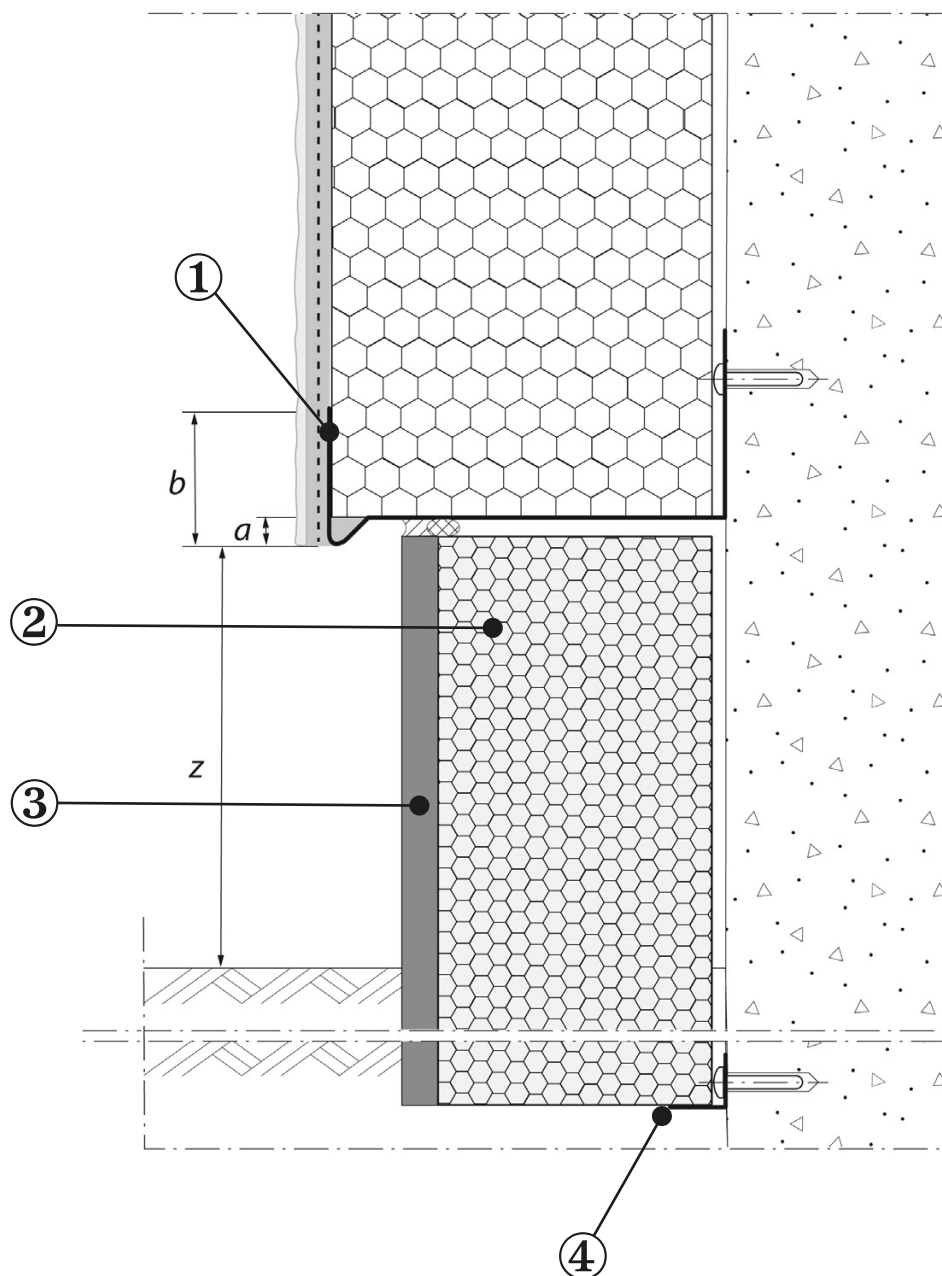


$a \geq 5 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$
 $c \geq 35 \text{ mm}$
 $z \geq 150 \text{ mm}$

1 : rail de départ avec profilé
 raccordable en face avant

▲ Figure 22 : Départ en partie basse, variante 2

Selon l'exposition aux chocs de la façade, cette solution peut être réalisée avec simple armature normale, avec double armature normale ou avec armature renforcée + armature normale.



$a \geq 5 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$
 $z \geq 150 \text{ mm}$

1 : rail de départ
 2 : isolant en partie enterrée
 3 : protection (plaque manufacturée
 ou système d'enduit adapté)
 4 : cornière simple (facultative)

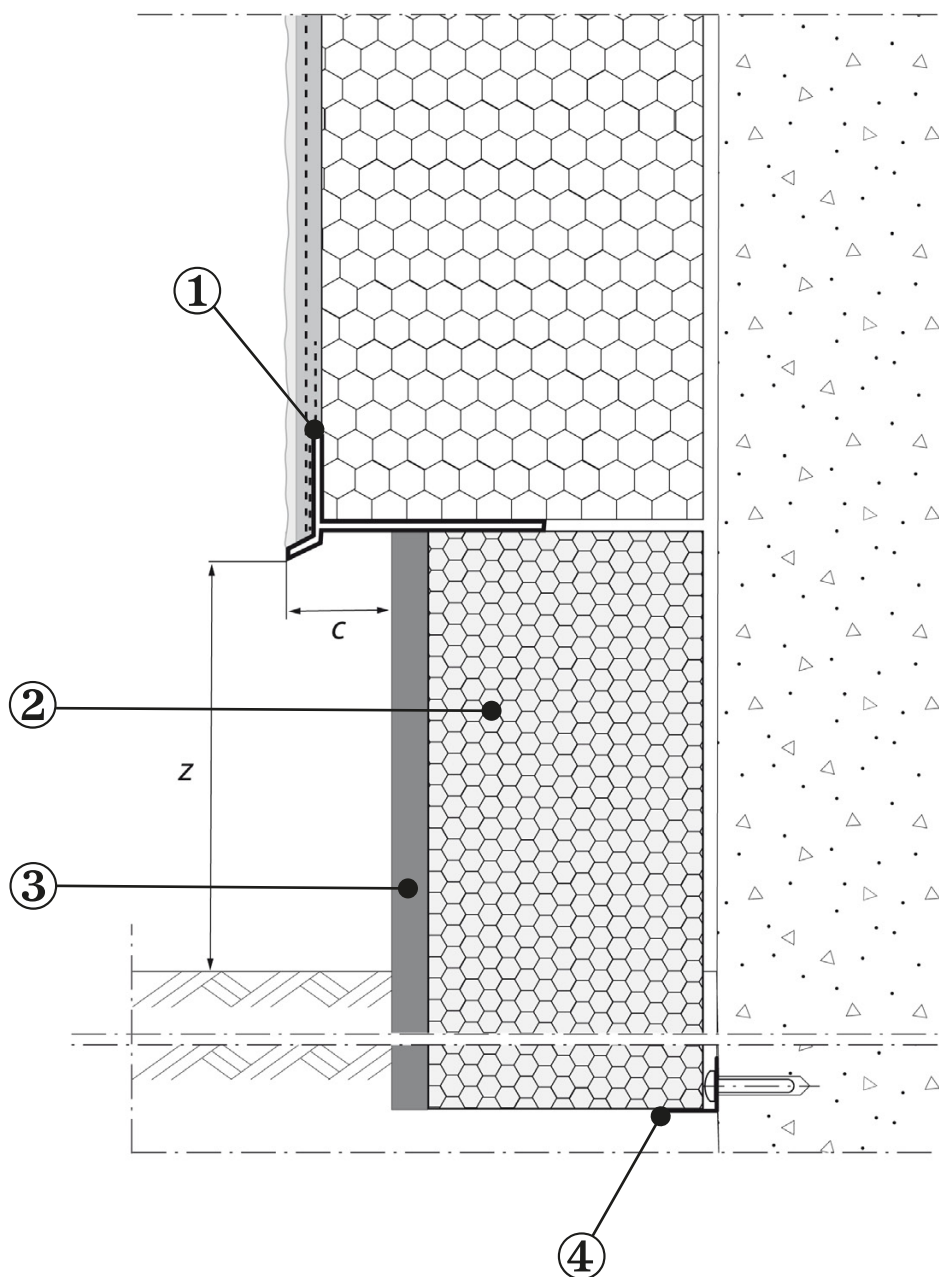
▲ Figure 23 : Départ en partie enterrée, variante 1

La cornière simple sert à l'alignement et au maintien provisoire des panneaux isolants avant remblayage.

La désolidarisation entre l'isolant en partie enterrée et le profilé de départ est réalisée avec un mastic sur fond de joint ou une bande de mousse imprégnée pré-comprimée.

L'isolation de la partie enterrée en présence de revêtement d'étanchéité n'est pas traitée dans ce document. Néanmoins, la nature et les caractéristiques de l'isolant en partie enterrée doivent être conformes

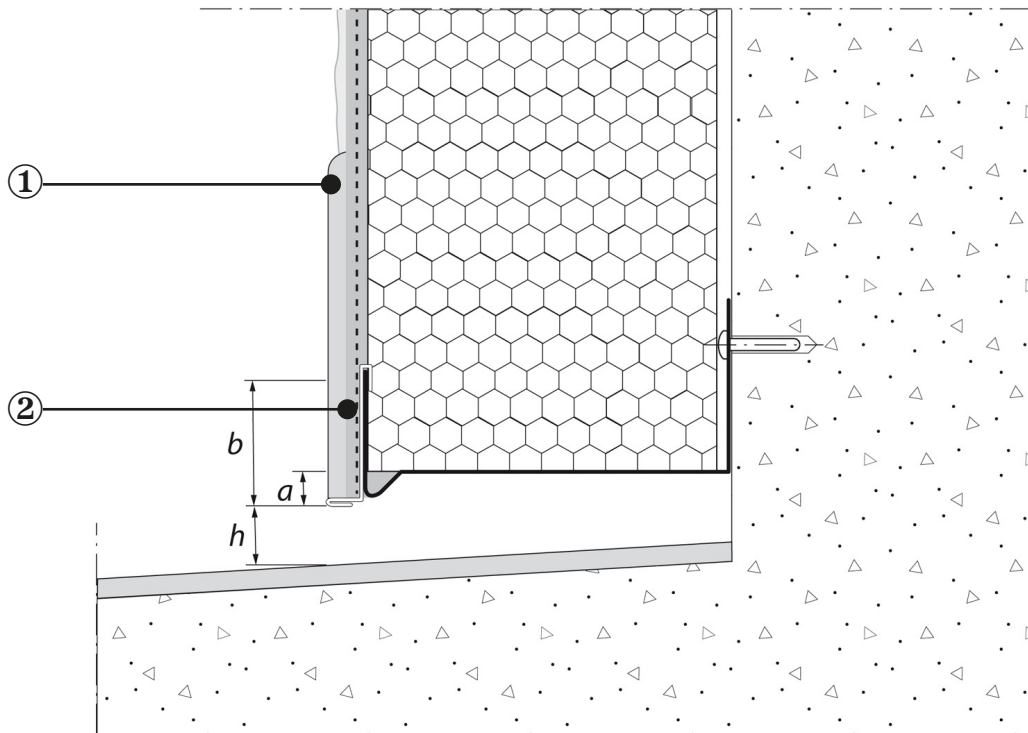
aux « Recommandations Professionnelles de la CSFE pour l'isolation thermique par l'extérieur des parois enterrées avec revêtement d'étanchéité ».



$c \geq 25 \text{ mm}$
 $z \geq 150 \text{ mm}$

- 1 : profilé de séparation horizontale
- 2 : isolant en partie enterrée
- 3 : protection (plaque manufacturée ou système d'enduit adapté)
- 4 : cornière simple (facultative)

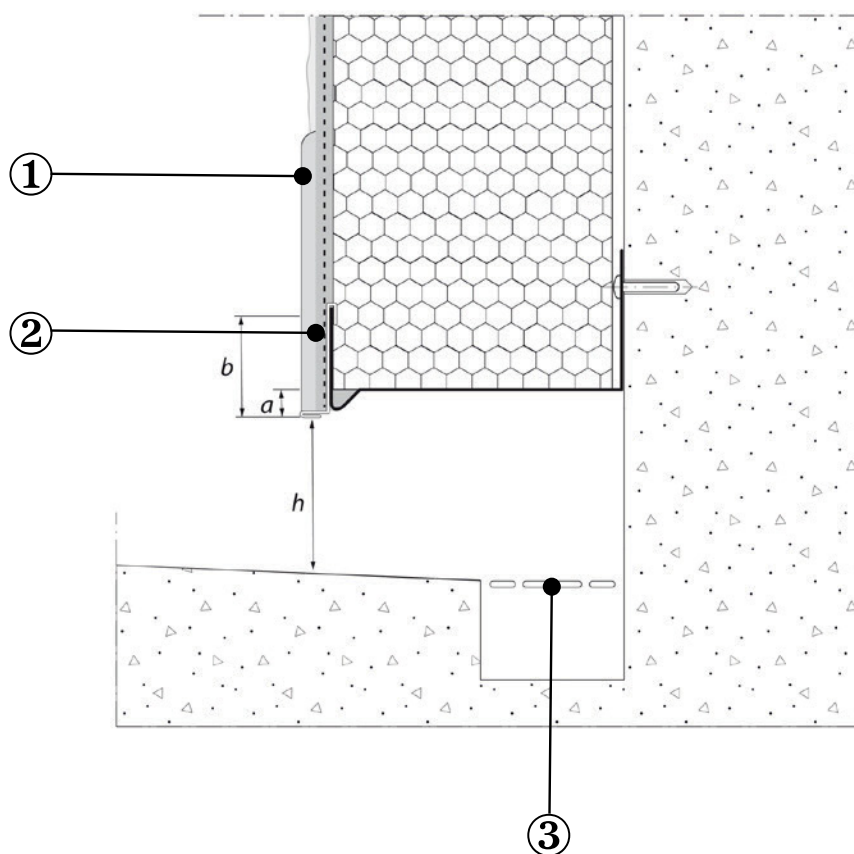
▲ Figure 24 : Départ en partie enterrée, variante 2



$a \geq 5 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$
 $h \geq 10 \text{ mm}$

1 : plinthe (carreau céramique ou similaire),
optionnelle
 2 : profilé raccordable à goutte d'eau

▲ Figure 25 : Départ sur balcon, pente extérieure

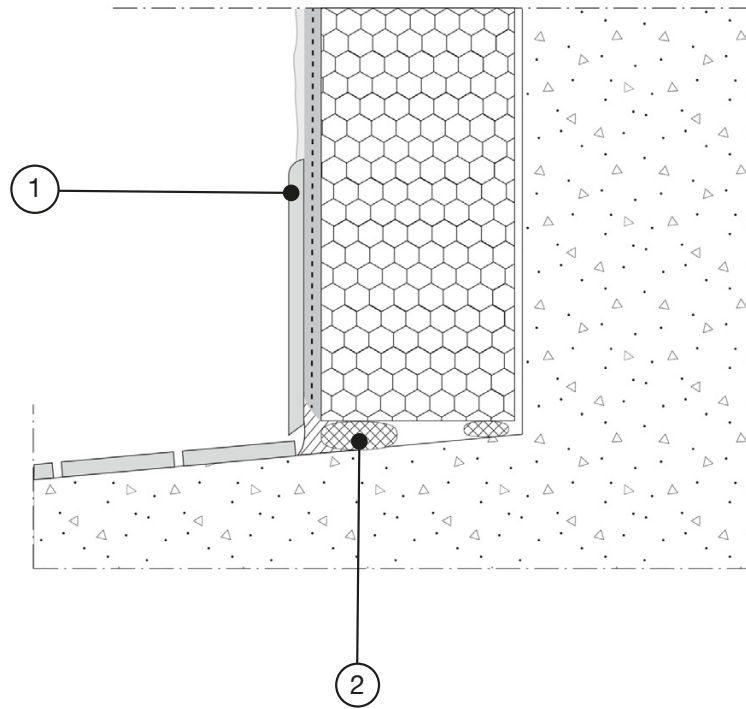


$a \geq 5 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$
 $h \geq 50 \text{ mm}$

1 : plinthe (carreau céramique ou similaire),
 optionnelle
 2 : profilé raccordable à goutte d'eau
 3 : caniveau

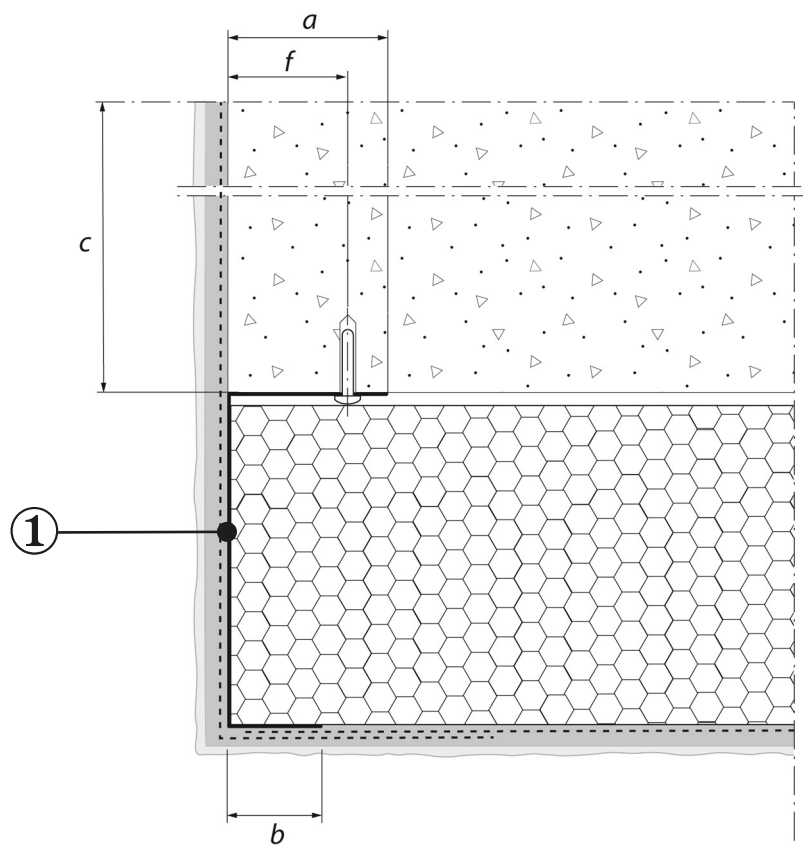
▲ Figure 26 : Départ sur balcon, pente intérieure





- 1 : plinthe (carreau céramique ou similaire), optionnelle
- 2 : fond de joint ou bande de mousse imprégnée

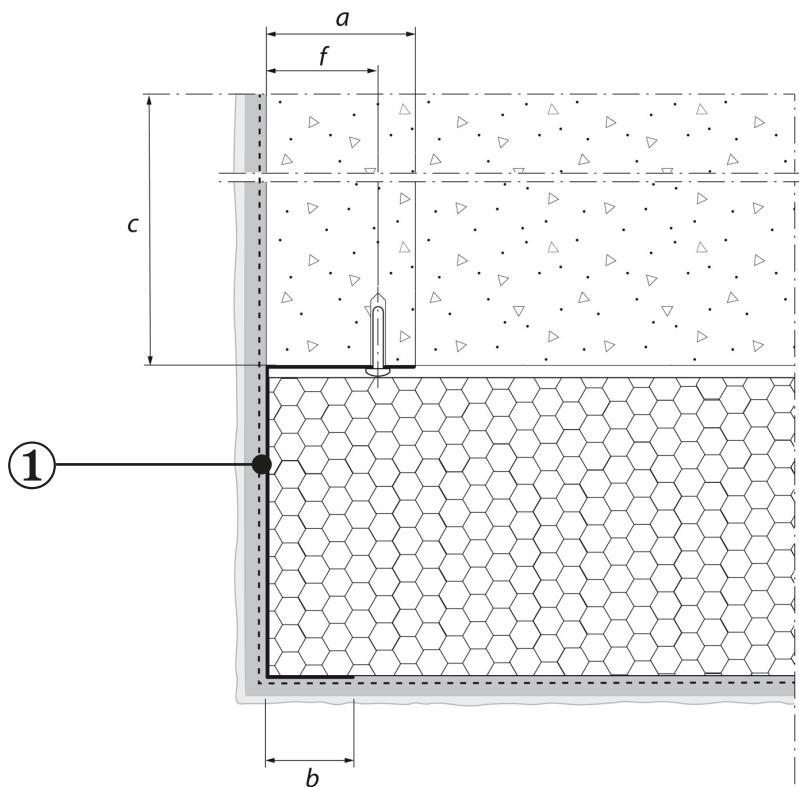
▲ Figure 27 : Départ sur terrasse ou loggia



$a \geq 45 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$
 $c \geq 200 \text{ mm}$
 $f \geq 35 \text{ mm}$

1 : profilé d'arrêt latéral perforé

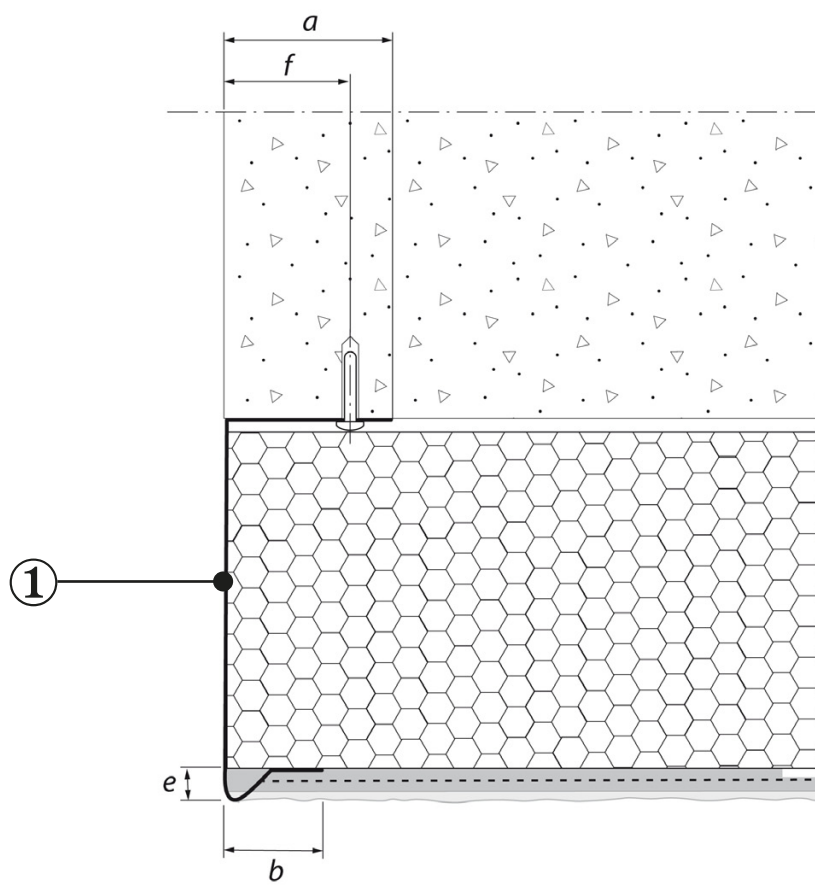
▲ Figure 28 : Arrêt latéral en angle sortant, variante 1



$a \geq 45 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$
 $c \geq 200 \text{ mm}$
 $f \geq 35 \text{ mm}$

1 : profilé d'arrêt latéral perforé

▲ Figure 29 : Arrêt latéral en angle sortant, variante 2

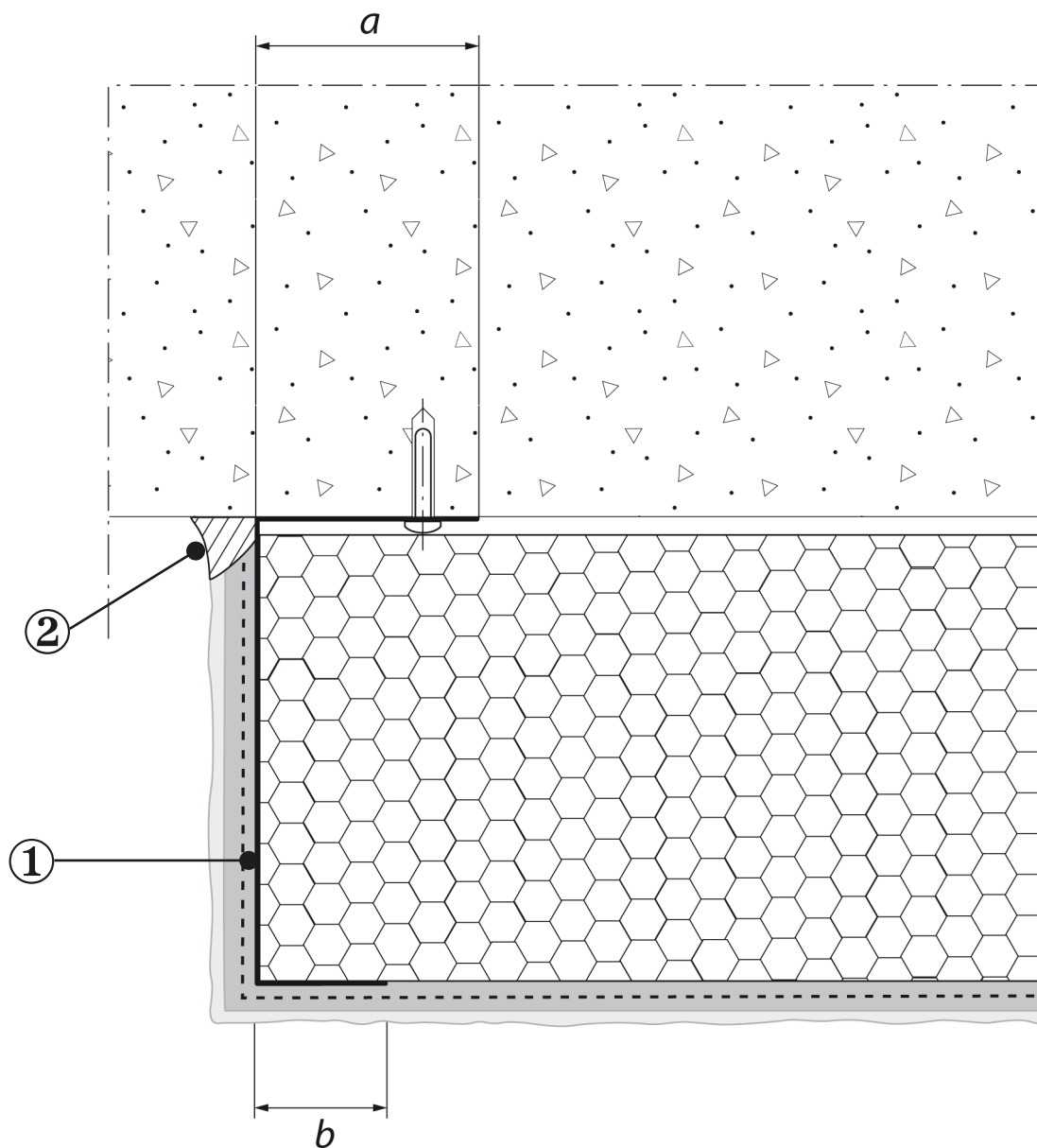


$a \geq 45 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$
 $e \geq 10 \text{ mm}$
 $f \geq 35 \text{ mm}$

1 : profilé d'arrêt latéral
 non perforé, avec ou sans
 repère d'enduit

▲ Figure 30 : Arrêt latéral en angle sortant, variante 3

Le long de l'arrêt, l'espace entre le support et le profilé d'arrêt doit éventuellement être traité avec un mastic.

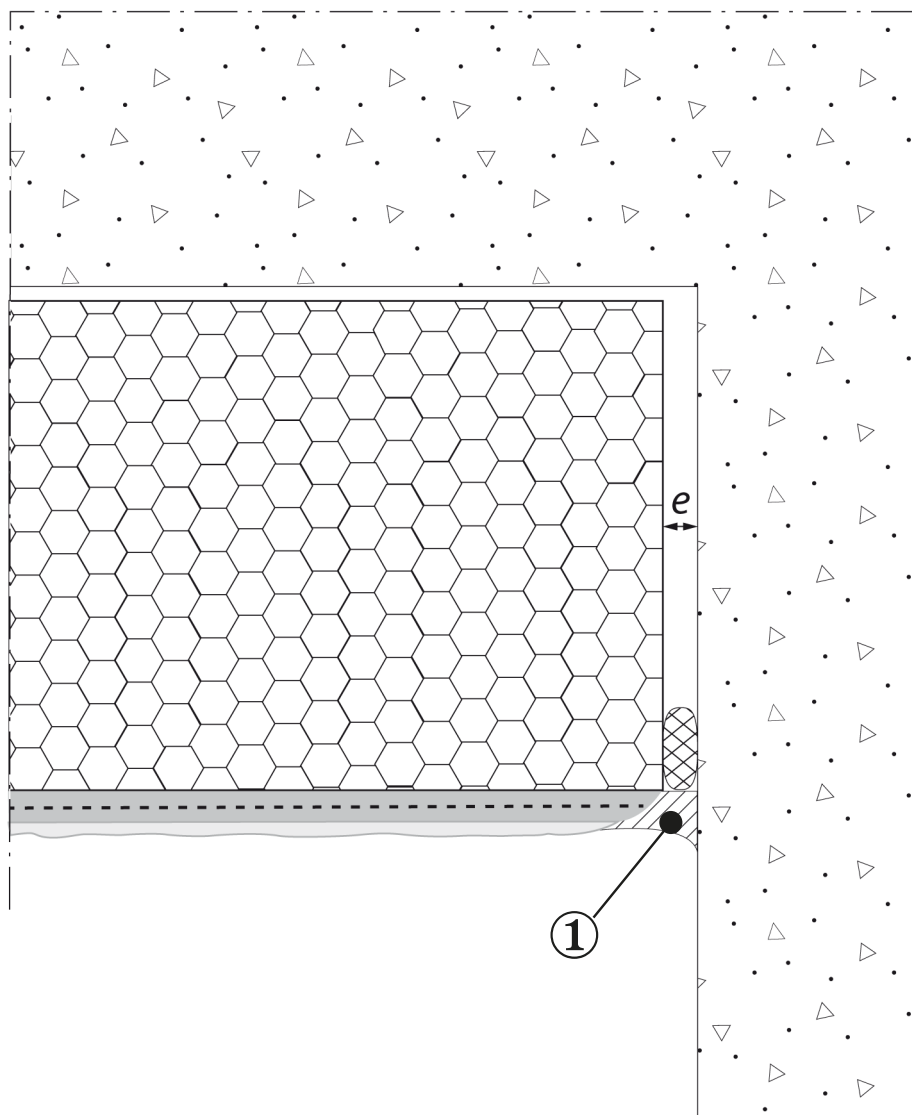


$a \geq 45 \text{ mm}$
 $b \geq 20 \text{ mm}$

1 : profilé d'arrêt latéral perforé
2 : mastic

▲ Figure 31 : Arrêt latéral – Arrêt en partie courante

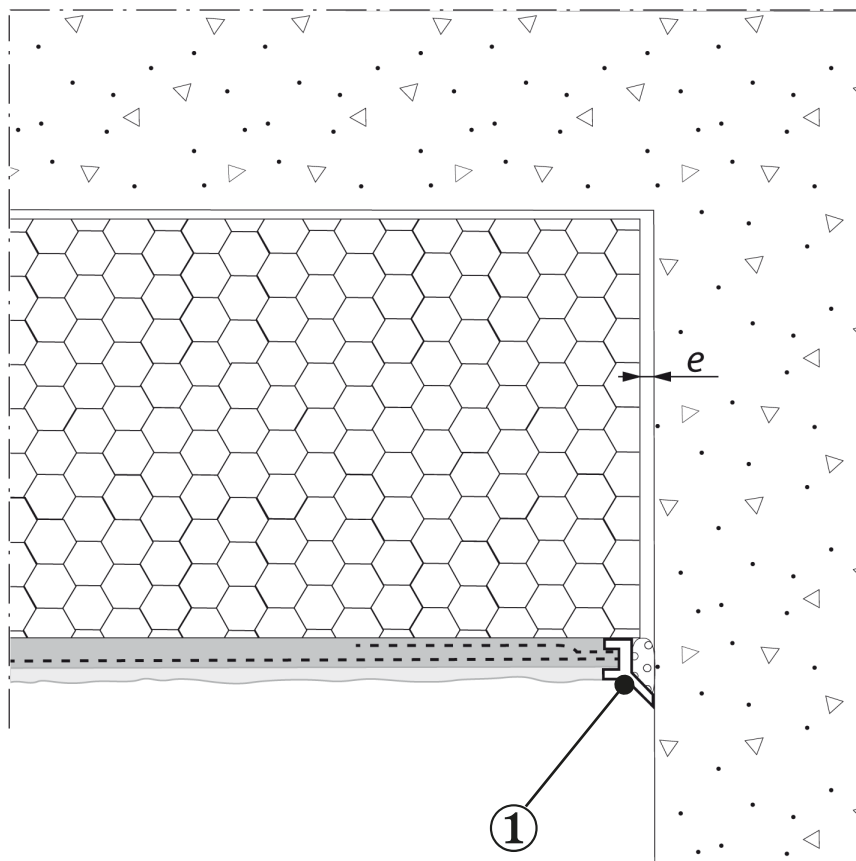
Le long de l'arrêt, l'espace entre le support et le profilé d'arrêt doit éventuellement être traité avec un mastic.



$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : mastic sur fond de joint

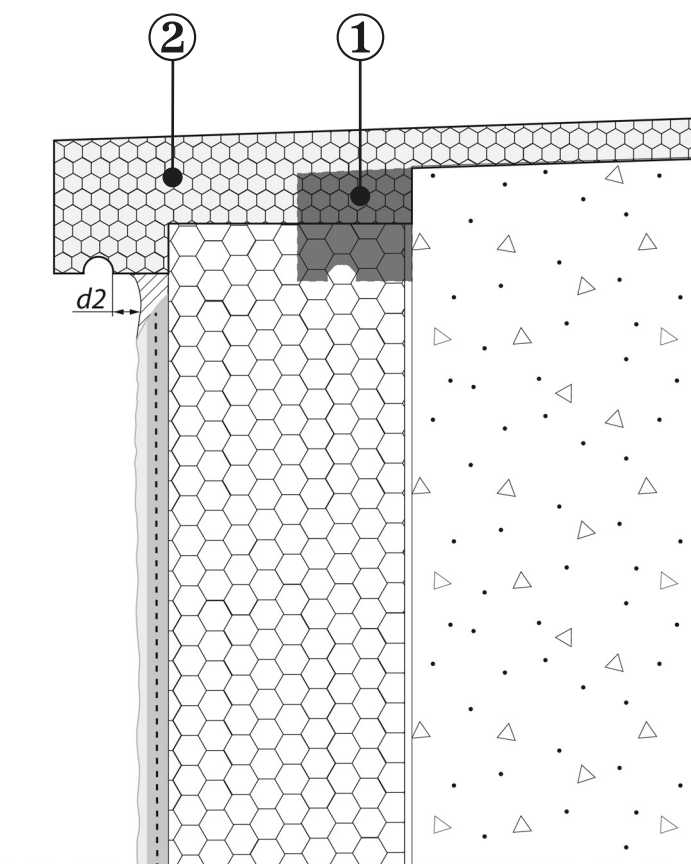
▲ Figure 32 : Arrêt sur support, variante 1



$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : profilé de raccord

▲ Figure 33 : Arrêt sur support, variante 2

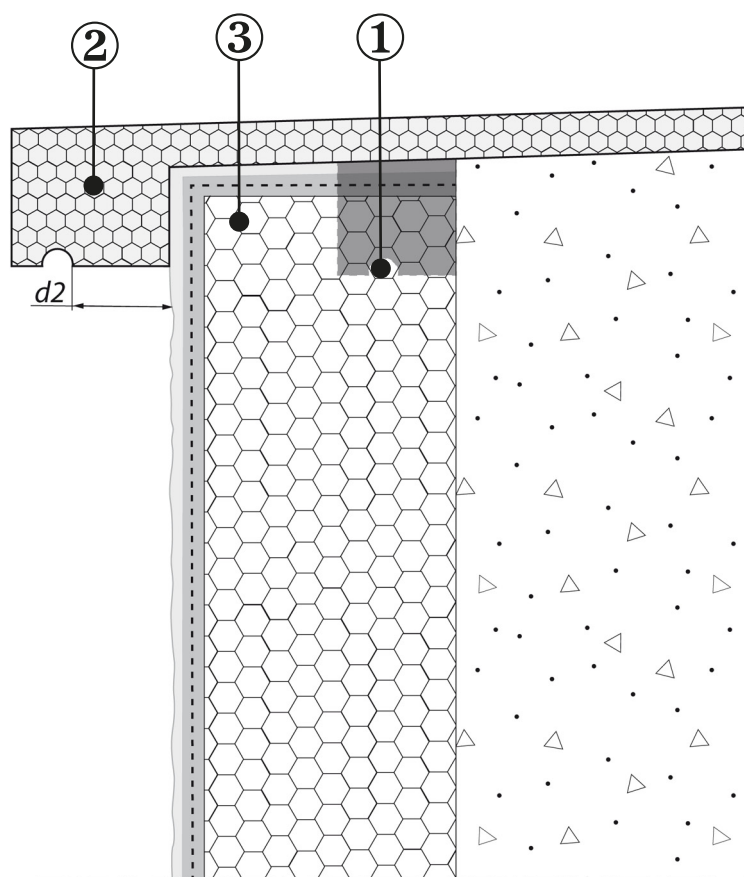


$d2 \geq 25 \text{ mm}$

1 : appui existant déposé
2 : appui isolant rapporté

▲ Figure 34 : Arrêt sous appui de baie, variante 1

Cas d'un appui rapporté devant être posé immédiatement après le procédé.

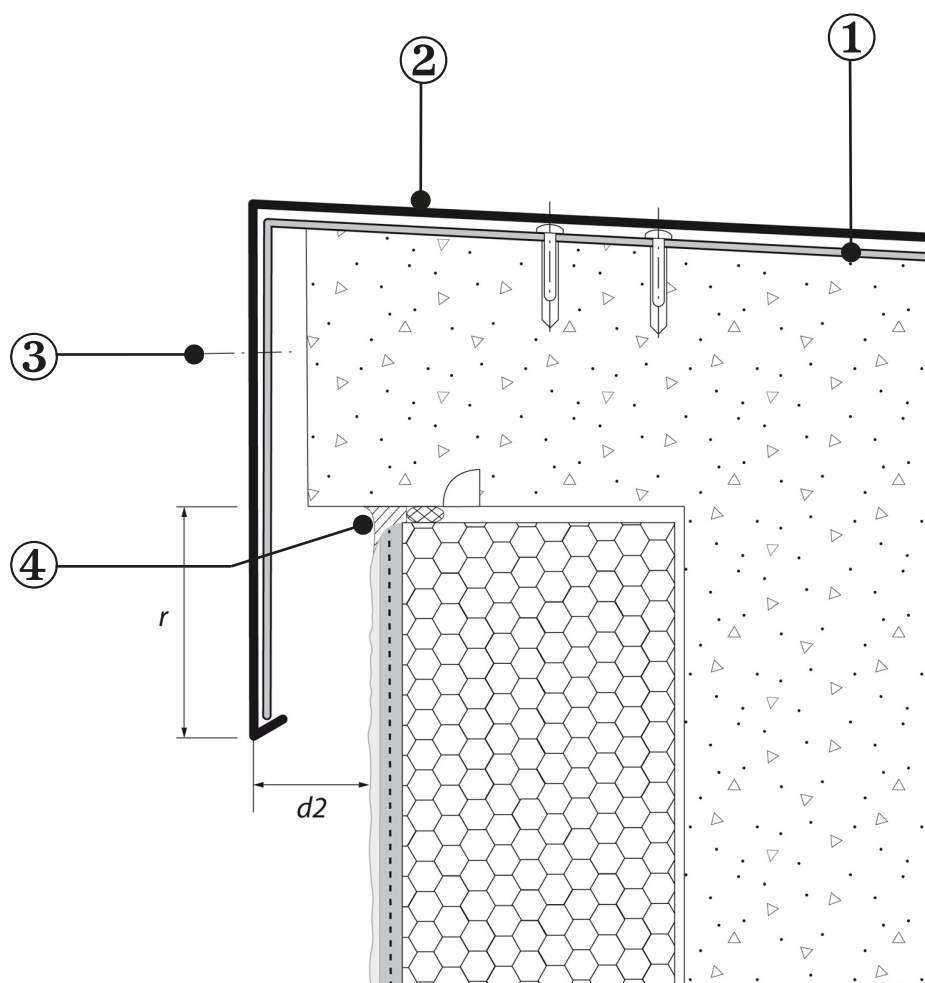


$d2 \geq 25 \text{ mm}$

- 1 : appui existant déposé
- 2 : appui isolant rapporté
- 3 : couche de base armée

▲ Figure 35 : Arrêt sous appui de baie, variante 2

Le retour de la couche de base armée sert à protéger temporairement la tranche supérieure de l'ouvrage avant la pose de l'appui rapporté.



$d2 \geq 25 \text{ mm}$

$r \geq 50 \text{ mm}$ si hauteur < 28 m

$r \geq 100 \text{ mm}$ si hauteur > 28 m ou si front de mer

1 : patte de fixation

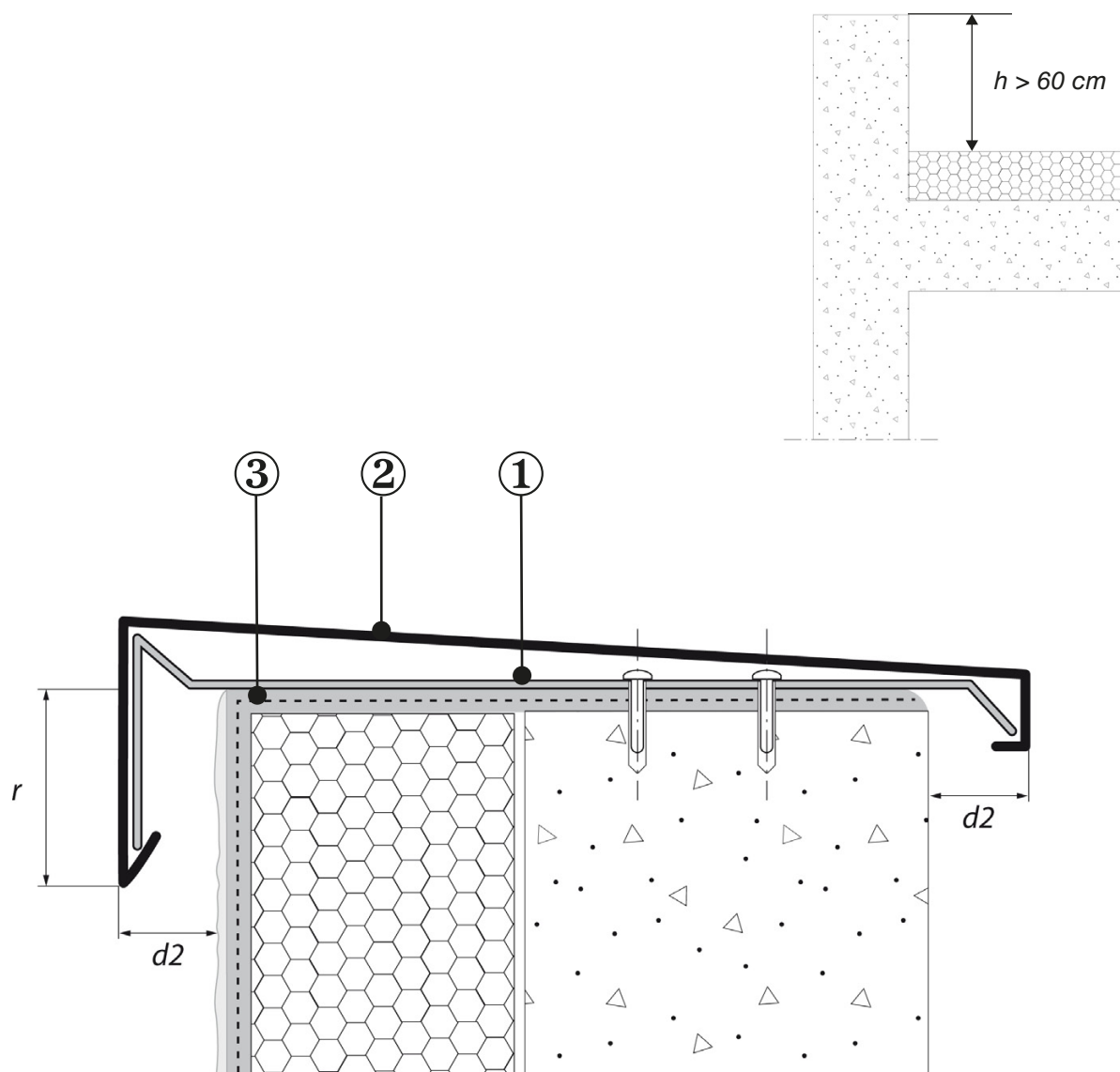
2 : couverture d'acrotère

3 : fixation

4 : mastic sur fond de joint

▲ Figure 36 : Arrêt en acrotère – Acrotère avec débord

La couverture est fixée au support, en veillant à l'étanchéité à l'eau au niveau des fixations, soit par l'emploi de vis avec rondelles d'étanchéité, soit par l'emploi de pattes de fixation sur lesquelles se clipse la couverture.



$d2 \geq 25 \text{ mm}$

$r \geq 50 \text{ mm}$ si hauteur < 28 m

$r \geq 100 \text{ mm}$ si hauteur > 28 m ou si front de mer

1 : patte de fixation

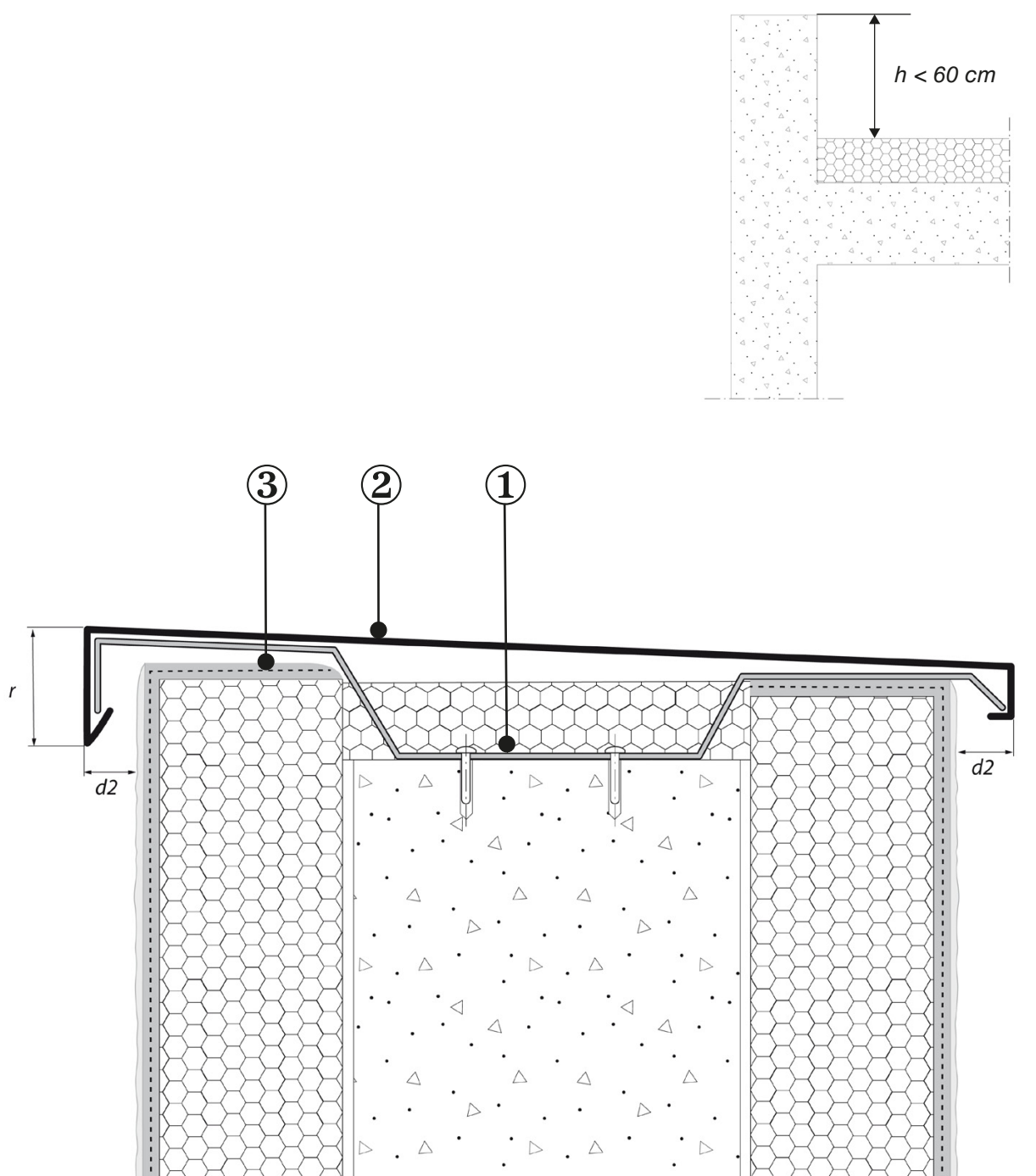
2 : couvrtine d'acrotère

3 : couche de base armée

▲ Figure 37 : Arrêt en acrotère – Acrotère sans débord, variante 1

Lorsque la dalle est isolée et si la hauteur h est supérieure à 60 cm, le traitement doit être réalisé selon la (Figure 37) ou la (Figure 38). Si la hauteur h est inférieure à 60 cm, le traitement doit être réalisé selon la (Figure 38) afin de limiter les déperditions thermiques.

Le retour de la couche de base armée sert à protéger temporairement la tranche supérieure de l'ouvrage, avant pose de la couvrtine.

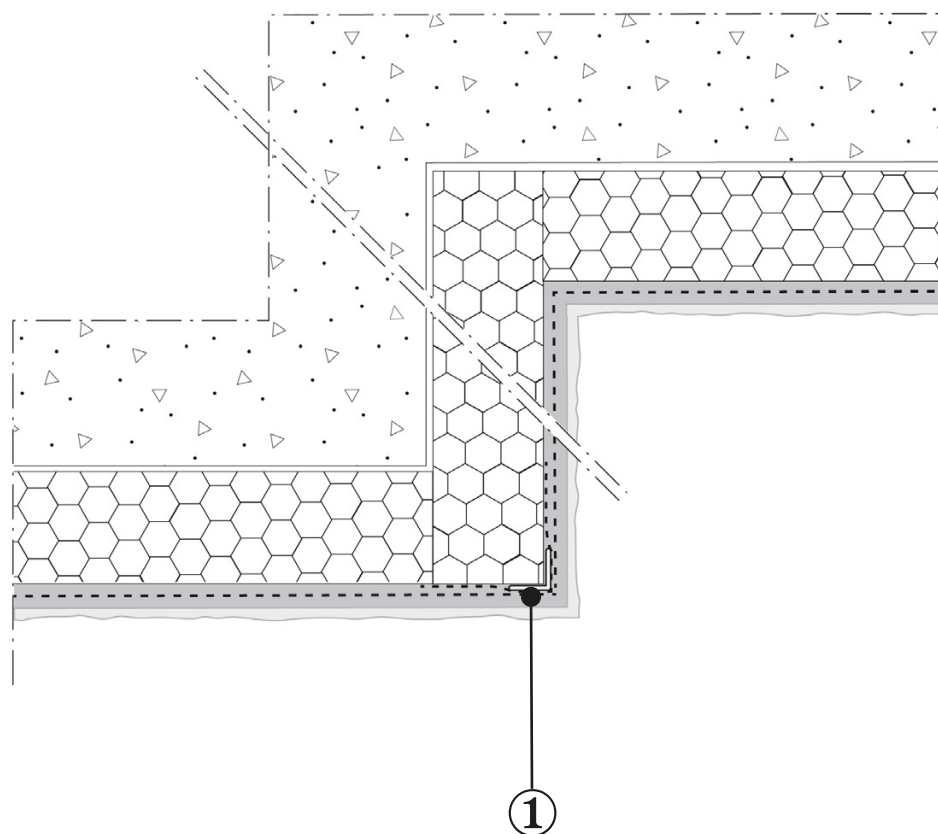


- | | |
|--|--------------------------|
| $d2 \geq 25 \text{ mm}$ | 1 : patte de fixation |
| $r \geq 50 \text{ mm}$ si hauteur < 28 m | 2 : couvrtine d'acrotère |
| $r \geq 100 \text{ mm}$ si hauteur > 28 m ou si front de mer | 3 : couche de base armée |

▲ Figure 38 : Arrêt en acrotère – Acrotère sans débord, variante 2

Lorsque la dalle est isolée et si la hauteur h est supérieure à 60 cm, le traitement doit être réalisé selon la (Figure 37) ou la (Figure 38). Si la hauteur h est inférieure à 60 cm, le traitement doit être réalisé selon la (Figure 38) afin de limiter les déperditions thermiques.

Le retour de la couche de base armée sert à protéger temporairement la tranche supérieure de l'ouvrage, avant pose de la couvrtine.

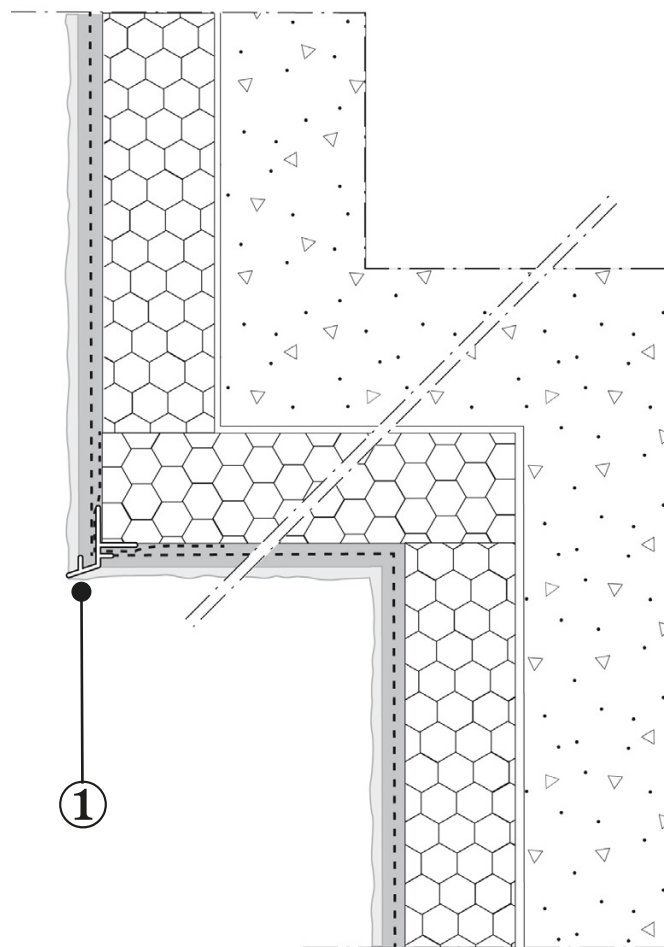


1 : cornière d'angle

▲ Figure 39 : Angles verticaux sortant et rentrant

Au niveau des angles sortants et rentrants, il doit y avoir continuité de l'armature dans la couche de base.

Veiller à ne pas endommager l'armature lors de sa mise en place dans les angles rentrants.

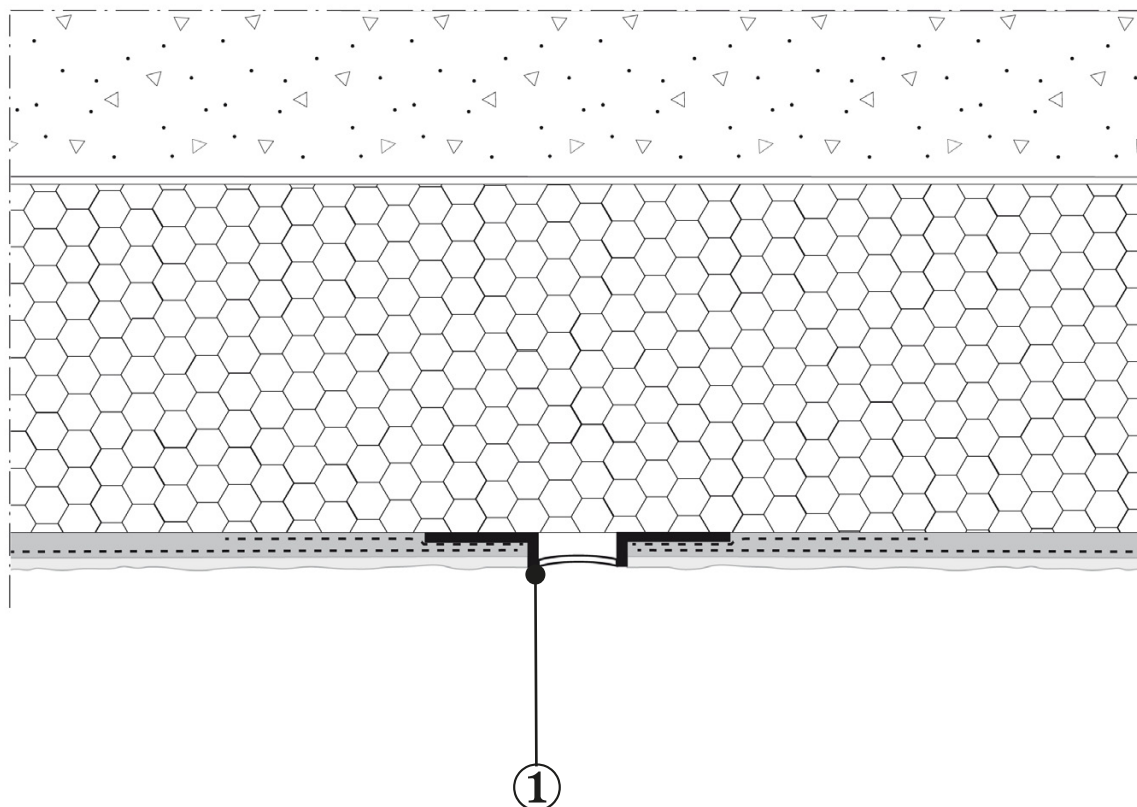


1 : profilé nez goutte d'eau

▲ Figure 40 : Angles horizontaux sortant et rentrant

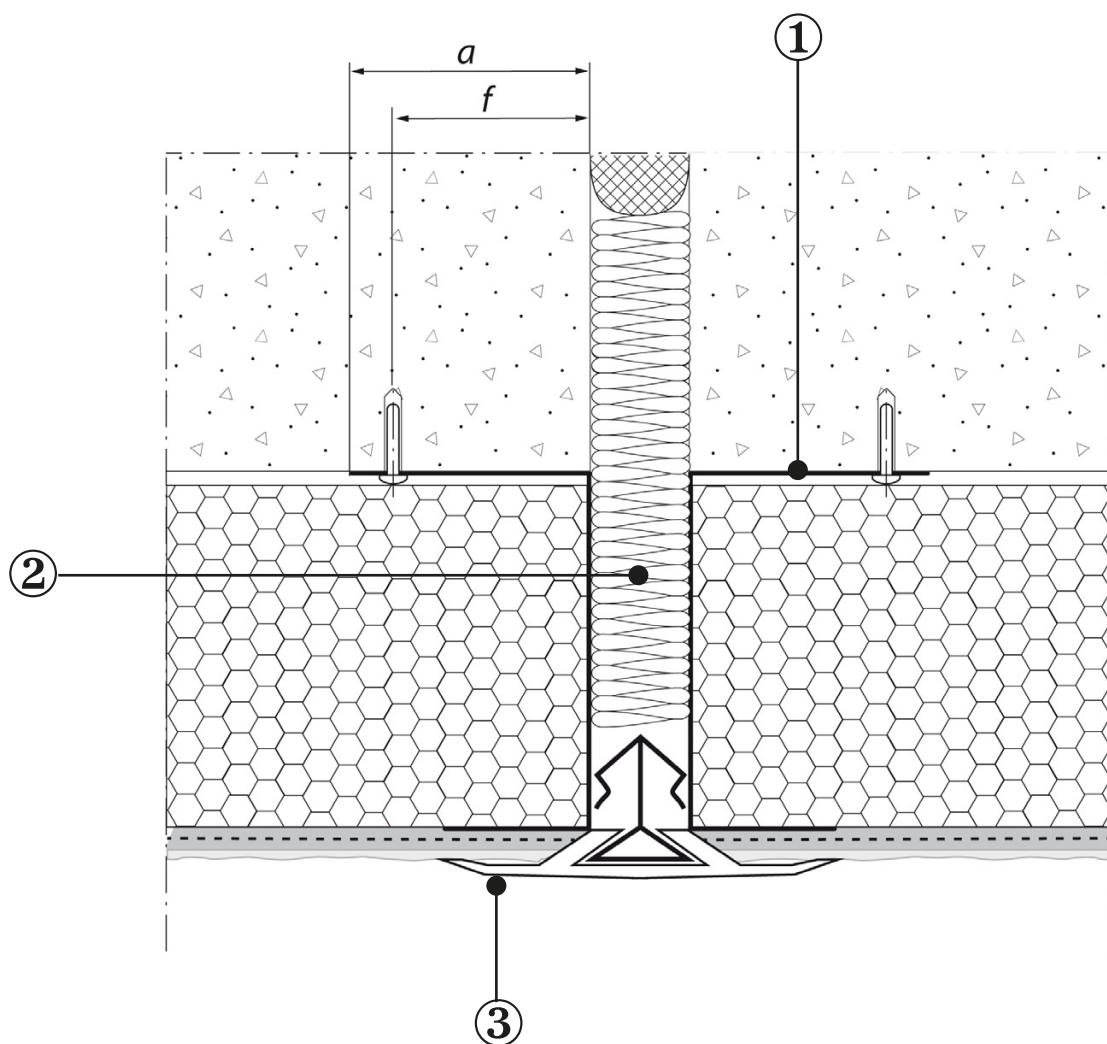
Au niveau des angles sortants et rentrants, il doit y avoir continuité de l'armature dans la couche de base.

Veiller à ne pas endommager l'armature lors de sa mise en place dans les angles rentrants.



1 : profilé pour joint de fractionnement

▲ Figure 41 : Joint de fractionnement



$a \geq 45 \text{ mm}$
 $f \geq 35 \text{ mm}$

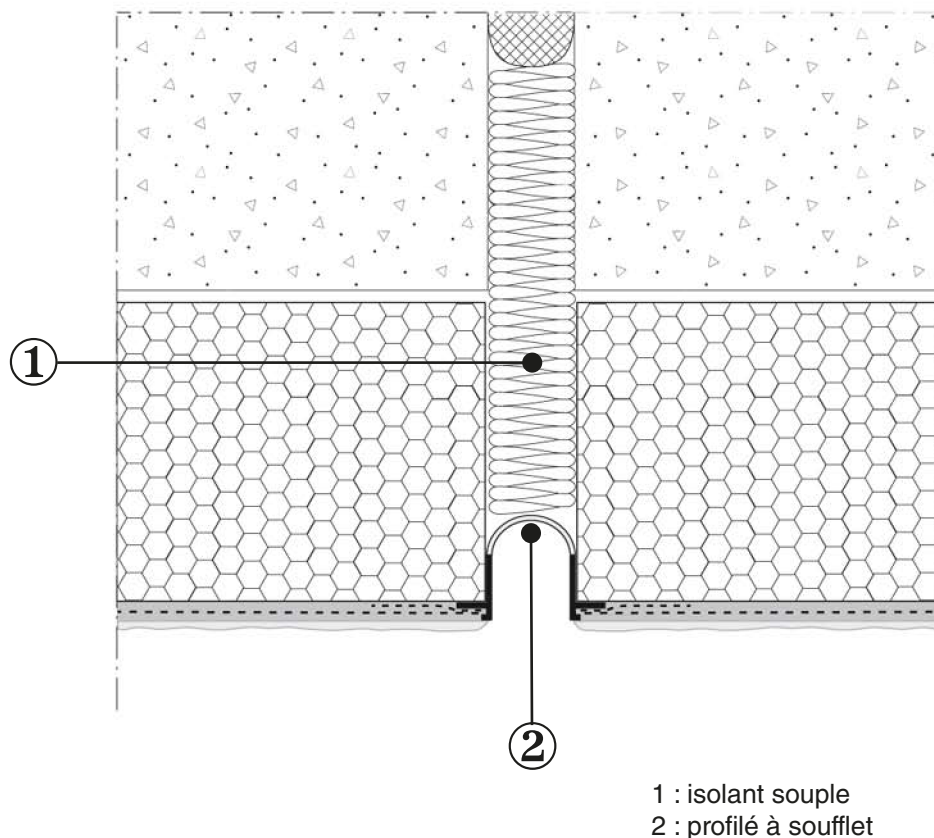
1 : profilé d'arrêt latéral non perforé
2 : isolant souple
3 : couvre-joint

▲ Figure 42 : Joint de dilatation en partie courante, variante 1

Le joint de dilatation doit être préalablement rempli avec un isolant souple (ex. laine minérale), afin de limiter des déperditions thermiques.

Le couvre-joint doit à la fois :

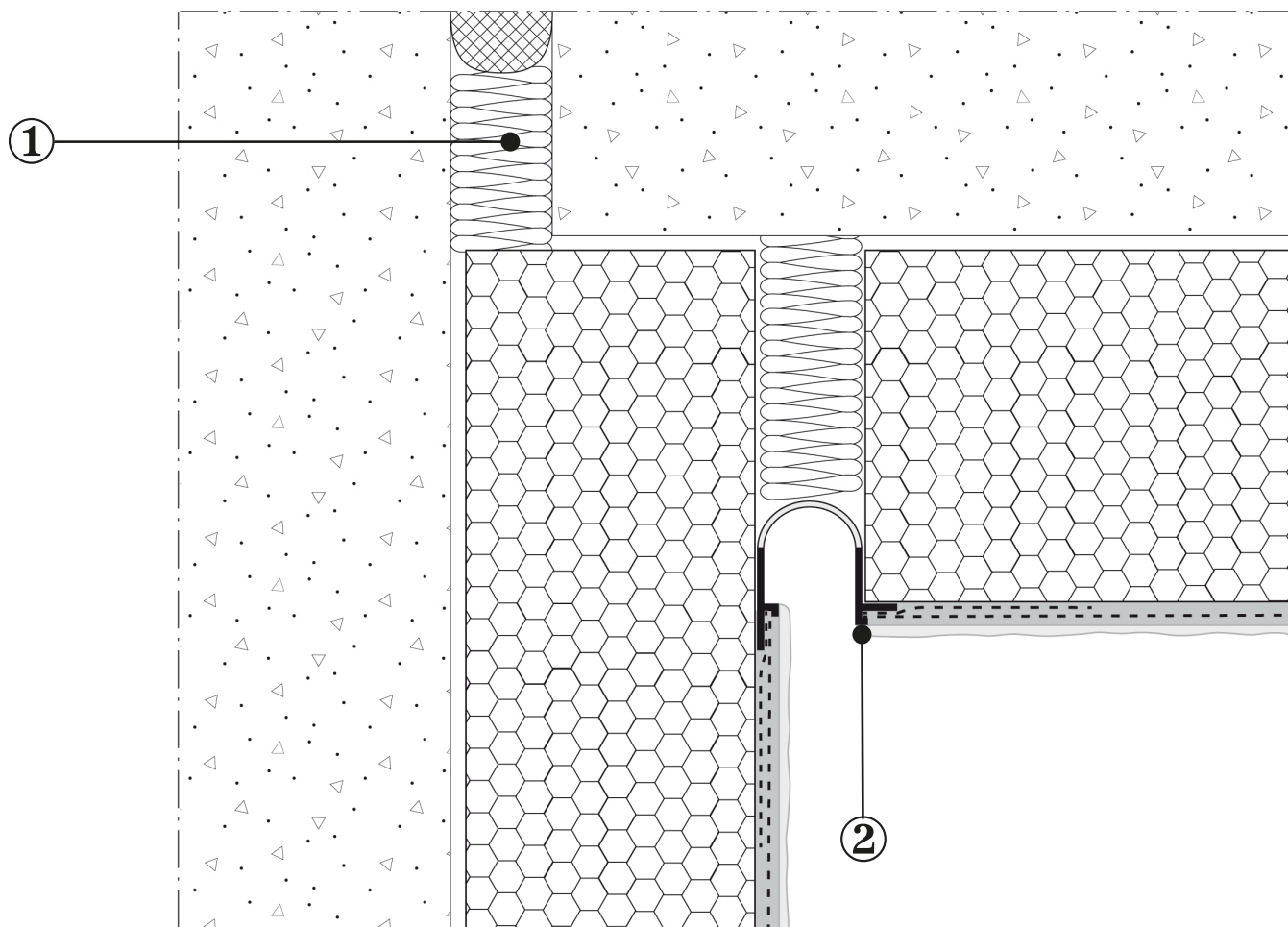
- former écran à la pluie ;
- absorber les mouvements entre les deux bords de l'isolant ;
- résister aux sollicitations diverses (chocs, poinçonnement, ...) ;
- rester fixé compte tenu des mouvements prévisibles des bâtiments.



▲ Figure 43 : Joint de dilatation en partie courante, variante 2

Le joint de dilatation doit être préalablement rempli avec un isolant souple (ex. laine minérale), afin de limiter des déperditions thermiques.

Le profilé à soufflet doit satisfaire aux mêmes exigences que le couvre-joint (Figure 42).

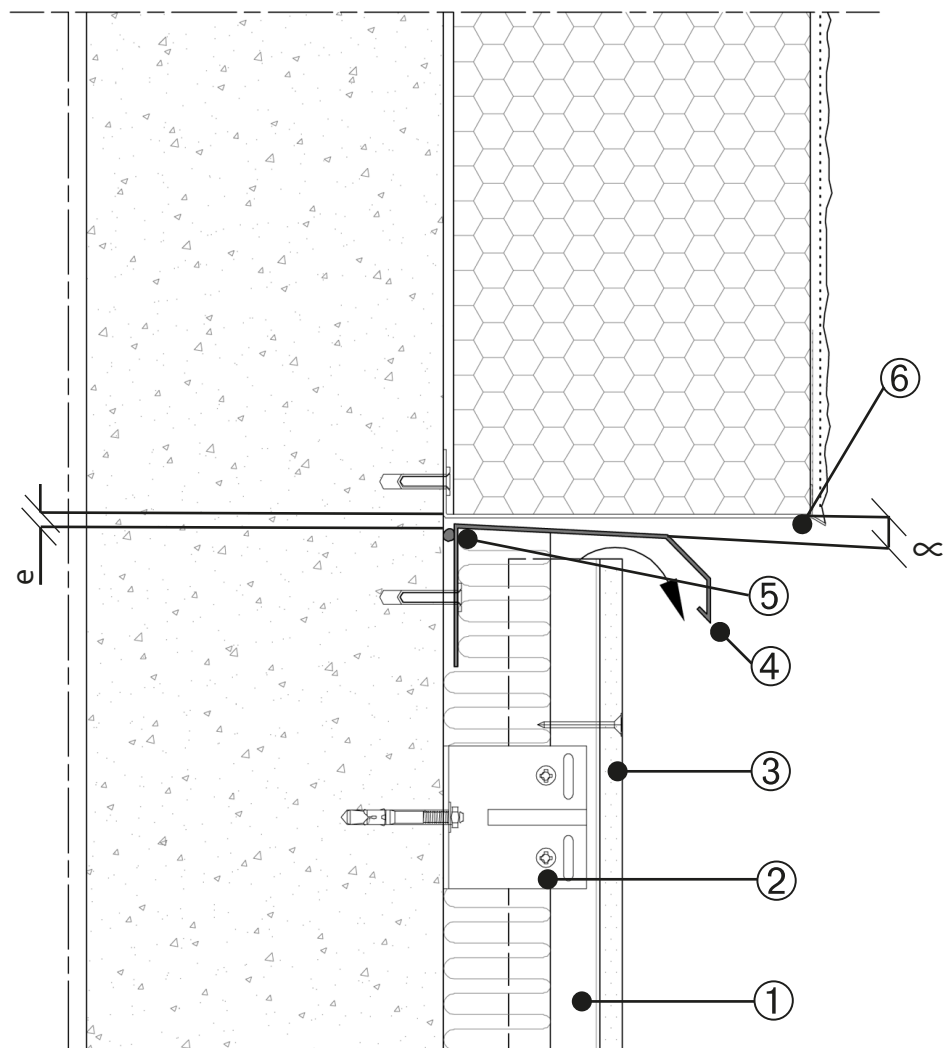


- 1 : isolant souple
- 2 : profilé à soufflet

▲ Figure 44 : Joint de dilatation en angle

Le joint de dilatation doit être préalablement rempli avec un isolant souple (ex. laine minérale), afin de limiter des déperditions thermiques.

Le profilé à soufflet doit satisfaire aux mêmes exigences que le couvre-joint (Figure 42).



$e \leq 10 \text{ mm}$
 α pente de 2 à 5 %

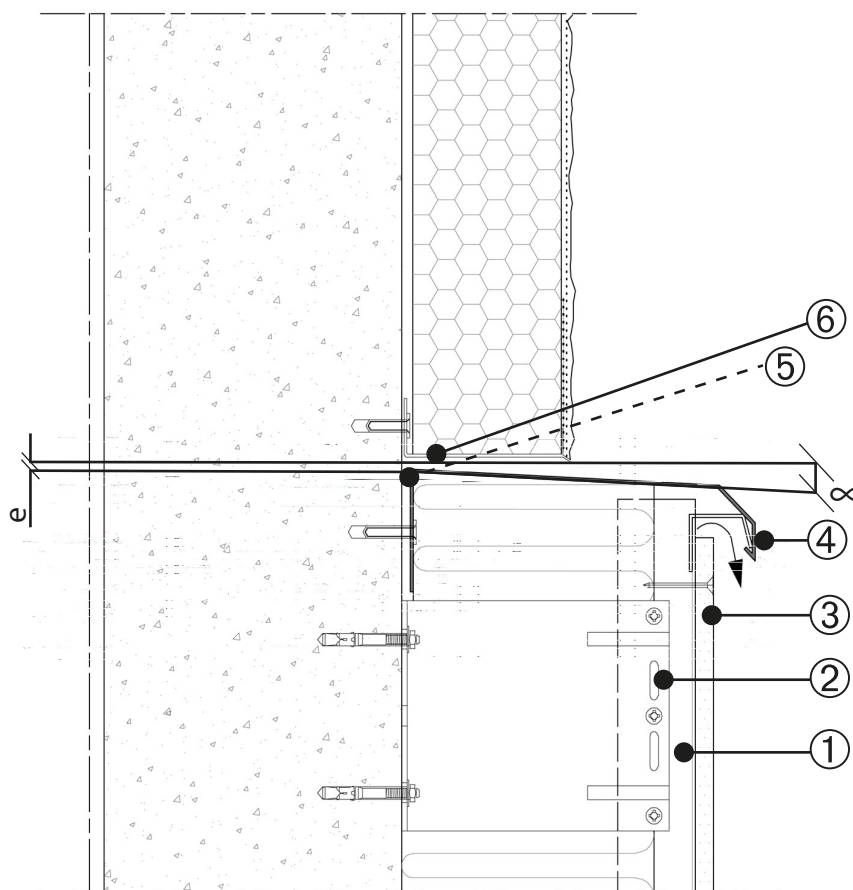
- 1 : ossature verticale du bardage
- 2 : patte équerre
- 3 : parement de bardage
- 4 : profilé de couronnement avec goutte d'eau
- 5 : bande de mousse imprégnée précomprimée
- 6 : profilé de départ avec goutte d'eau

▲ Figure 45 : Raccordement avec un bardage rapporté / cas 1a

Cas où le procédé est posé au-dessus du bardage.

L'épaisseur du procédé est supérieure à celle du bardage.

S'ils sont métalliques, les éléments 4 et 6 doivent être de même nature, afin d'éviter tout couple électrolytique.



$e \leq 10 \text{ mm}$
 α pente de 2 à 5 %

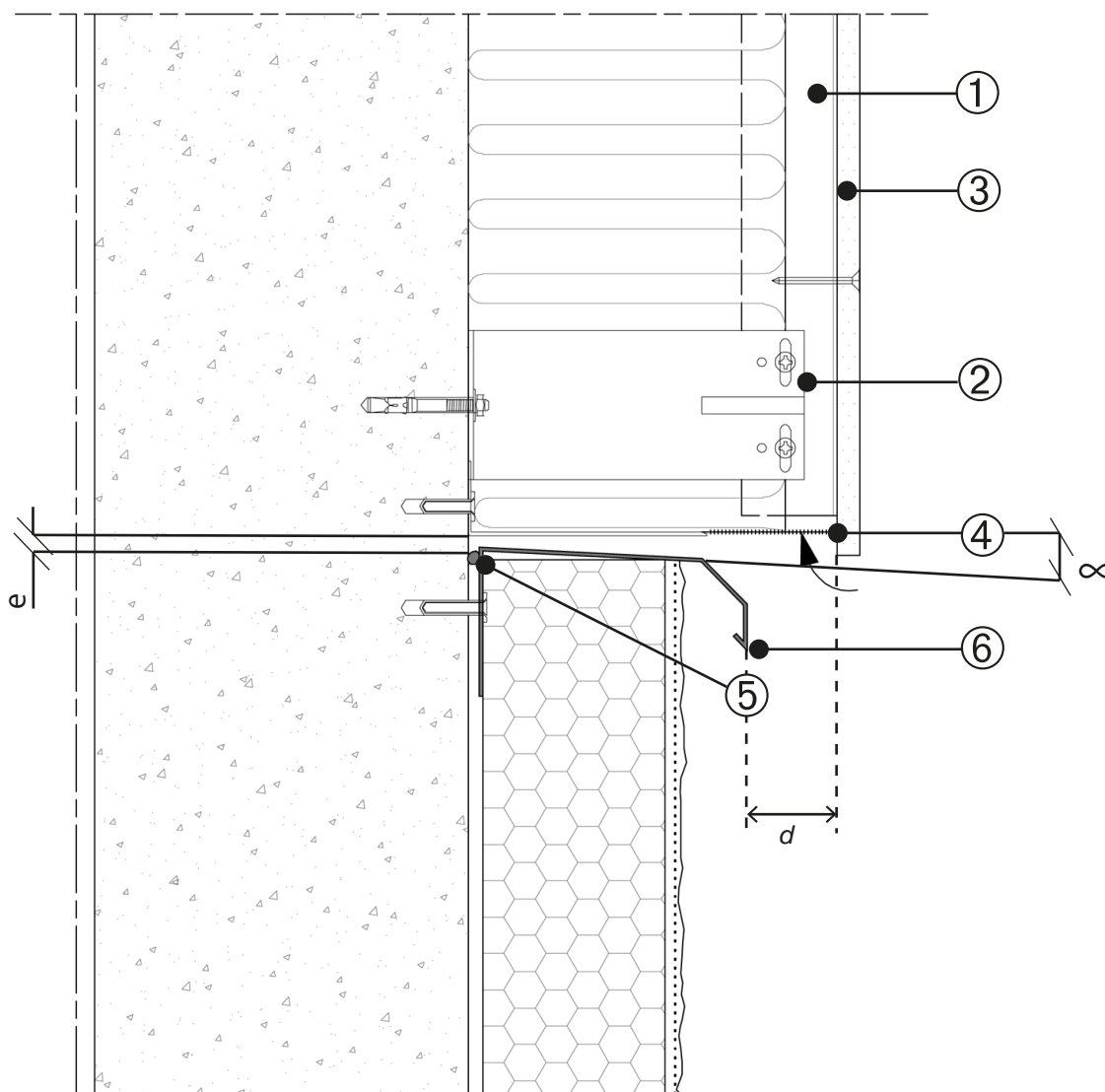
- 1 : ossature verticale du bardage
- 2 : patte équerre
- 3 : parement de bardage
- 4 : profilé de couronnement avec goutte d'eau + pattes de fixation
- 5 : bande de mousse imprégnée précomprimée
- 6 : profilé de départ avec goutte d'eau

▲ Figure 46 : Raccordement avec un bardage rapporté / cas 1b

Cas où le procédé est posé au-dessus du bardage.

L'épaisseur du procédé est inférieure à celle du bardage.

S'ils sont métalliques, les éléments 4 et 6 doivent être de même nature, afin d'éviter tout couple électrolytique.



$e \leq 10 \text{ mm}$

α pente de 2 à 5 %

1 : ossature verticale du 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

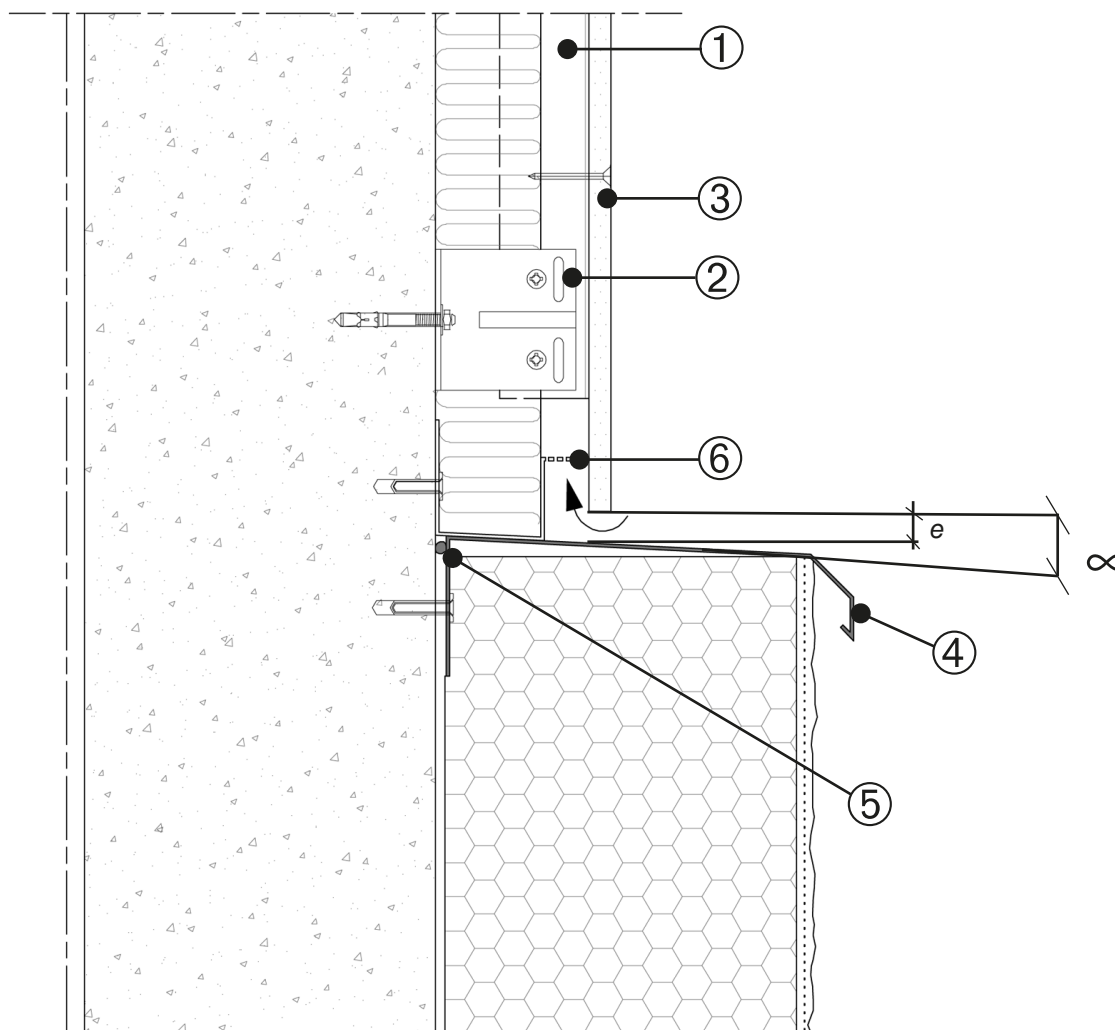
▲ Figure 47 : Raccordement avec un bardage rapporté / cas 2a

Cas où le procédé est posé en-dessous du bardage.

L'épaisseur du procédé est inférieure à celle du bardage.

S'ils sont métalliques, les éléments 4 et 6 doivent être de même nature, afin d'éviter tout couple électrolytique.

La distance d doit être telle que la bavette n'obstrue pas la surface géométrique de ventilation de la lame d'air du bardage (ex. grille).



e compris entre 10 et 20 mm
α pente de 2 à 5 %

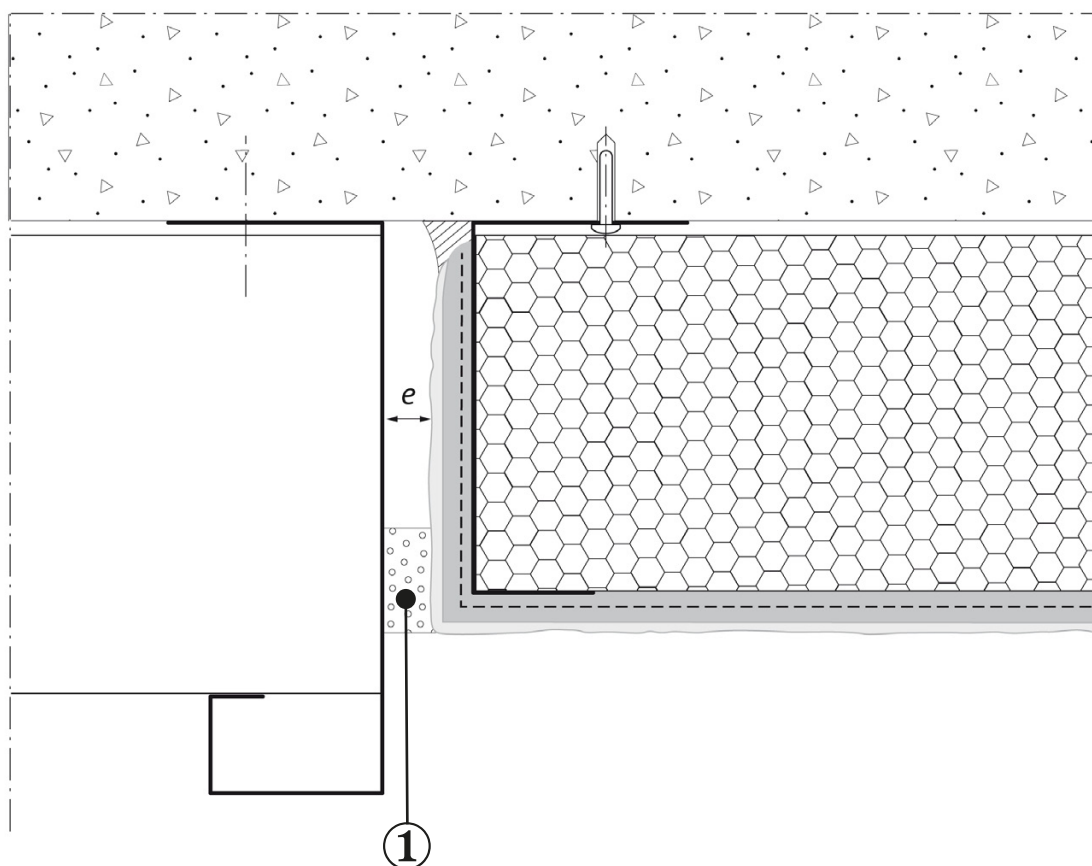
- 1 : ossature verticale du bardage
- 2 : patte équerre
- 3 : parement de bardage
- 4 : profilé de couronnement avec goutte d'eau
- 5 : bande de mousse imprégnée précomprimée
- 6 : grille de ventilation

▲ Figure 48 : Raccordement avec un bardage rapporté, cas 2b

Cas où le procédé est posé en-dessous du bardage.

L'épaisseur du procédé est supérieure à celle du bardage.

S'ils sont métalliques, les éléments 4 et 6 doivent être de même nature, afin d'éviter tout couple électrolytique.



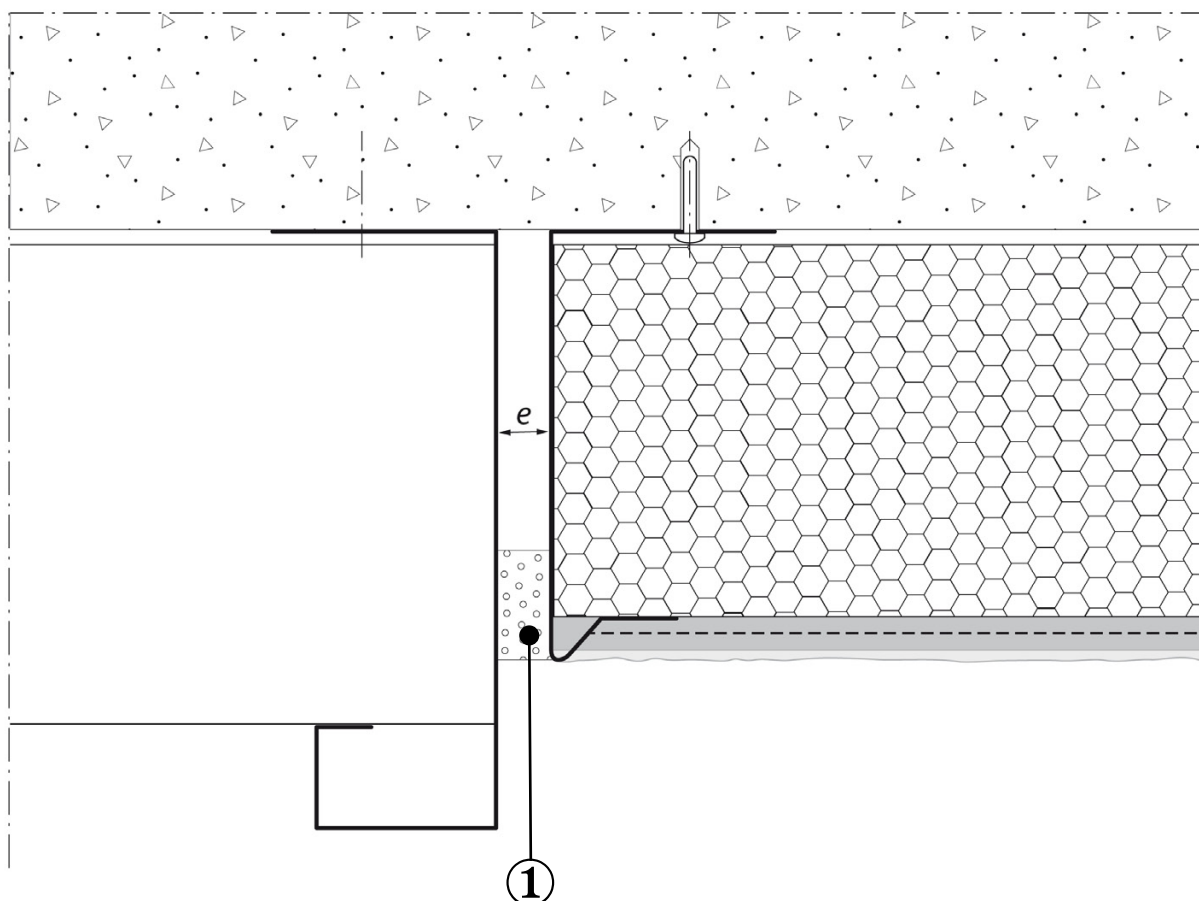
$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : bande de mousse imprégnée

▲ Figure 49 : Raccordement avec un autre système d'ITE, cas 1a

Cas où le procédé est posé en premier ; on ignore si un autre système d'isolation thermique extérieure va être posé à côté.

La désolidarisation est réalisée avec un mastic sur fond de joint, une bande de mousse imprégnée pré-comprimée ou un profilé de raccord.



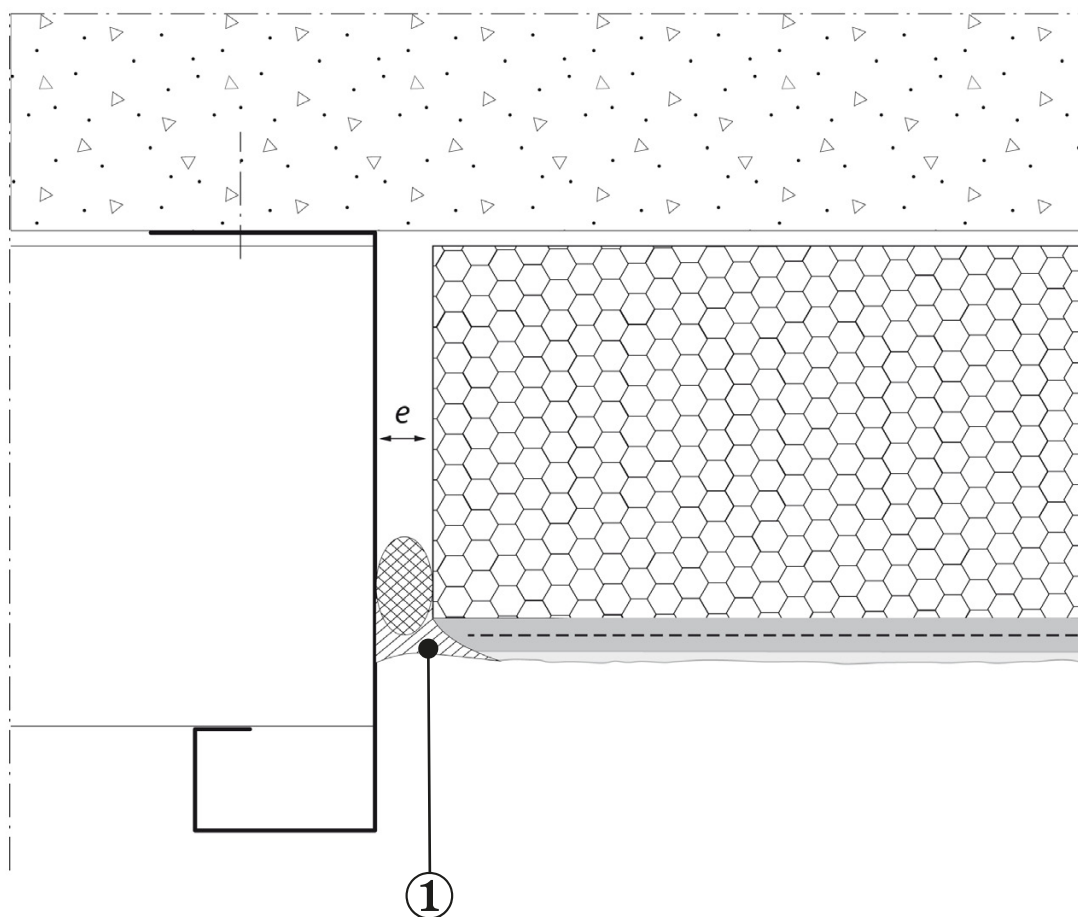
$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : bande de mousse imprégnée

▲ Figure 50 : Raccordement avec un autre système d'ITE, cas 1b

Cas où le procédé est posé en premier ; on sait qu'un autre système d'isolation thermique extérieure va être posé à côté.

La désolidarisation est réalisée avec un mastic sur fond de joint, une bande de mousse imprégnée pré-comprimée ou un profilé de raccord.



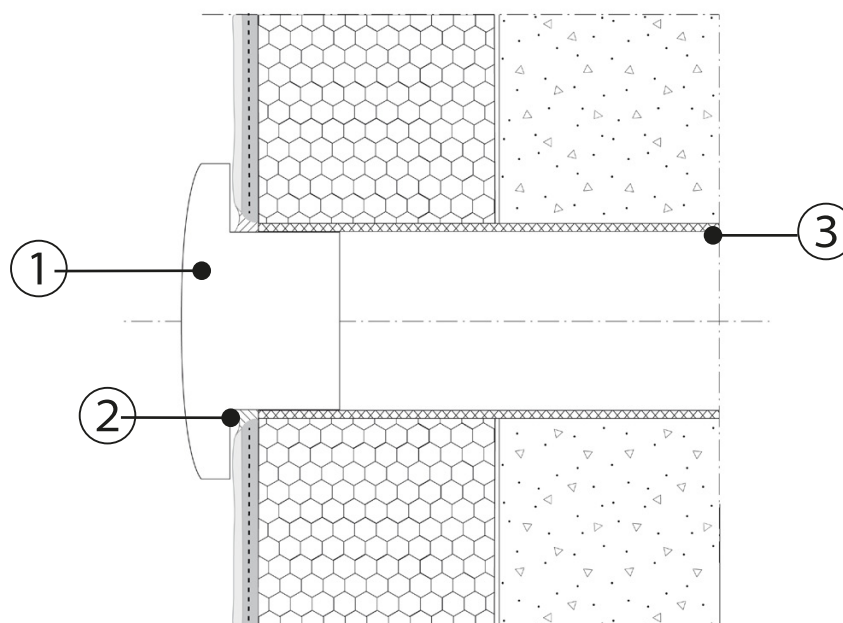
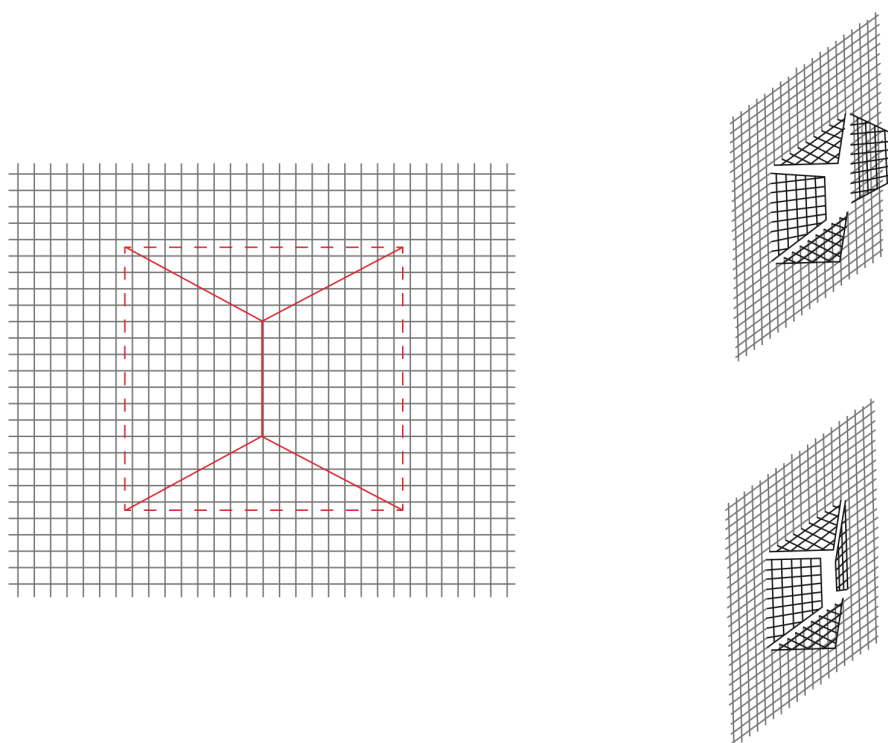
$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : mastic sur fond de joint

▲ Figure 51 : Raccordement avec un autre système d'ITE, cas 2

Cas où le procédé est posé en second. Le profilé d'arrêt latéral n'est pas nécessaire.

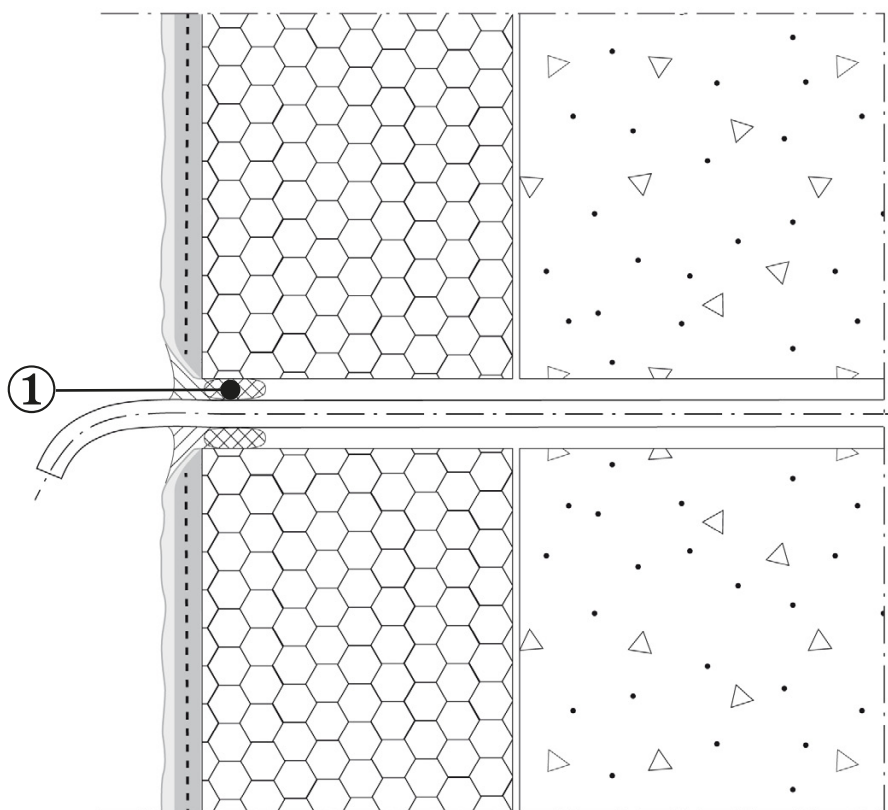
La désolidarisation est réalisée avec un mastic sur fond de joint, une bande de mousse imprégnée pré-comprimée ou un profilé de raccord.



- 1 : grille de ventilation avec conduit gainé
- 2 : mastic
- 3 : fourreau en mousse

▲ Figure 52 : Orifice de ventilation





1 : mastic sur fond de joint ou bande de mousse imprégnée précomprimée

▲ Figure 53 : Passage de câbles



Autocontrôles

9



Dans un souci d'efficacité, d'amélioration de la qualité du travail et pour éviter les sinistres, il est nécessaire de procéder systématiquement à des autocontrôles durant tout le déroulement de réalisation du procédé. Les contrôles décrits dans ce chapitre sont à effectuer avant de commencer l'étape suivante, afin d'éviter les réparations plus tardives et donc difficiles et coûteuses.

Les tableaux synthétiques proposés dans l'[ANNEXE J] ont pour but de faciliter ces contrôles. Ils sont néanmoins à adapter en fonction des spécificités de chaque chantier et des besoins de chaque entreprise.

Il est conseillé que chaque étape d'autocontrôle puisse faire l'objet d'un rapport photographique.

L'entreprise doit conserver ses autocontrôles, au même titre que les autres documents relatifs au chantier.

9.1. • Préparation du support

L'appréciation de la qualité du support contribue de façon importante à l'aspect final et à la durabilité du procédé d'ITE.

Les points d'autocontrôle concernant le support ne sont pas identiques selon qu'il s'agit d'une construction neuve ou d'un bâtiment existant dont la façade est à rénover.

Lorsqu'ils sont nécessaires, les essais d'adhérence de la colle et/ou de la tenue des chevilles dans le support doivent être réalisés conformément aux indications de l'[ANNEXE H] et de l'[ANNEXE I] du présent document.



9.1.1. • Support en travaux neufs

Les contrôles à effectuer sont les suivants :

- délai de séchage du support ;
- nature et qualité des parois – Ragrèages nécessaires ou dressage général du support ?
- tolérances dimensionnelles du support ;
- alignement des baies – Calepinage des panneaux isolants à préparer ?
- présence de fissures de retrait – Fissures à traiter ?
- présence des joints de dilatation et de construction – Solutions constructives à prévoir ;
- présence de produits de décoffrage gênant pour l'adhérence de la colle – Décapage ou nettoyage préalable à prévoir ?

On se reportera au §(cf. 6.1) et au §(cf. 6.2) du présent document.

9.1.2. • Support en travaux de rénovation

Le support d'un bâtiment existant appelle à une vigilance particulière, tant sur sa composition et son état de conservation, qu'à la nature et la tenue de son revêtement extérieur.

On se reportera au §(cf. 6.1) et au §(cf. 6.3) du présent document.

9.2. • Contrôles à effectuer pendant la mise en œuvre

9.2.1. • Vérification de la tenue de l'isolant et de la continuité d'isolation

En partie courante, les contrôles à effectuer sont les suivants :

- totalité de la surface prévue couverte par l'isolant et absence de joints ouverts entre panneaux ;
- absence d'espace entre la surface du panneau et le support (colle ou produit de calage écrasé) ;
- nombre et emplacement des chevilles ;
- planéité globale de l'isolant ;
- état des panneaux à poser (pas de panneau abimé ou cassé).

On se reportera au §(cf. 7.2) du présent document.

Aux points singuliers, ces contrôles sont à réaliser par rapport aux plans d'exécution et au cahier des détails constructifs établi par la maîtrise d'œuvre (le cas échéant). Ils concernent notamment :



- les départs et les soubassements ;
- les angles du bâtiment ;
- les arrêts latéraux et les arrêts sur supports ;
- les appuis, tableaux et voussures des baies ;
- les arrêts en acrotère et sous toiture ;
- les joints de fractionnement et de dilatation ;
- les raccordements avec d'autres procédés ou revêtements de façade ;
- etc.

On se reportera au §(cf. 7.2) et au §(cf. 8) du présent document.

9.2.2. • Vérification de la surface isolée avant la réalisation de la couche de base armée

La surface destinée à recevoir la couche de base armée sera contrôlée avant l'application de la première couche ou passe d'enduit de base. Ce contrôle comporte les points suivants :

- totalité des renforts en place ;
- contrôle de la planéité générale ;
- pas de colle entre les panneaux isolants ;
- mousse expansive arasée ;
- profilés de finition fixés ;
- joints de façade traités selon les préconisations du cahier des détails constructifs.

On se reportera au §(cf. 7.2) et au §(cf. 7.3) du présent document.

9.2.3. • Contrôles sur la mise en œuvre de la couche de base armée

Ces contrôles comportent notamment les points suivants :

- contrôle de la mise en place du ou des treillis (enrobage, recouvrements) ;
- respect du temps d'attente entre passes successives (en fonction des indications du fabricant) ;
- mise en place des protections pendant la mise en œuvre et pendant le durcissement de l'enduit (en fonction de l'exposition et des conditions climatiques) ;
- texturation de la dernière passe d'enduit (en fonction de la finition choisie) ;
- contrôle de la consommation (quantité appliquée divisée par la surface couverte) et/ou de l'épaisseur appliquée ;



- respect du temps d'attente avant application de la couche de finition.

On se reportera au §(cf. 7.4) du présent document.

9.2.4. • Contrôles sur la mise en œuvre de la couche de finition

Ces contrôles comportent notamment les points suivants :

- nécessité ou non d'appliquer préalablement un produit d'impression ;
- respect du temps d'attente avant application de l'enduit de finition ;
- contrôle de la consommation (quantité appliquée divisée par la surface couverte) et/ou de l'épaisseur appliquée ;
- nécessité ou non d'appliquer un revêtement décoratif ;
- respect du temps d'attente avant application du revêtement décoratif.

On se reportera au §(cf 7.5) et au §(cf 7.6) du présent document.

9.2.5. • Contrôles sur la remise en place des éléments de façade déposés (rénovation)

En fonction des spécifications et des dispositifs du cahier des détails constructifs fournis par la maîtrise d'œuvre (le cas échéant) et validé par l'entreprise, sont contrôlés le scellement des éléments (fixés obligatoirement dans le support), ainsi que l'exécution soignée de l'étanchéité à l'eau des parties des fixations qui traversent le procédé d'ITE (vérifier en particulier l'utilisation des mastics adéquats, qui résistent aux rayonnements UV).

Étant donné que les points de fixation de ces éléments peuvent être une source de désordres, en l'absence de maîtrise d'œuvre et donc des documents mentionnés ci-dessus, l'entreprise contrôle notamment la solidité des scellements, ancrages, fixations (toujours sur le mur porteur en traversant l'isolant) et de l'étanchéité des éléments suivants :

- garde-corps ;
- volets ;
- chéneaux et descentes d'eaux pluviales ;
- autres éléments fixés mécaniquement (enseignes, plaques de nom de rue, etc.).

Un délai d'attente doit être respecté avant la mise en œuvre de ces éléments pour permettre le séchage et le durcissement des enduits.

Si, préalablement à leur remise en place, une rénovation de ces éléments avait été réalisée (décapage, peinture, etc.), ils doivent être protégés provisoirement pendant leur mise en œuvre.

Entretien, rénovation, réfection des dégradations

10



Comme tous les revêtements de façade exposés aux sollicitations climatiques, les procédés d'ITE par enduit sur isolant nécessitent un entretien.

L'entretien normal comporte notamment le nettoyage des micro-organismes (algues, champignons, etc.) et autres dépôts (cf. 10.1), le maintien en bon état de la toiture (couvertines, protections horizontales d'acrotères, etc.), des évacuations d'eau pluviale (gouttières, etc.) et des ouvrages qui contribuent à l'imperméabilité de la façade (larmiers, etc.).

L'entretien comporte également la réfection des procédés détériorés par un usage anormal (cf. 10.2).

Après chaque période de l'ordre de 10 ans, une rénovation d'aspect de ces procédés s'avère généralement nécessaire, variable en fonction du relief de la façade, de la texture de la couche de finition, de l'environnement et de l'exposition de la façade.

Le lavage à haute température et/ou à haute pression, ou l'emploi de produits en phase solvant susceptibles d'altérer le procédé, sont notamment à proscrire. L'élimination des végétations ne doit pas être réalisée sous l'action de la flamme.

10.1. • Entretien et rénovation

L'entretien et la rénovation des procédés sont décrits dans les « Règles Professionnelles pour l'entretien et la rénovation de systèmes d'isolation thermique extérieure "ETICS" ».

Ces règles distinguent quatre types de défauts, notés I à IV, correspondant à de l'entretien et de la rénovation, et deux types de désordres



importants, notés V et VI, correspondant à de la rénovation dite « lourde ».

10.2. • Réfection des dégradations

Comme toutes les parois exposées aux sollicitations extérieures, les procédés d'ITE par enduit sur isolant peuvent subir un certain nombre de dégradations (chocs, perforations, arrachement) résultant d'actes intentionnels (vandalisme) ou non.

En général, ces désordres affectent le procédé et peuvent mettre en cause sa durabilité s'ils ne sont pas rapidement traités.

10.2.1. • Réfection des petits chocs

Dans le cas de dégradations sur des surfaces n'excédant pas 2 cm², la réfection consiste simplement à reboucher le trou avec un revêtement identique à celui utilisé en finition.

10.2.2. • Réfection des chocs importants mais localisés

Des dégradations sur des surfaces plus importantes nécessitent un remplacement local du procédé. La méthode suivante peut être adoptée :

- 1) Délimiter une surface carrée ou rectangulaire à quelques centimètres au-delà des bords de la dégradation existante. Découper ensuite à la disqueuse le système d'enduit et l'isolant et retirer le procédé jusqu'au support. Nettoyer le support, éliminer toutes traces de collages, plots, ... Entailler le système d'enduit en place à 45 ° dans les angles et dégager l'armature sur environ 10 cm à partir des bords de la découpe, puis éliminer le revêtement existant dans la partie ainsi dégagée.
- 2) Découper un morceau d'isolant de mêmes dimensions que celles de la partie enlevée et le coller en remplacement avec une colle de même nature que celle du procédé.
- 3) Après séchage de la colle, préparer une pièce d'armature dont les dimensions seront d'environ 5 cm plus grandes que celles de la partie découpée. Enduire grassement l'isolant rapporté avec l'enduit de base, dans lequel on vient maroufler le morceau d'armature, puis rabattre l'armature dégagée. Appliquer une deuxième passe d'enduit de base pour ne conserver qu'une différence d'épaisseur égale à celle de l'enduit de finition.
- 4) Après séchage, appliquer la couche de finition.

Cette réparation permet de traiter techniquement le désordre, mais aussi soignée qu'elle puisse être, la réparation reste visible par la différence d'aspect entre l'ancienne finition et la nouvelle.

Le caractère visible de la réparation peut être atténué par la remise en peinture de panneaux complets ou par la réalisation de motifs décoratifs localisés.



Bibliographie

- Avant-projet DTU : Ouvrage d'isolation thermique par l'extérieur – enduits sur isolant. *Document de travail de la FFB (version 5)*, septembre 2011.
- European Technical Approval Guideline no. 004: External thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering. Edition 2000 – amended August 2011 – amended February 2013.
- European Technical Approval Guideline no. 014: Plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering. Edition January 2002 – amended December 2008 – amended February 2011.
- Certification ACERMI – Profil d'usage ISOLE. *Cahier Technique F*, mars 2013.
- Définition et classement des ouvrages de revêtement extérieur de façade en maçonnerie ou en béton. *Cahier du CSTB 1633*, janvier-février 1980.
- Le Mur Manteau : Synthèse des règles et codes. *Cahier du CSTB 2719*, mai 1994.
- European Guideline for the application of ETICS. *European Association for External thermal insulation composite systems (EAE)*, mars 2011.
- Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de mise en œuvre. *Cahier du CSTB 3035_v2*, juillet 2013.
- Isolation par l'extérieur – Définition des caractéristiques des profilés PVC destinés à la fixation des systèmes d'isolation thermique extérieure. *Cahier du CSTB 2866*, janvier-février 1996.

- Définition des caractéristiques des treillis en fibres de verre utilisés dans les systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant. *Cahier du CSTB 3204_v2*, janvier 2012.
- Protections solaires – Caractérisation thermo-optique des toiles dans le cadre de la marque NF TOILES. *Cahier du CSTB 3246*, juillet-août 2000.
- Règles pour la mise en œuvre en zones sismiques des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant. *Cahier du CSTB 3699_v2*, novembre 2012.
- Détermination de la résistance au vent des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant fixés mécaniquement par chevilles. *Cahier du CSTB 3701*, janvier 2012.
- Détermination de la résistance au vent des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé fixés mécaniquement par profilés. *Cahier du CSTB 3702*, janvier 2012.
- Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : principes de mise en œuvre autour des baies – liaison avec les fenêtres. *Cahier du CSTB 3709*, mai 2012.
- Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal ». DGLAN / DHUP, juillet 2013.
- Certificat CSTBat – Treillis textiles pour enduits de façade. *Règlement Technique RT 24/01*, octobre 1999.



Textes législatifs et réglementaires



Les références qui suivent sont données à titre d'information et ne sont pas exhaustives. **Le lecteur est invité à vérifier qu'elles sont toujours en vigueur au moment de leur utilisation et qu'elles n'ont pas été modifiées.**

Règlement Produits de Construction (RPC)

- Règlement (UE) n° 305/2011 du Parlement européen et du Conseil, du 9 mars 2011, établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du Conseil.

Lois du Grenelle de l'environnement

- Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.
- Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

RT 2012

- Décret n° 2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif

aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.

RT Existant

- Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie, aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique.
- Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.
- Arrêté du 20 décembre 2007 relatif au coût de construction pris en compte pour déterminer la valeur du bâtiment, mentionné à l'article R. 131-26 du code de la construction et de l'habitation.
- Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 m², lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants.
- Arrêté du 8 août 2008 portant approbation de la méthode de calcul Th-C-E ex prévue par l'arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants.
- Décret n° 2009-1154 du 29 septembre 2009 créant un label « haute performance énergétique rénovation » pour certains bâtiments existants.
- Arrêté du 29 septembre 2009 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique rénovation ».

Réglementation incendie

- Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation modifié par les arrêtés du 18 août 1986 et du 19 décembre 1988.
- Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement, modifié par les arrêtés du 13 août 2003 et du 18 septembre 2006.
- Arrêté du 24 mai 2010 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public.
- Instruction Technique n° 249 relative aux façades (Annexe à l'arrêté du 24 mai 2010).



- Arrêté du 30 décembre 2011 relatif au Règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique.

Réglementation parasismique

- Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.
- Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.
- 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 ».
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010.

Réglementation acoustique

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation et circulaire d'application du 28 janvier 2000.
- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique.
- Arrêtés du 25 avril 2003 relatifs à la limitation du bruit dans les hôtels, les établissements d'enseignement et de santé et circulaire d'application du 25 avril 2003.
- Arrêté du 27 novembre 2012 relatif à l'attestation de prise en compte de la réglementation acoustique applicable en France métropolitaine aux bâtiments d'habitation neufs.
- Arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit.

ANNEXE A : Essais d'identification des composants



Les méthodes d'essais décrites dans cette Annexe sont celles données dans l'Annexe C de l'ETAG 004.

Ces méthodes d'essais doivent être appliquées dès lors que des essais d'identification sont réalisés sur les composants intervenant dans les essais d'aptitude à l'emploi décrits dans l'[Annexe B] du présent document. Ces essais concernent les procédés résultant d'un assemblage à façon de composants individuels.

Les essais décrits dans cette Annexe doivent faire l'objet d'un rapport rédigé par le laboratoire responsable des essais.

Dans certains cas, comme lorsqu'une dénomination commerciale est suffisante pour identifier un composant et ses caractéristiques, il n'est pas nécessaire de réaliser les essais d'identification décrits dans cette Annexe, à condition que le composant soit identifié par des moyens tels que sa dénomination commerciale. Cette possibilité doit être décidée par le laboratoire responsable des essais d'aptitude à l'emploi.

A. 1. Colles et couches d'enduit

A. 1.1. Produit brut

Masse volumique

Pour les pâtes et liquides, la masse volumique est mesurée à (23 ± 2) °C dans un cylindre de 100 cm³ ou 1000 cm³.

Pour les poudres, la masse volumique est mesurée à (23 ± 2) °C dans un cylindre de 500 cm³.



Les résultats sont enregistrés après tassement maximal sur une table vibrante et arasement de la surface. Les résultats sont exprimés en kg/m^3 (moyenne de trois essais).

Extrait sec

Pour les produits à base de chaux et de polymère : l'extrait sec est déterminé après avoir placé l'échantillon dans une étuve ventilée dont la température est réglée à (105 ± 5) °C jusqu'à poids constant. Le poids est considéré constant si la différence de poids entre deux pesées successives, à intervalle d'une heure, ne dépasse pas 0,1 g. La pesée initiale pour l'essai est de 2 g pour les liquides et 5 g pour les pâtes.

Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport au poids initial (moyenne de trois essais).

Pour les produits à base de silicate, l'extrait sec est déterminé selon la méthode suivante :

A. Pesée initiale d'environ 5 g (produit à l'état initial) sur une feuille d'aluminium de dimensions environ 100×100 mm, recouverte aux $2/3$.

B. Pré-séchage 1 heure à (125 ± 10) °C, puis séchage 2 heures à (200 ± 10) °C.

C. Pesée finale.

La précision de la pesée doit être de l'ordre de 5 mg. La différence de poids avec la pesée initiale est due aux composants volatiles, y compris l'eau de cristallisation.

Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport à la pesée initiale (moyenne de trois essais).

Taux de cendre

Pour les pâtes et liquides, le taux de cendre est déterminé sur l'échantillon obtenu après la mesure de l'extrait sec.

Pour les poudres, le taux de cendres est déterminé à 450 °C et 900 °C sur un échantillon d'environ 5 g pré-séché à (100 ± 5) °C (ou à (200 ± 5) °C pour les produits à base de silicate) jusqu'à poids constant. Le poids est considéré constant si la différence entre deux pesées successives, à intervalle d'une heure, ne dépasse pas 0,1 g.

L'échantillon est déposé dans un creuset taré qui est soit équipé d'un couvercle, soit enfermé dans un récipient étanche. L'ensemble est ensuite pesé.

Après avoir retiré le couvercle, le cas échéant, le creuset est placé dans l'étuve maintenue à température ambiante.

La température de l'étuve est ensuite poussée à (450 ± 20) °C (taux de cendres à 450 °C) ou à (900 ± 20) °C (taux de cendres à 900 °C) et maintenue à cette température pendant 5 heures.

Le creuset est ensuite refroidi à la température de la pièce dans le dessiccateur avant d'être pesé.

Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport à la pesée initiale après séchage (moyenne de trois essais).

NOTE

Les tolérances à 900 °C peuvent être plus importantes, compte-tenu de la composition des produits.

Granulométrie

Pour les pâtes, la granulométrie est déterminée à partir d'un échantillon de charges prélevées sur le produit manufacturé après lavage dans un tamis de mailles 0,08 mm ou après tout autre préparation adéquat et pertinente. L'essai est réalisé après séchage à au moins 105 °C au moins.

Pour les poudres, la granulométrie est déterminée à partir d'un échantillon de charges prélevées sur le produit manufacturé après lavage dans un tamis de mailles 0,08 mm ou après tout autre préparation adéquat et pertinente.

L'essai est réalisé à l'aide d'un tamiseur à courant d'air sur un échantillon de poudre de 50 g pendant 5 minutes par tamis. La courbe est tracée de 0,04 (pour les poudres) ou 0,08 (pour les pâtes) à 4 mm avec au moins 5 tamis intermédiaires.

A. 1.2. Mortier frais

Préparation du mortier

Le mortier est préparé en laboratoire, dans un malaxeur (avec cuve) conformément à la norme NF EN 196-1.

Les essais sont réalisés immédiatement après le malaxage, sauf indication contraire précisée par le fabricant (temps d'attente possible éventuellement nécessaire avant l'application).

Pour un mortier sec :

- 2 kg de poudre sont versés dans le récipient dans lequel est ajouté le volume d'eau précisé par le fabricant ;
- le batteur est tourné manuellement de quelques tours pour nettoyer le trajet du malaxeur ;
- le matériau est mélangé pendant 30 secondes à vitesse lente ;



- les parois du récipient sont raclées et la poudre éventuellement agglomérée sur les pales du batteur est retirée à l'aide d'une spatule ;
- le matériau est de nouveau mélangé pendant une minute à vitesse lente.

Pour une pâte à mélanger avec du ciment ou une poudre à mélanger avec une résine :

- pour les pâtes, 1 L de pâte est versé dans le récipient auquel est ajoutée la quantité de ciment prescrite par le fabricant. Pour les poudres, 2 kg de poudre sont versés dans le récipient auquel est ajoutée la quantité de résine prescrite par le fabricant ;
- le batteur est tourné manuellement de quelques tours pour nettoyer le trajet du malaxeur ;
- le matériau est mélangé pendant 30 secondes à vitesse lente ;
- les parois du récipient sont raclées et la poudre éventuellement agglomérée sur les pales du batteur est retirée à l'aide d'une spatule ;
- le matériau est de nouveau mélangé pendant trois minutes à vitesse lente.

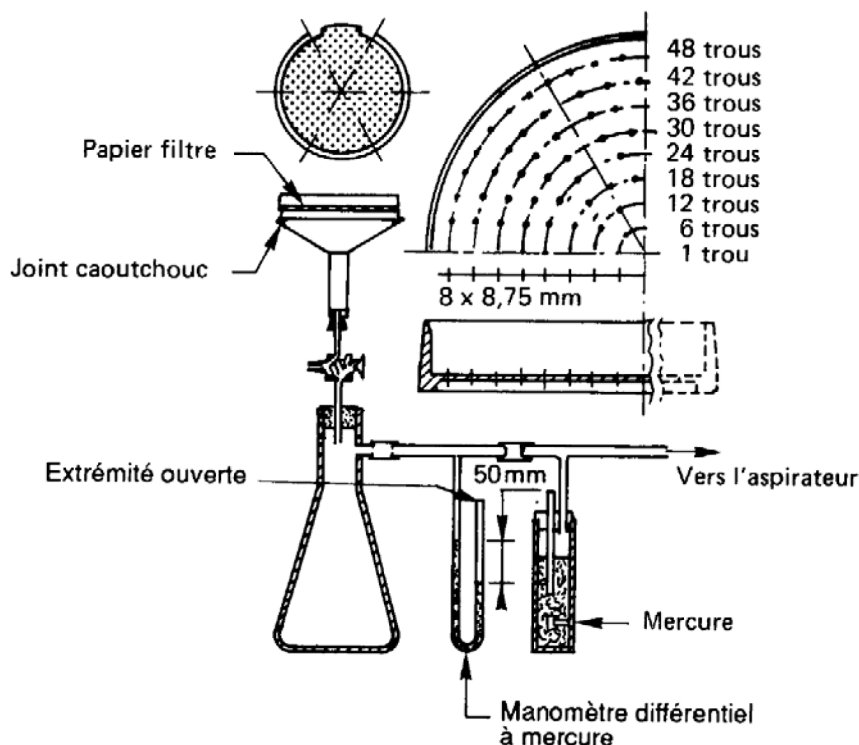
Pour une pâte prête à l'emploi, elle doit être homogénéisée avant essai.

Rétention d'eau

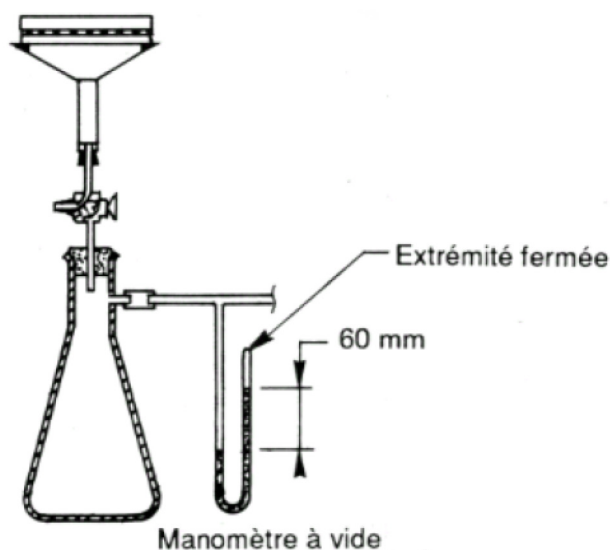
La rétention d'eau du mortier frais mélangé comme indiqué ci-dessus est déterminée.

L'essai est réalisé avec l'appareillage décrit dans la norme ASTM C.91. Le mortier est soumis à l'action du vide pendant 15 minutes comme suit :

- pour un enduit de base ou un enduit de finition (à l'exception des finitions à base uniquement de liant organique), la dépression appliquée est de 50 mmHg (différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du récipient) (Figure A1) ;
- pour les colles, la pression résiduelle est de 60 mmHg (pression absolue à l'intérieur du récipient) (Figure A2).



▲ Figure A1 – Appareillage d'essai de rétention d'eau sous 50 mmHg de dépression



▲ Figure A2 – Appareillage d'essai de rétention d'eau sous une pression résiduelle de 60 mmHg

La coupelle, munie d'un papier filtre (diamètre 150 mm ; grammage 65 g/m²) préalablement humidifié et égoutté en posant dessus un papier filtre sec, est remplie de pâte, arasée et pesée avant essai (connaissant le poids de la coupelle vide, y compris le papier filtre humide, le poids de produit gâché et le poids correspondant d'eau de gâchage peuvent se calculer en grammes).

Ces opérations se font dans les 10 minutes qui suivent le malaxage. Après 15 minutes (à partir du début de malaxage), l'appareillage est soumis à l'action du vide pendant 15 minutes ; la coupelle est de nouveau pesée après avoir essuyé le dessous, et la perte d'eau (e) en grammes peut être calculée par soustraction.



La rétention d'eau est exprimée en pourcentage du poids initial d'eau utilisée pour le malaxage (E) :

$$\frac{E - e}{E} \cdot 100$$

Masse volumique

Le mortier est préparé comme indiqué ci-dessus.

La masse volumique apparente est déterminée avec un récipient cylindrique de 1 L, préalablement taré (poids M_0 exprimé en grammes). Le récipient est rempli de pâte et après compactage, les bords sont arasés et le récipient est pesé (poids M_1 exprimé en grammes). La masse volumique de la pâte (en kg/m^3) est égale à $M_1 - M_0$.

La masse volumique de la pâte est déterminée immédiatement après malaxage.

A. 1.3. Enduit de base durci (sans treillis)

La masse volumique apparente est déterminée pour toutes les éprouvettes en mesurant le poids et les dimensions.

La précision de la pesée est de 1/1000 ; celle des dimensions est de 1/100.

Produits d'épaisseur supérieure à 5 mm

Préparation et stockage des éprouvettes

Le mortier est préparé par mélange comme décrit au § A. 1.2.

Les éprouvettes, de dimensions conformes aux indications définies dans les paragraphes ci-dessous, sont préparées dans des moules métalliques en deux couches. Chaque couche est compactée en place en laissant tomber alternativement chaque extrémité du moule d'une hauteur d'environ 5 cm dix fois. Les éprouvettes sont ensuite arasées avec une règle métallique.

Les éprouvettes sont démoulées après 24 heures. Elles sont ensuite stockées pendant 28 jours à $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5) \% \text{ HR}$.

Module d'élasticité dynamique (méthode de la fréquence de résonance)

Le module d'élasticité dynamique est déterminé sur des éprouvettes prismatiques de dimensions $285 \times 25 \times 25 \text{ mm}$.

L'essai est réalisé sur les échantillons suivants :

- trois éprouvettes préparées comme décrit ci-dessus ;



- trois éprouvettes préparées avec le produit prélevé au moment de la préparation de la maquette décrite à l'[ANNEXE B] (cf. B.11) du présent document.

Les valeurs individuelles de la masse volumique apparente (en kg/m^3) et du module (en MPa) des trois éprouvettes ainsi que la moyenne des résultats obtenus sont notées.

Le principe de la mesure consiste à mesurer la fréquence fondamentale de résonance d'une éprouvette soumise à une vibration longitudinale.

1 – Appareillage

L'appareillage utilisé pour réaliser cette mesure comprend :

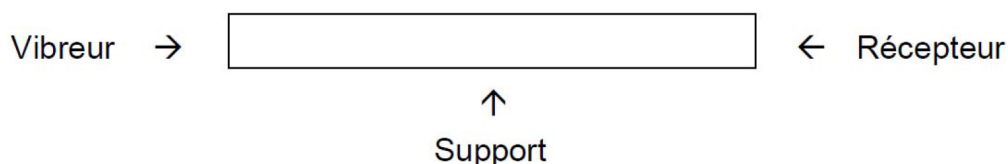
- a) Un oscillateur à fréquences variables, avec une gamme de fréquences de 20 kHz et une précision de 1 %.
- b) Un vibreur électromagnétique qui peut être ou non en contact mécanique avec l'éprouvette ; son poids doit être très léger comparé à celui de l'éprouvette.
- c) Un récepteur : un transducteur électromécanique et un amplificateur ; son poids doit être très léger comparé à celui de l'éprouvette.

Les fréquences de résonance du vibreur et du récepteur ne doivent pas se trouver entre 0,5 kHz et 20 kHz.

- d) Un amplificateur.
- e) Un appareillage indiquant l'amplitude des vibrations (un voltmètre, un milliampèremètre ou un oscilloscope).
- f) Un support très étroit sur lequel repose l'éprouvette pendant la mesure qui ne doit pas gêner la vibration longitudinale de l'éprouvette et qui doit être dans le plan nodal.

2 – Essai

L'éprouvette est centrée sur le support. Le vibreur et le récepteur sont disposés comme indiqué sur la (Figure A3).



▲ Figure A3 – Principe de la détermination du module d'élasticité dynamique par la méthode de la fréquence de résonance

Il est important que les extrémités de l'éprouvette puissent vibrer librement en direction axiale. Le générateur de vibrations et le récepteur, s'ils sont en contact avec l'éprouvette, doivent exercer une sollicitation très faible et égale sur les deux extrémités. Dans ce cas, il est recommandé de fixer la pièce mobile du vibreur et l'éprouvette



à l'aide d'un produit de couplage (mastic). Il en est de même pour le récepteur.

L'oscillateur à fréquences variables alimente le vibreur et l'éprouvette vibre dans le sens longitudinal. Les vibrations sont recueillies par le récepteur et, après amplification, leur amplitude est affichée sur un appareil à cadran (voltmètre, milliampèremètre, oscilloscope). Pour la plupart des gammes de fréquences, l'amplitude de vibration est assez petite. Mais, pour certaines fréquences, le déplacement devient appréciable. Les conditions de résonance sont créées lorsqu'une amplitude maximale est affichée sur le cadran.

La fréquence fondamentale de résonance longitudinale correspond à la fréquence la plus basse pour laquelle une amplitude maximale est obtenue (pour les fréquences harmoniques supérieures, une résonance est également produite).

Deux mesures sont réalisées : la vibration est produite successivement aux deux extrémités de l'éprouvette. La valeur moyenne est enregistrée. Si la différence entre les deux valeurs est supérieure à 5 %, la mise en vibration est recommencée.

La détermination du poids et la mesure des dimensions de l'éprouvette sont nécessaires pour calculer le module. La précision de la pesée est de 1/1000 et celle des dimensions de 1/100.

3 – Expression des résultats

La fréquence fondamentale de résonance longitudinale, ainsi que le poids et les dimensions de l'éprouvette étant connus, le module d'élasticité dynamique est déterminé au moyen de la formule suivante :

$$E_d = 4L^2 \cdot F^2 \cdot \rho \cdot 10^{-6}$$

E_d module d'élasticité dynamique longitudinal (MPa)

L longueur de l'éprouvette (m)

F fréquence de résonance longitudinale (Hz)

ρ masse volumique apparente (kg/m³)

Essai de retrait

La mesure est réalisée sur trois éprouvettes d'enduit de base de dimensions 160 × 40 × 20 mm préparées et stockées comme indiqué ci-dessus, en insérant des broches de mesure aux extrémités (40 × 10 mm) des éprouvettes. Les mesures sont relevées à intervalles réguliers.

La valeur obtenue après 28 jours est enregistrée. De plus, en cas de doute quant à la courbe associée à la stabilisation, l'essai est poursuivi et la valeur après 56 jours est enregistrée.

Produits d'épaisseur maximale 5 mm

Module d'élasticité statique, résistance à la traction et allongement à la rupture

Les essais sont réalisés sur des éprouvettes de dimensions 300 × 50 × 3 mm.

Les moules pour les éprouvettes sont confectionnés avec des bandes de 3 mm d'épaisseur en polystyrène extrudé collées sur des plaques en polystyrène expansé, positionnées comme il convient.

Après séchage de l'enduit de base (sans treillis), les éprouvettes sont désolidarisées du polystyrène au fil chaud.

L'éprouvette est soumise à un essai de traction jusqu'à rupture, au moyen d'une machine appropriée qui enregistre la force de traction et l'allongement. La distance entre les mâchoires de la machine est de 200 mm. L'éprouvette est maintenue entre les mâchoires, avec interposition de tampons. La vitesse de traction est de 2 mm/minute.

Les essais sont réalisés sur cinq éprouvettes stockées pendant 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR et sur cinq éprouvettes qui ont été soumises à l'essai de comportement hygrothermique comme décrit dans l'[ANNEXE B] (cf. B.11) du présent document (éprouvettes placées dans la « fenêtre » de la maquette).

A. 2. Isolant thermique

A. 2.1. Masse volumique

La masse volumique est déterminée conformément à la norme NF EN 1602.

A. 2.2. Caractéristiques dimensionnelles et aspect

Longueur et largeur

Elles sont déterminées conformément à la norme NF EN 822.

Épaisseur

Elle est déterminée conformément à la norme NF EN 823.

Équerrage

Il est déterminé conformément à la norme NF EN 824.

Planéité

Elle est déterminée conformément à la norme NF EN 825.



Aspect de surface

La surface fait l'objet d'une évaluation visuelle.

A. 2.3. Essais de stabilité dimensionnelle

Les essais sont réalisés conformément aux normes NF EN 1603 et NF EN 1604 (conditions spécifiées dans la norme produit).

A. 3. Armature

A. 3.1. Masse surfacique

La masse surfacique est déterminée en mesurant et en pesant une longueur de treillis d'un mètre. Pour les armatures en forme de rouleau, la largeur de l'échantillon doit être la même que celle du rouleau. Le résultat est exprimé en g/m².

A. 3.2. Taux de cendres

Cet essai ne concerne que les treillis en fibres de verre.

Le taux de cendres est déterminé à (625 ± 20) °C, jusqu'à poids constant, sur trois échantillons carrés de dimensions 100 × 100 mm découpés parallèlement au sens du fil et à au moins 100 mm du bord. Le résultat est exprimé en pourcentage par rapport au poids initial.

A. 3.3. Dimensions des mailles et nombre de fils

La dimension des mailles est déterminée en mesurant la distance entre 21 fils (par exemple, 20 mailles) dans le sens de la chaîne et de la trame.

L'ouverture de la maille est calculée en soustrayant l'épaisseur du fil de la taille de la maille.

A. 3.4. Allongement

Voir [ANNEXE B] (cf. B.1) du présent document.

A. 4. Dispositifs de fixation mécanique

A. 4.1 Dimensions

Les mesures doivent être indiquées dans l'ATE ou l'ÉTE de la fixation.

A. 4.2. Caractéristiques de charge, le cas échéant (en fonction du type de matériau)

Le résultat doit être indiqué dans les documents d'accompagnement.



ANNEXE B : Essais d'aptitude à l'emploi des composants et du procédé



Les méthodes d'essais décrites dans cette Annexe sont celles données dans le chapitre 5 de l'ETAG 004 pour les procédés avec isolant PSE.

Il s'agit des essais devant être nécessairement réalisés pour les procédés résultant d'un assemblage à façon de composants individuels.

Les essais décrits dans cette Annexe doivent faire l'objet d'un rapport rédigé par le laboratoire responsable des essais.

B.1. Résistance à la rupture et allongement du treillis en fibres de verre

La résistance à la traction et l'allongement du treillis en fibres de verre doivent être mesurés dans le sens de la trame et de la chaîne, sur dix échantillons respectivement. Ces échantillons doivent mesurer 50 mm sur, au moins, 300 mm. Ils doivent contenir au minimum 5 fils dans la largeur.

Les mors de la machine d'essai doivent être recouverts d'une surface caoutchoutée appropriée et doivent pouvoir accepter les échantillons dans leur largeur. Ils doivent être suffisamment rigides pour résister à la déformation pendant l'essai.

L'échantillon doit être disposé perpendiculairement aux mors de la machine d'essai de traction.

La longueur de l'éprouvette entre mors doit être de 200 mm.

La force de traction est augmentée avec une vitesse de traction constante de (100 ± 5) mm/minute jusqu'à rupture.

L'essai est réalisé à l'état initial et après immersion dans une solution alcaline (vieillessement).



La résistance en newton jusqu'à la rupture, ainsi que l'allongement sont enregistrés.

Les essais pour lesquels les éprouvettes ont glissé dans les mors ou se sont rompus au niveau des mors ne sont pas pris en compte.

Les calculs sont effectués pour déterminer :

- les valeurs individuelles de la résistance à la traction calculée à partir des forces de traction (F) par rapport à la largeur (w) de l'échantillon, en N/mm :

$$\beta = \frac{F}{w}$$

- les valeurs individuelles de l'allongement calculées à partir de l'allongement à la traction Δl par rapport à la longueur l de l'échantillon entre les mors, en % :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

- les valeurs moyennes de la résistance à la traction et de l'allongement, calculées à partir de ces valeurs individuelles ;
- la valeur résiduelle calculée à partir de la valeur moyenne de la résistance à la traction après vieillissement par rapport à la valeur de la résistance moyenne à la traction à l'état initial, en %.

Essai à l'état initial

L'essai est réalisé après avoir conditionné les échantillons à $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5) \% \text{ HR}$ pendant au moins 24 heures.

Essai après vieillissement

Les échantillons sont immergés pendant 28 jours dans une solution alcaline à $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$: 10 échantillons dans le sens de la chaîne et 10 échantillons dans le sens de la trame, dans 4 L de solution.

La composition de la solution est la suivante :

1 g NaOH, 4 g KOH, 0,5 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pour 1 L d'eau distillée.

Les échantillons sont ensuite rincés par immersion pendant 5 minutes dans une solution acide (5 mL de HCl dilué à 35 % pour 4 L d'eau) ; ils sont ensuite déposés successivement dans 3 bains d'eau (de 4 L chacun). Les échantillons restent 5 minutes dans chaque bain.

Ils sont ensuite séchés à $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5) \% \text{ HR}$ pendant 48 heures.



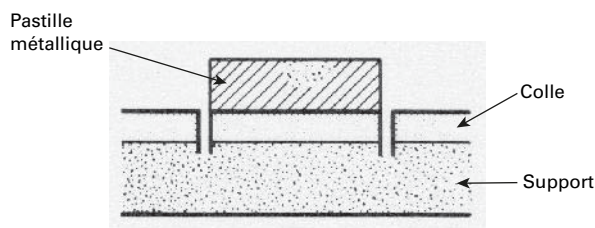
B.2. Adhérence de la colle sur le support

Les essais sont effectués uniquement pour les procédés avec isolant collé. Ils sont réalisés sur les supports suivants :

- support composé d'une dalle de béton lisse de 40 mm d'épaisseur au moins. Le rapport eau/ciment doit être de l'ordre de 0,45 à 0,48. La résistance à la traction de la dalle doit être d'au moins 1,5 MPa. Le taux d'humidité de la dalle avant essai doit être de 3 % maximum du poids total ;
- de plus, pour les colles sans ciment, le support le plus absorbant parmi ceux spécifiés par le demandeur de l'essai doit être utilisé.

La colle est étalée sur le support. En temps normal, l'épaisseur est de 3 à 5 mm, à moins qu'une autre valeur soit déterminée entre le demandeur de l'essai et le laboratoire responsable de l'essai.

Après avoir laissé sécher la colle à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR pendant au moins 28 jours, 15 carrés de 15 à 25 cm² de superficie sont découpés dans la colle jusqu'au support comme indiqué sur la (Figure B1). Des pastilles métalliques de taille appropriée sont fixées au moyen d'une colle *ad hoc*.



▲ Figure B1 – Essai d'arrachement

L'essai d'arrachement est effectué à une vitesse de (10 ± 1) mm/minute sur les échantillons suivants (cinq échantillons chacun) :

- sans conditionnement supplémentaire ;
- après immersion de la colle dans l'eau pendant 2 jours et séchage pendant 2 heures à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR ;
- après immersion de la colle dans l'eau pendant 2 jours et séchage pendant 7 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR.

La valeur d'arrachement moyenne $\sigma_{c,su}$ est basée sur les résultats des cinq essais.

Les valeurs individuelles et moyennes sont enregistrées et les résultats exprimés en MPa.

L'épaisseur de la colle testée doit être indiquée dans le rapport d'essais.

B.3. Adhérence de la colle sur l'isolant

Ces essais sont effectués uniquement pour les procédés avec isolant collé.

La colle est étalée sur l'isolant. En temps normal, l'épaisseur est comprise entre 3 et 5 mm, à moins qu'une autre valeur soit déterminée entre le demandeur de l'essai et laboratoire responsable de l'essai. Après séchage de la colle à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR pendant au moins 28 jours, 15 carrés de la taille appropriée sont découpés dans la colle jusqu'à l'isolant, comme indiqué sur la (Figure B1), à l'aide d'une meuleuse d'angle.

La dimension doit être la même que les échantillons servant à tester l'adhérence perpendiculaire aux faces conformément aux spécifications techniques de l'isolant thermique (50 x 50 mm pour du PSE, conformément à la norme NF EN 13163). Des pastilles métalliques carrées de taille appropriée sont fixées sur ces zones au moyen d'une colle *ad hoc*.

L'essai d'arrachement est effectué dans les mêmes conditions que celles décrites dans l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.2).

La valeur moyenne de l'adhérence $\sigma_{c, is}$ est basée sur le résultat de cinq essais.

Les valeurs individuelles et moyennes sont enregistrées et les résultats exprimés en MPa.

L'épaisseur de la colle testée doit être indiquée dans le rapport d'essais.

B.4. Adhérence de la couche de base armée sur l'isolant

Les essais d'adhérence sont réalisés à la fois :

- sur un panneau isolant revêtu de la couche de base armée appliquée conformément aux prescriptions de mise en œuvre et conservé pendant 28 jours ;
- sur des échantillons prélevés sur la maquette après les cycles hygrothermiques, voir [ANNEXE B] du présent document (cf. B.11) ou une éprouvette placée dans la chambre climatique (seulement si la partie inférieure du mur est constituée de la couche de base armée seule, sans aucune couche de finition) ; l'essai devra toujours être réalisé après 7 jours de séchage ;
- si les cycles de gel-dégel sont nécessaire conformément au § 5.13.3 du présent document : sur des éprouvettes ayant subi l'essai de gel-dégel prévu à l'[Annexe B] du présent document (cf. B.12) et séchées durant au moins 7 jours après la fin des cycles.



Cinq carrés de taille appropriée sont découpés dans la couche de base armée jusqu'à l'isolant, conformément à la (Figure B1), au moyen d'une meuleuse d'angle. La dimension doit être la même que les échantillons servant à tester l'adhérence perpendiculaire aux faces conformément aux spécifications techniques de l'isolant thermique (50 × 50 mm pour du PSE, conformément à la norme NF EN 13163). Des pastilles métalliques carrées de taille appropriée sont fixées sur ces zones au moyen d'une colle *ad hoc*.

L'adhérence $\sigma_{b,is}$ est ensuite mesurée avec une vitesse de traction de (10 ± 1) mm/minute.

La valeur moyenne de l'adhérence est basée sur le résultat de cinq essais.

Les valeurs individuelles et moyennes sont enregistrées et les résultats exprimés en MPa.

B.5. Adhérence du système d'enduit sur l'isolant

La méthode d'essai dépend du fait que la finition ait été testée ou non sur la maquette.

B.5.1. Finition testée sur la maquette

L'essai d'adhérence est réalisé sur la maquette après les cycles hygrothermiques, voir [ANNEXE B] du présent document (cf. B.11) et après au moins 7 jours de séchage. Cinq échantillons sont prélevés dans le système d'enduit de la finition jusqu'à l'isolant, comme indiqué dans la (Figure B1), à l'aide d'une meuleuse d'angle. La dimension doit être la même que les échantillons servant à tester l'adhérence perpendiculaire aux faces conformément aux spécifications techniques de l'isolant thermique (50 × 50 mm pour du PSE, conformément à la norme NF EN 13163). Des pastilles métalliques carrées de taille appropriée sont fixées sur ces zones au moyen d'une colle *ad hoc*.

Ensuite, l'adhérence σ est mesurée avec une vitesse de traction de 1 à 10 mm/minute.

Les valeurs individuelles et moyennes sont enregistrées et les résultats exprimés en MPa.

B.5.2. Finition non testée sur la maquette

L'essai est effectué sur un panneau isolant revêtu du système d'enduit appliqué conformément aux prescriptions de mise en œuvre.

Après avoir laissé sécher l'éprouvette à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR pendant 28 jours, cinq échantillons sont prélevés dans le système d'enduit jusqu'à l'isolant, comme indiqué dans la (Figure B1), à l'aide



d'une meuleuse d'angle. La dimension doit être la même que les échantillons servant à tester l'adhérence perpendiculaire aux faces conformément aux spécifications techniques de l'isolant thermique (50 × 50 mm pour du PSE, conformément à la norme NF EN 13163). Des pastilles métalliques carrées de taille appropriée sont fixées sur ces zones au moyen d'une colle *ad hoc*.

Les essais doivent être réalisés :

- sur éprouvettes vieilles par immersion dans l'eau durant 7 jours et séchage durant au moins 7 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR ;
- si les essais de gel-dégel sont nécessaires conformément au § 5.13.3 du présent document : sur éprouvettes ayant subi les cycles de gel-dégel conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.12) et séchées durant au moins 7 jours après la fin des cycles.

Dans le cas d'un produit d'impression optionnel et/ou d'un revêtement décoratif optionnel, au minimum les configurations sans le produit d'impression et/ou sans le revêtement décoratif devront être testées.

L'adhérence σ est ensuite mesurée avec une vitesse de traction de (10 ± 1) mm/minute.

Les valeurs individuelles et moyennes sont enregistrées et les résultats exprimés en MPa.

B.6. Résistance au vent des procédés fixés mécaniquement

B.6.1. Principes

Les éprouvettes utilisées pour les essais de déboutonnage des chevilles et les essais d'arrachement statique sont décrites dans le tableau B1.

La combinaison des essais (schéma 2b du tableau B1) doit être utilisée seulement dans le cas où la résistance de la cheville placée en joint (R_{joint}) ne peut pas être déterminée par essai de déboutonnage, due à un comportement non acceptable des éprouvettes durant l'essai.

Lorsque la combinaison des essais est employée (schéma 2b du tableau B1), l'influence des chevilles positionnées en joint est déduite par calcul en utilisant la relation :

$$R_{joint} = \frac{F - 2.R_{plein}}{6}$$



F charge maximale obtenue par l'essai d'arrachement statique, fractile 5 % (N)

R_{plein} résistance moyenne déterminée par essai de déboutonnage (N)

Les essais sont réalisés sur l'épaisseur d'isolant la plus faible.

▲ Tableau B1 – Éprouvettes pour essais sur procédés fixés mécaniquement par chevilles

1. Chevilles non positionnées à la jonction entre panneaux (R_{plein})	
ÉPROUVETTES	MÉTHODE D'ESSAI
<p>(1a)</p>	Essai de déboutonnage (cf. B.6.2)
<p>ou</p> <p>(1b)</p> <p>$a \geq 150 \text{ mm}$</p>	Essai d'arrachement statique (cf. B.6.3)
2. Chevilles positionnées à la jonction entre panneaux (R_{joint})	
ÉPROUVETTES	MÉTHODE D'ESSAI
<p>(2a)</p>	Essai de déboutonnage (cf. B.6.2)
<p>ou</p> <p>(2b)</p> <p>$a \geq 150 \text{ mm}$</p>	Essai de déboutonnage (cf. B.6.2) Essai d'arrachement statique (cf. B.6.3)

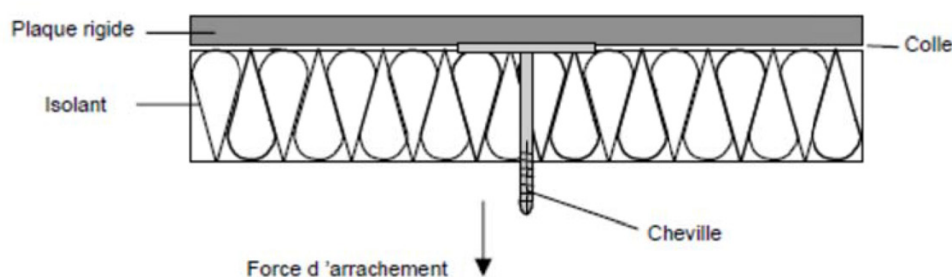
B.6.2 Résistance au déboutonnage de la cheville à travers l'isolant

L'essai de déboutonnage des chevilles de fixation pour isolant n'est pas requis si le procédé est collé, ou collé avec chevilles uniquement utilisées comme fixations supplémentaires.

Pour les isolants thermiques en PSE conformes à la norme NF EN 13163, cet essai est réalisé à l'état sec.

Des échantillons d'isolant thermique, mesurant 350 × 350 mm, avec une cheville enfoncée au centre de chaque échantillon ou à la jonction entre panneaux comme indiqué sur le schéma 2a du tableau B1, sont collés au moyen d'une colle appropriée sur un support rigide. La rosace de la cheville est préalablement recouverte avec une feuille de désolidarisation.

Après séchage de la colle, une force d'arrachement est exercée, à la vitesse de 20 mm/minute, entre la plaque rigide et l'extrémité de la cheville traversant l'isolant thermique (Figure B2). L'essai est mené jusqu'à rupture.



▲ Figure B2 – Réalisation de l'essai de déboutonnage

Cinq essais ou plus (en fonction de la dispersion des résultats) doivent être réalisés. Cependant, les données historiques obtenues à partir de trois échantillons testés peuvent être utilisés.

Les résultats ne sont pas valables si la rupture se produit sur le bord de l'échantillon. Dans de tels cas, les dimensions de l'échantillon doivent être augmentées.

Le rapport d'essai doit indiquer :

- les valeurs individuelles et la valeur moyenne R_{plein} et/ou R_{joint} exprimées en N ;
- les graphiques charge/déplacement pour tous les échantillons testés ;
- la résistance à la traction perpendiculaire aux faces de l'isolant thermique testé (résultat d'essai conformément à la norme NF EN 1607).

B.6.3. Résistance à l'arrachement statique (*static foam block test*)

Le procédé est appliqué sur une dalle de béton, sans collage supplémentaire, conformément aux prescriptions de mise en œuvre.

Les dimensions doivent être choisies en fonction des dimensions standards de fabrication de l'isolant thermique, en utilisant l'épaisseur minimale.

Pour les procédés fixés par chevilles, les éprouvettes sont préparées conformément aux prescriptions du demandeur de l'essai et en



prenant en compte l'influence des chevilles positionnées à la jonction entre panneaux comme illustré dans le Tableau B1, voir [ANNEXE B] du présent document (cf. B.6.1).

Pour un isolant en PSE, au moins trois essais (en fonction de la dispersion des résultats) doivent être réalisés.

La (Figure B3) représente en détail le montage d'essai. La force F_t est générée par un vérin hydraulique et exercée *via* un dynamomètre sur un panneau en contreplaqué ou une autre plaque rigide. La vitesse de charge doit être de l'ordre de (10 ± 1) mm/minute. La plaque de répartition des forces est fixée au moyen de vis à bois sur un panneau en contreplaqué, lui-même collé sur les blocs de mousse au moyen d'une colle époxy à deux composants. La surface de l'échantillon n'étant pas accessible directement, le déplacement de la surface de l'enduit est mesuré en utilisant une tige d'extension passant dans un trou pratiqué dans l'un des blocs de mousse.

Les blocs de mousse doivent être suffisamment déformables pour suivre tous les déplacements du revêtement sans affecter la rigidité du procédé. Les blocs doivent donc se présenter sous la forme de pièces rectangulaires ne dépassant pas 300×300 mm de largeur. Leur hauteur doit être d'au moins 300 mm.

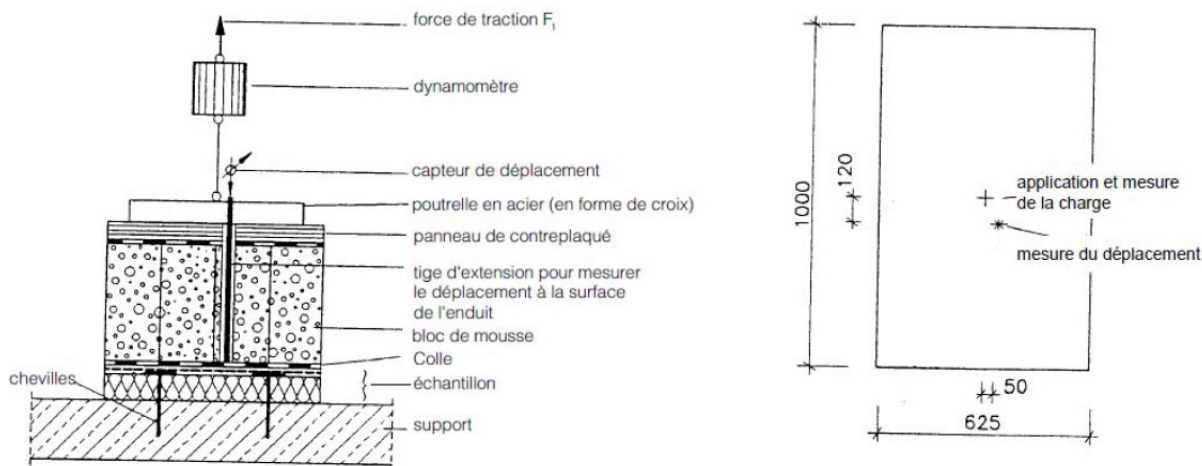
NOTE

Dans un premier temps, il est conseillé de commencer avec une longueur de bloc de 500 mm. Les blocs peuvent être découpés au fil chaud à la fin de l'essai. Ils peuvent être réutilisés au moins 20 fois jusqu'à ce que la longueur résiduelle soit d'environ 300 mm.

La résistance à la traction du matériau doit être de l'ordre de 80 à 150 kPa et la déformation à rupture doit dépasser 160 %. La résistance à la compression selon la norme ISO 3386-1 ou ISO 3386-2 doit être de l'ordre de 1,5 à 7,0 kPa. Par exemple, la mousse de polyéther convient.

Pour les isolants thermiques en PSE conformes à la norme NF EN 13163, cet essai est réalisé à l'état sec, jusqu'à rupture.

Le rapport d'essai doit indiquer en détail les charges de rupture, les valeurs individuelles et la valeur moyenne R_{panneau} obtenues ainsi que la résistance à la traction perpendiculaire aux faces de l'isolant thermique testé (résultat d'essai conformément à la norme NF EN 1607).



▲ Figure B3 – Montage d'essai selon la méthode de l'arrachement statique

B.7. Résistance au déboutonnage de la cheville à travers le profilé

Cet essai établit la résistance au déboutonnage R_{pr} d'une fixation (cheville) au travers de la perforation du profilé.

NOTE

La résistance au déboutonnage des fixations des profilés utilisés comme accessoires (profilés de base, profilés d'arrêt, ...) n'est pas requise.

Cet essai est réalisé sur cinq échantillons mesurant chacun (300 ± 20) mm avec une perforation centrale de 6 mm obtenue par perçage.

Le montage d'essai se compose des éléments suivants :

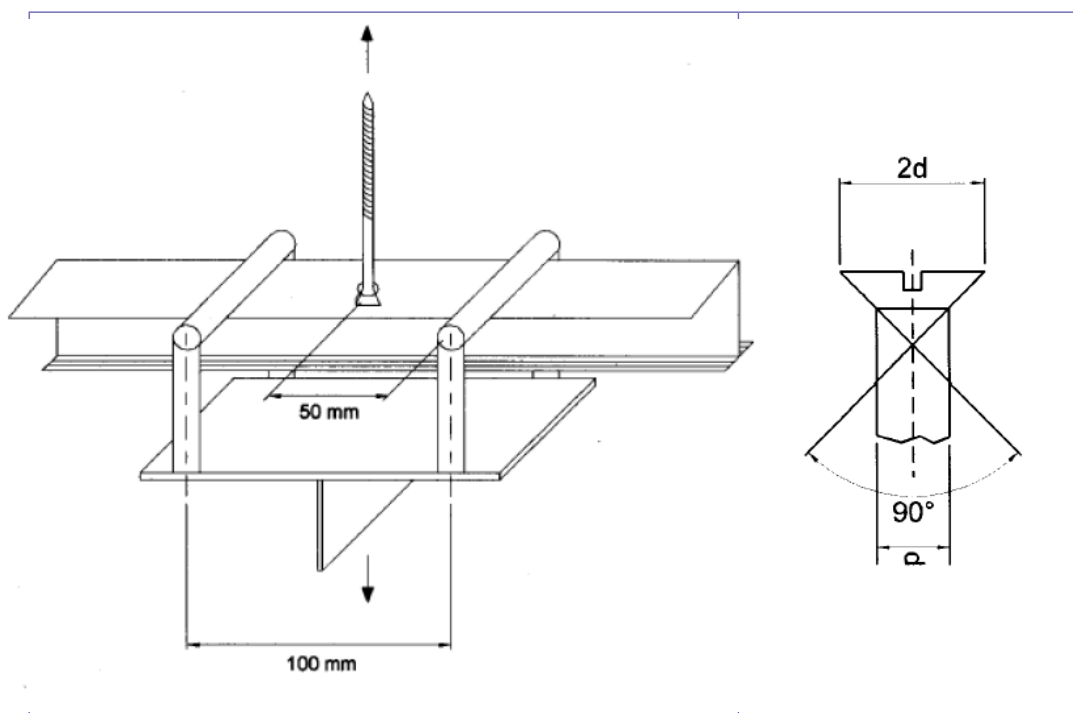
- un dynamomètre ;
- un support et une vis métallique comme illustré à la (Figure B4).

Les échantillons sont conditionnés pendant au moins 2 heures à (23 ± 2) °C avant l'essai.

La vis est placée perpendiculairement au profilé comme illustré à la (Figure B4).

L'essai de traction est réalisé à (23 ± 2) °C. La vitesse de traction est de 20 mm/minute.

Les résistances individuelles et la valeur moyenne de résistance au déboutonnage sont notées et les résultats sont exprimés en N.



▲ Figure B4 – Essai de résistance au déboutonnage sur un profilé

B.8. Résistance aux chocs

L'essai de résistance aux chocs doit être réalisé sur la maquette après les cycles hygrothermiques, comme décrit dans l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.10).

Pour les finitions non testées sur la maquette ou pour des essais complémentaires (double armature, etc.), l'essai peut aussi être effectué sur des éprouvettes vieilles par immersion dans l'eau pendant 6 à 8 jours puis séchées pendant 7 jours à $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5) \% \text{HR}$. Pour un type de finition, l'essai doit être réalisé *a minima* sur la finition la plus fine (généralement la plus petite granulométrie avec aspect ribbé). Les quantités et/ou les épaisseurs appliquées doivent être notées, ainsi que l'identification du treillis réalisée selon l'[ANNEXE A] du présent document (cf. A3).

Les essais de résistance aux chocs de corps dur doivent être réalisés conformément à la norme ISO 7892. Les points d'impact sont choisis en prenant en compte les divers modes de comportement de paroi et de leur revêtement, qui varient selon que le point d'impact est situé ou non dans une zone de plus grande rigidité (renforcement).

Les essais de résistance aux chocs de corps durs (10 Joules) sont effectués sur trois éprouvettes avec une bille d'acier pesant 1,0 kg lâchée d'une hauteur de 1,02 m.

Les essais de résistance aux chocs de corps durs (3 Joules) sont effectués sur trois éprouvettes avec une bille d'acier pesant 0,5 kg lâchée d'une hauteur de 0,61 m.

À l'issue des essais :

- le diamètre de l'impact est mesuré et indiqué ;
- la présence de microfissures ou de fissures, au point d'impact et à la circonférence, est notée.

En cas d'essai avec treillis renforcé, l'extrapolation des résultats à des treillis très différents (autre taille de maille, autre masse surfacique) doit être examinée avec attention.

En cas d'application optionnelle d'un produit d'impression ou d'un revêtement décoratif, au moins une configuration sans ces composants doit être testée.

B.9. Absorption d'eau par capillarité

Les éprouvettes sont préparées en prenant des panneaux de l'isolant, de surface 200 × 200 mm au moins, et en appliquant conformément aux prescriptions de mise en œuvre, l'épaisseur, la consommation par m² et le mode d'application, à la fois pour :

- la couche de base armée seule ;
- les systèmes d'enduit ; dans le cas où l'application du produit d'impression et/ou du revêtement décoratif est optionnelle, une configuration sans ces composants doit être testée.

Au sein d'un type de finition, l'essai devra au moins être réalisé sur la finition la plus épaisse (généralement la finition avec la granulométrie la plus importante et l'aspect taloché).

Pour chaque configuration, trois éprouvettes sont préparées. Les consommations et/ou épaisseurs appliquées doivent être enregistrées, ainsi que l'identification des composants selon l'[ANNEXE A] du présent document.

Les éprouvettes ainsi préparées sont conditionnées au moins 7 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR.

Les faces latérales des éprouvettes, comprenant l'isolant, sont étanchées vis-à-vis de l'eau, de façon à s'assurer que seule la face revêtue de la couche de base armée ou du système d'enduit soit soumise à l'absorption d'eau pendant la durée de l'essai.

Les éprouvettes sont ensuite exposées à une série de 3 cycles comprenant les phases suivantes :

- immersion pendant 24 heures dans de l'eau du robinet à (23 ± 2) °C. Les éprouvettes sont immergées, face revêtue vers le bas, à une profondeur de 2 à 10 mm, l'épaisseur d'immersion dépendant du relief de la surface. Afin d'obtenir une humidification complète de la surface, les éprouvettes doivent être inclinées au moment de leur immersion dans l'eau. La profondeur d'immersion peut être réglée au moyen d'une planchette réglable en hauteur ;



- séchage de 24 heures à (50 ± 5) °C.

Si des interruptions sont nécessaires, par exemple pendant les week-ends ou les vacances, les éprouvettes sont stockées à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR après le séchage à (50 ± 5) °C.

Après les cycles, les éprouvettes sont conditionnées à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR pendant au moins 24 heures.

L'essai est effectué en immergeant de nouveau les éprouvettes dans un bain d'eau, comme décrit ci-dessus.

Les éprouvettes sont pesées après 3 minutes d'immersion dans le bain (poids de référence), puis après 1 heure et 24 heures. Avant la seconde pesée et les suivantes, la surface des éprouvettes est essuyée à l'aide d'un tissu éponge humide.

Les absorptions d'eau par capillarité de la couche de base armée sur l'isolant W_b et du système d'enduit sur l'isolant W , après 1 heure et après 24 heures, correspondent aux reprises de poids par rapport à la référence à 3 minutes d'immersion.

B.10. Comportement aux cycles hygrothermiques

B.10.1. Principe de préparation de la maquette

D'une manière générale, une seule couche de base armée et au maximum quatre enduits de finition (divisions verticales) peuvent être appliqués par maquette.

Si plusieurs colles sont proposées, une seule doit être testée sur la maquette.

Si plus de quatre finitions sont proposées, le maximum de ces finitions, représentatif des différents types proposés, doit être testé sur la/les maquette(s). De plus, si l'absorption d'eau par capillarité de la couche de base armée après 24 heures est supérieure ou égale à $0,5 \text{ kg/m}^2$, voir [ANNEXE B] du présent document (cf. B.9), chaque type de finition à base de liant uniquement organique (sans ciment) doit être soumis aux cycles hygrothermiques sur la maquette.

Toutes les finitions non testées sur la maquette doivent être examinées conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.5).

Si différentes finitions peuvent être utilisées dans le procédé, la partie basse de la maquette ($1,5 \times$ hauteur du panneau isolant) ne comporte que la couche de base armée sans couche de finition.

Si plusieurs procédés ne diffèrent que par le mode de fixation de l'isolant (collé ou fixé mécaniquement), l'essai est conduit sur le procédé collé à la périphérie de la maquette et fixé mécaniquement en partie centrale.



Le procédé est appliqué, conformément aux préconisations de mise en œuvre, sur un support suffisamment stabilisé en maçonnerie ou en béton.

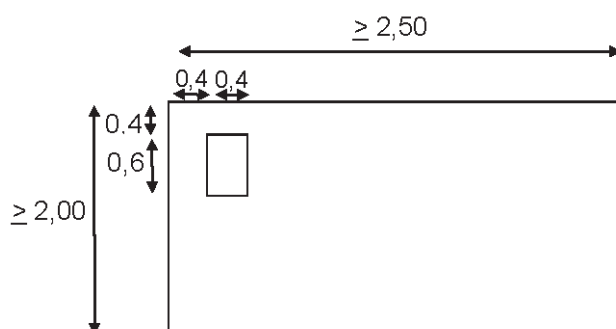
Le procédé doit également être appliqué sur les faces latérales de la maquette avec une épaisseur maximale uniforme d'isolant de 20 mm.

Les isolants nécessitant une stabilisation (délai prescrit entre la fabrication et la vente) ne doivent pas avoir dépassé de plus de 15 jours le délai minimal demandé.

Les dimensions de la maquette doivent être :

- surface $\geq 6 \text{ m}^2$;
- largeur $\geq 2,50 \text{ m}$;
- hauteur $\geq 2,00 \text{ m}$.

Une ouverture rectangulaire (partie du support laissée brute, sans isolant) de 0,40 m de large par 0,60 m de haut, positionnée à 0,40 m de chaque bord, est placée dans le coin de la maquette, comme indiqué sur la (Figure B5).



▲ Figure B5 – Dimensions de la maquette (en mètres) pour les cycles hygrothermiques

Des profilés de renforcement aux angles de l'ouverture sont mis en place si nécessaire.

La mise en place d'un appui de baie et d'autres accessoires au niveau de l'ouverture est de la responsabilité du demandeur de l'essai.

B.10.2. Réalisation et conditionnement de la maquette

L'application de la maquette doit être réalisée par le demandeur de l'essai. Elle doit être supervisée par le laboratoire responsable des essais, afin de contrôler différents points :

- dans le cas d'un isolant nécessitant une stabilisation (délai prescrit entre la fabrication et la vente), vérifier que celui-ci n'a pas dépassé de plus de 15 jours le délai minimal demandé ;
- vérifier le respect des prescriptions des fabricants : toutes les étapes doivent être en accord avec le Dossier Technique du demandeur de l'essai ;



- noter toutes les étapes de l'application :
 - date et heure des différentes étapes,
 - température et pourcentage d'humidité relative pendant l'application (chaque jour – au moins au commencement),
 - nom et numéro de lot des composants,
 - mode de fixation de l'isolant,
 - schéma décrivant la maquette (emplacement des fixations et des joints entre panneaux isolants, ...),
 - préparation des produits (outils, taux de gâchage, temps de repos avant utilisation, ...), ainsi que leur mode d'application (application manuelle, application mécanisée, nombre de couches, ...),
 - consommations et/ou épaisseurs des produits appliqués par m²,
 - délais de séchage entre chaque couche,
 - accessoires et mode d'utilisation des accessoires,
 - autres informations.

Les consommations et/ou épaisseurs appliquées doivent être enregistrées, ainsi que l'identification des composants selon l'[ANNEXE A] du présent document.

Le procédé est conditionné en intérieur pendant au moins 4 semaines. Pendant cette période, la température ambiante doit être comprise entre 10 °C et 25 °C. L'humidité relative ne doit pas être inférieure à 50 %. Afin de s'assurer que ces conditions sont bien respectées, des enregistrements doivent être effectués régulièrement. Afin d'éviter que le procédé sèche trop rapidement, le demandeur de l'essai peut demander que l'enduit soit arrosé une fois par semaine, pendant environ 5 minutes. Le début de l'arrosage doit être indiqué par le demandeur de l'essai.

Pendant le conditionnement, toutes les déformations du procédé, c'est-à-dire cloquage, fissuration, etc. sont enregistrées.

Pour une couche de base armée d'épaisseur maximale 5 mm, quelques éprouvettes sont préparées conformément à l'[ANNEXE A] du présent document (cf. A.1) et placées dans l'ouverture de la maquette.

B.10.3. Cycles hygrothermiques

L'appareillage d'essai est positionné contre la face avant de la maquette, de 0,10 à 0,30 m des angles.

Les températures spécifiées pendant les cycles sont mesurées à la surface de la maquette. La régulation doit être obtenue à l'aide de la température de l'air.



Cycles chaleur-pluie

La maquette est soumise à une série de 80 cycles de 6 heures comprenant les phases suivantes :

1. Chauffage à 70 °C (montée en température en 1 heure) et maintien à (70 ± 5) °C et 10 à 30 % HR pendant 2 heures (total de 3 heures),
2. Arrosage pendant 1 heure (température de l'eau (15 ± 5) °C, débit d'eau 1 L/m².min),
3. Repos pendant 2 heures (égouttage).

Cycles chaleur-froid

Après au moins 48 heures de conditionnement à une température comprise entre 10 et 25 °C et une humidité relative minimale de 50 %, la même maquette est exposée à une série de 5 cycles de 24 heures comprenant les phases suivantes :

1. Exposition à (50 ± 5) °C (montée en température en 1 heure) et au plus 30 % HR pendant 7 heures (total de 8 heures),
2. Exposition à une température de $(- 20 \pm 5)$ °C (refroidissement pendant 2 heures) pendant 14 heures (total de 16 heures).

Tous les quatre cycles pendant les cycles chaleur-pluie et tous les cycles pendant les cycles chaleur-froid, les observations relatives à une modification de caractéristiques ou de performance (cloquage, décollement, faïençage, perte d'adhérence, formation de fissures, etc.) sur le procédé complet, ainsi que sur la partie de la maquette ne comprenant que la couche de base armée sont enregistrées comme suit :

- la surface du procédé est examinée afin d'établir si des fissures sont apparues. Les dimensions et la position des fissures doivent être mesurées et enregistrées ;
- la surface doit également être examinée pour tout cloquage ou pelage et l'emplacement ainsi que l'étendue doivent être notés ;
- l'impact des appuis de baie et des profilés sur les dégradations/ dommages constatés sur le procédé doivent être examinés. De nouveau, leur emplacement et leur étendue doivent être notés.

À l'issue de cet essai, une investigation plus poussée, comprenant des découpes au niveau des zones fissurées pour observer une éventuelle présence d'humidité dans le procédé est réalisée.

Des essais d'adhérences selon l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.4 et B.5) et des essais de résistance aux chocs selon l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.8) doivent être réalisés, après au moins 7 jours de séchage de la maquette qui suivent les cycles hygrothermiques.



B.11. Résistance à l'action du gel et du dégel

L'essai doit être réalisé sur trois éprouvettes de dimensions 500 x 500 mm composées de l'isolant spécifié revêtu :

- de la couche de base armée (sans finition) si l'absorption d'eau par capillarité après 24 heures est supérieure ou égale à 0,5 kg/m² ;
- de tous les systèmes d'enduit proposés par le demandeur de l'essai, c'est-à-dire la couche de base armée recouverte de chaque type d'enduit de finition (incluant ou non un produit d'impression et/ou un revêtement décoratif) qui conduit à une absorption d'eau par capillarité supérieure ou égale à 0,75 kg/m² après 24 heures. Dans le cas où l'application du produit d'impression et/ou du revêtement décoratif est optionnelle, une configuration sans ces composants devra être testée.

Ces éprouvettes sont préparées conformément aux prescriptions de mise en œuvre, puis sont stockées pendant au moins 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR.

Les consommations et/ou épaisseurs appliquées doivent être enregistrées, ainsi que l'identification des composants selon l'[ANNEXE A] du présent document.

Les éprouvettes sont soumises à une série de 30 cycles de 24 heures comprenant les phases suivantes :

1. immersion des éprouvettes dans l'eau à (23 ± 2) °C pendant 8 heures, face revêtue vers le bas, dans un bain d'eau, selon la méthode décrite dans l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.9) ;
2. gel à (- 20 ± 2) °C (diminution de la température en 5 heures) pendant 16 heures.

Si l'essai est interrompu, du fait de la manipulation manuelle des éprouvettes et des interruptions pendant les weekends ou les vacances, les éprouvettes doivent toujours être immergées dans l'eau entre les cycles.

NOTE

Les températures spécifiées sont mesurées à la surface des éprouvettes. La régulation est obtenue au moyen d'air climatisé.

À la fin de l'essai, les observations relatives à une modification des caractéristiques de surface ou au comportement de l'ensemble du procédé sont enregistrées conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.10).

Toute déformation au niveau des bords des éprouvettes doit également être relevée.

Un essai d'adhérence doit ensuite être effectué conformément à l'[ANNEXE B] du présent document (cf. B.4 et B.5), pour chaque éprouvette soumise aux cycles de gel-dégel.



ANNEXE C : Isolation thermique



C.1. Contexte réglementaire

Les textes législatifs et réglementaires mentionnés dans ce paragraphe sont les textes en vigueur à la date de publication du présent document.

C.1.1. Réglementations thermiques dans le neuf et dans l'existant

La réglementation thermique se décline en deux réglementations qui concernent d'une part les bâtiments neufs (RT 2012) et d'autre part les bâtiments existants (RT Existant globale et RT Existant par éléments).

L'application de la RT 2012, couverte par les arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012, s'échelonne selon les catégories et l'usage des bâtiments entre le 27 octobre 2011 et le 1^{er} janvier 2013.

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 1000 m² 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, s'applique aux cas des rénovations non visés par la RT Existant globale.

C.1.2. Respect des exigences globales

La RT 2012 fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur le besoin bioclimatique (*Bbio*), les ponts thermiques (ratio ψ), la perméabilité à l'air, la consommation en énergie primaire (*Cep*) et la température intérieure de confort (*Tic*).



La RT Existant globale fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur la déperdition moyenne par transmission à travers l'enveloppe ($U_{bât}$), la consommation en énergie primaire (C_{ep}) et la température intérieure de confort (T_{ic}). Elle fixe par ailleurs une exigence de réduction de la C_{ep} initiale.

La RT Existant par éléments ne fixe pas d'exigence globale à l'échelle du bâtiment.

C.1.3. Respect des exigences minimales et valeurs limites concernant le procédé

Contrairement à la RT 2005 (ancienne réglementation thermique en travaux neufs), la RT 2012 ne fixe pratiquement plus d'exigence à l'échelle des parois, mais conserve une exigence minimale sur le pont thermique du plancher intermédiaire.

La RT Existant globale fixe des coefficients de transmission surfacique (U) à ne pas dépasser à l'échelle des parois.

La RT Existant par éléments fixe une exigence minimale sur la résistance thermique totale (R) des composants qui ont été remplacés ou installés.

Les procédés d'ITE sont soumis aux exigences minimales résumées dans le tableau C1.

▲ Tableau C1 – Exigences réglementaires pour les parois en contact avec l'extérieur

RT		Exigences		
		U (W/m ² .K)	ψ moyen (W/m.K)	R (m ² .K/W)
Neuf	2005 ⁽¹⁾	$U_p \leq 0,45$ pour les parois en contact avec l'extérieur $U_p \leq 0,45/b$ pour les parois en contact avec un local non chauffé ⁽²⁾	$\psi \leq 0,65$ pour dans le cas des maisons individuelles $\psi \leq 1,00$ dans le cas des bâtiments d'habitation autres que les maisons individuelles $\psi \leq 1,20$ dans le cas des bâtiments à usage autres que d'habitation	-
	2012	-	$\psi \leq 0,6$ pour les planchers intermédiaires	-



RT		Exigences		
		U (W/m ² .K)	ψ moyen (W/m.K)	R (m ² .K/W)
Existant	Globale	$U_p \leq 0,45$ pour les parois en contact avec l'extérieur $U_p \leq 0,45/b$ pour les parois en contact avec un local non chauffé ⁽²⁾	-	-
	Par éléments	-	-	$R \geq 2,3$ pour les parois en contact avec l'extérieur de bâtiments situés en zones climatiques H1, H2 et H3 ≤ 800 mètres $R \geq 2,0$ dans les autres cas

1. Les exigences réglementaires de la RT 2005 sont données pour mémoire.
2. b est le coefficient de réduction des déperditions vers les volumes non chauffés, défini dans le fascicule 1 des RèglesTh-Bât en vigueur.

C.2. Éléments de calcul thermique pour une paroi revêtue d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant

C.2.1. Résistance thermique du procédé

La résistance thermique apportée par le procédé à la paroi est prise égale à la résistance thermique de l'isolant R_D (la contribution du système d'enduit à la résistance thermique est négligeable).

Si l'isolant est constitué d'un seul matériau homogène, la résistance R_D (en m².K/W) est donnée par la relation :

$$R_D = 10^{-3} \cdot \frac{e_D}{\lambda_D}$$

e_D épaisseur de l'isolant (mm)

λ_D conductivité thermique de l'isolant (W/m.K)

C.2.2. Coefficient de transmission thermique de la paroi revêtue du procédé

Les ponts thermiques engendrés par les chevilles de fixation pour isolant peuvent influencer sur le coefficient de transmission thermique de la paroi revêtue du procédé et doivent être pris en compte en utilisant la relation suivante :

$$U_p = U_c + \chi.n_s$$



U_p coefficient de transmission thermique surfacique corrigée de la paroi revêtue du procédé, incluant les ponts thermiques (W/m².K)

U_c coefficient de transmission thermique surfacique de la paroi revêtue du procédé, hors ponts thermiques intégrés (W/m².K)

n_s densité surfacique de chevilles pour isolant (m⁻²)

χ coefficient de transmission thermique ponctuelle de la cheville pour isolant (W/K)

Le coefficient χ est :

- soit indiqué dans la DoP de la cheville ;
- soit déterminé par calcul selon le chapitre II du fascicule 5/5 des Règles Th-Bât, ou plus généralement selon la norme NF EN ISO 10211 ;
- soit donné dans le tableau C2, en l'absence d'un calcul spécifique correspondant à la configuration étudiée (tableau valable uniquement pour des chevilles posées « à fleur »).

▲ Tableau C2 – Valeurs forfaitaires du coefficient χ de la cheville pour isolant (exprimées en W/K)

		Nature de la pièce d'expansion de la cheville		
		acier galvanisé	acier inox	plastique
Épais- seur de l'iso- lant (mm)	50	0,004	0,002	0,000
	100	0,003	0,002	
	150	0,003	0,001	
	200	0,003	0,001	
	250	0,003	0,001	
	300	0,003	0,001	

Le coefficient U_c est donné par la relation suivante :

$$U_c = \frac{1}{R_D + R_{\text{support}} + R_{se} + R_{si}}$$

R_{support} résistance thermique de la paroi (m².K/W)

R_{se} résistance thermique superficielle extérieure (m².K/W)

R_{si} résistance thermique superficielle intérieure (m².K/W)

La somme $R_{se} + R_{si}$ est prise égale à 0,17 m².K/W.

L'influence des ponts thermiques intégrés est donnée par la relation suivante :

$$\frac{\Delta U}{U_c} = \frac{U_p - U_c}{U_c} = \frac{\chi \cdot n_s}{U_c}$$

C.2.3. Exemple de calcul

On considère une paroi en béton d'épaisseur 20 cm ; sa résistance thermique est $R_{\text{support}} = 0,12$ m².K/W.



Cette paroi est revêtue d'un procédé d'ITE par enduit sur PSE fixé mécaniquement par chevilles :

- les panneaux en PSE sont de dimensions 1000 × 500 mm et d'épaisseur 150 mm ; la surface d'un panneau est $A_D = 0,5 \text{ m}^2$ et la résistance thermique des panneaux est $R_D = 3,85 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- les panneaux sont fixés à raison de 6 chevilles par panneau, posées « en plein » et montées « à fleur » ;
- les pièces d'expansion des chevilles sont en acier galvanisé ; le coefficient de transmission thermique ponctuelle est $\chi = 0,003 \text{ W/K}$ pour une épaisseur d'isolant de 150 mm.

Le coefficient U de la paroi non revêtue est égal à :

$$U = 1 / (0,12 + 0,17) = 3,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Le coefficient U_c de la paroi revêtue du procédé d'ITE est égal à :

$$U_c = 1 / (3,85 + 0,12 + 0,17) = 0,242 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Le coefficient corrigé U_p de la paroi revêtue du procédé d'ITE est égal à :

$$U_p = 0,242 + 0,003 \times (6 / 0,5) = 0,278 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

valeur arrondie à 0,28 W/m².K

L'impact des ponts thermiques engendrés par les chevilles est égal à :

$$\Delta U / U_c = [0,003 \times (6 / 0,5)] / 0,242 = 0,149, \text{ soit environ } 15 \%$$

C.3. Ponts thermiques de liaison

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant permettent de réduire très fortement les ponts thermiques de liaison au niveau des refends et des planchers intermédiaires.

Certains points singuliers sont toutefois difficiles à traiter du fait de l'interruption d'isolation et nécessitent des traitements adaptés :

- jonction avec un balcon ;
- jonction avec un plancher bas ;
- jonction avec un plancher haut en toiture ;
- encadrement des fenêtres : pour les menuiseries posées côté intérieur avec fixation en applique, l'absence de retours d'isolant en tableaux, appui et voussure génère des ponts thermiques qui peuvent doubler les déperditions par rapport à des encadrements correctement isolés. Ces ponts thermiques peuvent également être source de pathologies liées aux condensations et aux moisissures.

Les ponts thermiques de liaison sont déterminés par calcul selon le chapitre II du fascicule 5/5 des Règles Th-Bât ou plus généralement selon la norme NF EN ISO 10211.

Des valeurs tabulées des coefficients ψ des ponts thermiques de liaison sont disponibles dans le fascicule 5 des Règles Th-Bât.



ANNEXE D : Réaction au feu



D. 1. Contexte réglementaire

Les textes législatifs et réglementaires mentionnés dans ce paragraphe sont les textes en vigueur à la date de publication du présent document.

D. 1.1. Classification des bâtiments sous l'angle de la sécurité incendie

La réglementation distingue :

- les bâtiments d'habitation ;
- les établissements recevant du public (ERP) ;
- les immeubles de grande hauteur (IGH) ;
- les immeubles de bureaux visés par le Code du travail.

Les bâtiments d'habitation relèvent de l'arrêté du 31 janvier 1986 qui classe les bâtiments comme suit :

- 1^{re} famille :
 - Individuel : R+1 jumelé ou isolé,
 - Individuel : rez-de-chaussée en bande,
 - Individuel : R+1 en bande mais avec une structure indépendante.
- 2^e famille :
 - Individuel : autres cas que ceux de la 1^{re} famille,
 - Collectif jusqu'à R+3.
- 3^e famille :
 - 3^e famille A : collectif jusqu'à R+7 avec trois conditions :
dernier plancher à moins de 28 m,

portes palières à moins de 7 m des escaliers,
accès escalier atteint par voie échelles,

- 3^e famille B : collectif jusqu'à R+7 ne satisfaisant pas à l'une des conditions de la 3^e famille A, mais présentant un accès à moins de 50 m d'une voie ouverte à la circulation.
- 4^e famille : collectif dont le plancher haut est situé entre 28 et 50 m, avec au moins un accès à moins de 50 m d'une voie ouverte à la circulation.

Les ERP relèvent de l'arrêté du 25 juin 1980, qui classe les bâtiments 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 ERP en cinq catégories en fonction de l'effectif reçu :

- 1^{re} catégorie : au-dessus de 1500 personnes ;
- 2^e catégorie : de 701 à 1500 personnes ;
- 3^e catégorie : de 301 à 700 personnes ;
- 4^e catégorie : 300 personnes et au-dessous, à l'exception des établissements compris dans la 5^e catégorie ;
- 5^e catégorie : établissements dans lesquels l'effectif du public n'atteint pas le minimum fixé par le règlement de sécurité pour chaque type d'exploitation.

On distingue :

- les établissements du 1^{er} groupe : établissements de 1^{re} à 4^e catégories ;
- les établissements du 2^e groupe : établissements de 5^e catégorie.



Les IGH relèvent de l'arrêté du 30 décembre 2011. Les IGH sont :

- des immeubles d'habitation dont le plancher haut du dernier niveau est à plus de 50 m ;
- des ERP dont le plancher haut du dernier niveau est à plus de 28 m.

Les immeubles qui relèvent du Code du travail sont visés dans la 4^e partie de ce Code : Santé et sécurité au travail, articles R. 4216-1 à 4216-34. Les articles R. 4216-24 à R. 4216-29 concernent plus particulièrement les bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 m du sol.

D. 1.2. Exigences relatives à la réaction au feu des revêtements de façade

Chaque réglementation incendie indique la (ou les) performance(s) de réaction au feu à laquelle le revêtement de façade doit satisfaire. Ces performances sont décrites de façon succincte dans le tableau D1, en fonction du type de bâtiment.

▲ Tableau D1 – Exigence de réaction au feu du revêtement de façade en fonction du type de bâtiment

Type de bâtiment		Exigence de réaction au feu
Habitation	1 ^{re} famille avec distance à limite de parcelle > 4 m	M4
	1 ^{re} famille, autres cas	M3
	2 ^e famille	
	3 ^e et 4 ^e familles en étage avec $P/H \geq 0,8^{(1)}$	
	3 ^e et 4 ^e familles rdc et en étage avec $P/H \leq 0,8$	M2
ERP 1 ^{er} groupe	règle du « C + D » applicable ⁽²⁾	M3 ou D-s3, d0
	règle du « C + D » non applicable	M2 ou C-s3, d0
ERP 2 ^e groupe		pas d'exigence
Code du travail		
IGH		M0 ou A2-s3, d0
1. P : distance minimale à laquelle peut se trouver l'immeuble en vis-à-vis ; H : hauteur la plus élevée des deux immeubles. 2. La règle du « C + D » est décrite dans l'Instruction Technique n° 249 relative aux façades.		

L'exigence de réaction au feu est le plus souvent exprimée en catégories « M » (cinq catégories allant de M0 à M4) correspondant à l'ancien classement français. L'arrêté du 21 novembre 2002 fixe les classes déterminées selon la norme NF EN 13501-1 (appelées Euroclasses), admissibles au regard des catégories M, comme indiqué dans le tableau D2.

▲ Tableau D2 – Transposition du classement français vers le classement Européen de réaction au feu selon l'arrêté du 21 novembre 2002

Classe selon NF EN 13501-1			Exigence
A1	-	-	incombustible
A2	s1	d0	M0



Classe selon NF EN 13501-1			Exigence
A2	s1	d1 ⁽¹⁾	M1
A2	s2 s3	d0 d1 ⁽¹⁾	
B	s1 s2 s3	d0 d1 ⁽¹⁾	
C	s1 s2 s3	d0 d1 ⁽¹⁾	M2
D	s1 s2 s3	d0 d1 ⁽¹⁾	M3 M4 non gouttant
toutes classes autres que E-d2 et F			M4
1. Le niveau de performance d1 est accepté uniquement pour les produits qui ne sont pas thermofusibles dans les conditions de l'essai.			

Par exemple, pour satisfaire une exigence M1, un produit ou procédé classé au moins B-s3, d1 doit être utilisé ; pour un procédé d'ITE par enduit sur PSE, l'Euroclasse doit être au moins B-s3, d0.

NOTE

Le Tableau D2 n'est pas un tableau d'équivalence ; il permet néanmoins de répondre aux exigences réglementaires encore exprimées en catégories « M ».

D. 2. Règles pour la détermination de la réaction au feu des procédés d'ITE par enduit sur isolant

Les dispositions de ce paragraphe sont celles données dans l'Annexe D de l'ETAG 004 pour les procédés avec isolant en plastique alvéolaire.

D. 2.1. Généralités

Principes

La détermination de la réaction au feu des procédés d'ITE par enduit sur isolant est basée sur l'essai du « cas défavorable » – la configuration la plus critique au sens de la réaction au feu. Conformément aux règles décrites dans le texte ci-dessous, le classement obtenu sur la configuration la plus critique du procédé est valable pour toutes les configurations ayant de meilleures performances au sens de la réaction au feu.

Pour les composants du procédé, les principes suivants s'appliquent :

- l'enduit de base et l'enduit de finition avec la quantité de contenu organique la plus élevée (par rapport à la masse, telle



qu'en œuvre à l'état sec) ou la valeur de *PCS* la plus élevée (selon la norme NF EN ISO 1716)^(1) doivent être utilisés pour préparer l'éprouvette ;

- chaque produit d'impression et chaque revêtement décoratif doivent être testés, sauf s'ils peuvent être négligés conformément aux règles ci-dessous. Si la seule différence réside dans la quantité de contenu organique mais pas dans le composé organique lui-même, le produit d'impression et le revêtement décoratif avec la teneur organique la plus élevée ou la valeur de *PCS* la plus élevée (selon la norme NF EN ISO 1716) de ce composé organique doivent être testés ;
- le produit d'impression et/ou le revêtement décoratif peuvent être négligés dès lors qu'ils respectent les points suivants^(2) :
 - l'épaisseur du revêtement décoratif est inférieure à 200 μm ,
 - et la teneur en composés organiques ne dépasse pas 5 % (par rapport à la masse, telle qu'en œuvre à l'état sec) ;
- de plus, chaque enduit sélectionné pour essai conformément aux règles ci-dessus doit présenter la quantité d'agents ignifugeants la plus faible.

Propriétés des produits influençant le comportement en réaction au feu

- Type de produit isolant (composition, épaisseur, densité).
- Type d'enduit de base et d'enduits de finition (composition, épaisseur, masse surfacique).
- Type de produits d'impression et de revêtements décoratifs (composition, masse surfacique).
- Type d'armature (composition, épaisseur, masse surfacique).
- Type et nature des fixations.
- Type et nature des dispositifs coupe-feu (interruptions de la continuité d'isolation ou toute cavité)^(3).
- Teneur organique du liant et de tout additif organique ; ceci peut être vérifié en fournissant la formulation du composant, en réalisant des essais d'identification adaptés ou en déterminant la valeur calorifique nette.

■ 1 Le Demandeur des essais est responsable de l'information sur le contenu organique par unité de surface. Si cette information n'est pas disponible, la valeur de *IXΣ* est déterminée pour décider du cas défavorable.

■ 2 Cette règle pourra être reconsidérée lorsque plus d'expérience et plus de résultats d'essais seront disponibles.

■ 3 Les dispositifs coupe-feu sont importants pour le comportement de l'ensemble du système en façade et ne peuvent être évalués sur la base d'un essai SBI. L'influence peut seulement être observée durant un essai grandeur. Ces dispositifs ne sont donc pas inclus dans les règles de montages et de fixation pour l'essai SBI. Un scénario européen de référence pour le feu n'a pas été défini pour les façades. Une évaluation complémentaire, conformément aux dispositions nationales (par exemple sur la base de l'examen de solutions de conception ou d'un essai grande échelle), peut être nécessaire pour respecter la réglementation des Etats Membres, à moins que le système de classification européenne existant ait été achevé.



- Type et quantité de l'agent ignifugeant destiné à maintenir ou à améliorer la performance de réaction au feu du procédé ou de ses composants et en conséquence des éléments du bâtiment sur lesquels ils sont appliqués.

Bien que le reste de cette annexe applique le « scénario du cas défavorable » pour décider ce qui doit être testé, il est accepté qu'un Demandeur d'essai, qui produise une gamme de procédés ayant différents classements d'ensemble, puisse rassembler ces procédés en différents sous-groupes (chaque sous-groupe correspondant à un classement d'ensemble spécifique) avec pour chaque sous-groupe un « scénario du cas défavorable » identifié.

Lorsque les composants d'un procédé nécessitent une évaluation séparée (par opposition à l'évaluation d'un composant comme partie d'un procédé dans un ensemble), sont classés A1 sans essai conformément à la Décision 96/603 modifiée, ces composants n'ont pas besoin d'être testés.

D. 2.2. Essai selon la norme NF EN 13823 (essai SBI)

Cette méthode d'essai est appropriée pour les classes A2, B, C et D (dans certains cas pour A1 également⁽⁴⁾).

Dans la procédure d'essai, le procédé complet doit être testé. Le procédé est fixé sur un support représentatif de celui sur lequel le procédé est fixé dans son application finale (référence est faite à la norme NF EN 13238). La fixation doit être réalisée en utilisant soit la colle visée dans l'application finale, soit dans le cas d'une fixation purement mécanique les fixations mécaniques visées dans l'application finale. Lorsque des colles sont utilisées, le résultat d'essai est également valable pour des fixations mécaniques. Dans le cas d'une fixation mécanique avec des chevilles en plastique, le résultat d'essai est également valable pour des chevilles en métal.

L'épaisseur maximale de l'éprouvette pouvant être testée, y compris le support normalisé selon la norme NF EN 13238, est de 200 mm.

Cependant, en pratique, pour de nombreux procédés, l'épaisseur totale peut dépasser 200 mm. Dans ce cas, en utilisant un support normalisé, l'épaisseur du produit isolant doit être réduite pour atteindre une épaisseur maximale de 200 mm pour l'éprouvette. Les résultats obtenus sur un procédé à une épaisseur de 200 mm sont acceptés pour des épaisseurs plus importantes.

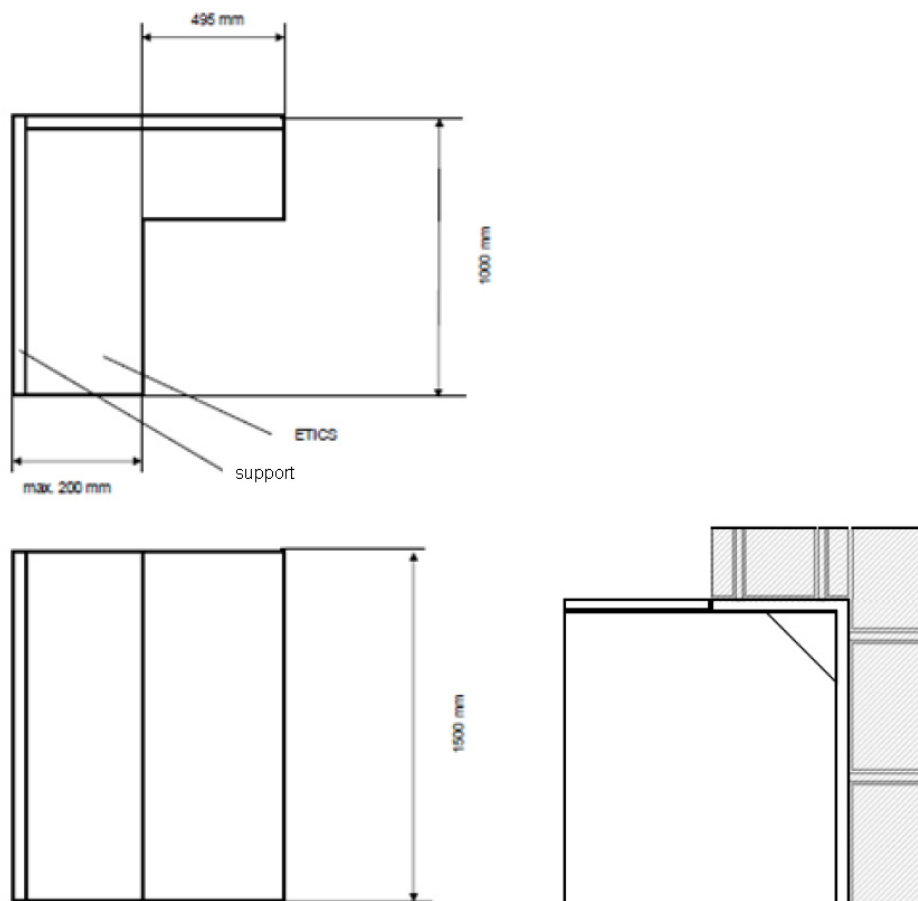
L'éprouvette consiste en une construction en angle qui doit être représentative de la construction en pratique. Tous les bords sont recouverts avec le système d'enduit, sauf le bas et le haut de l'éprouvette.

.....
 ■ 4 Dans les cas selon la décision 2000/147/EC, Tableau 1, note de bas de page 2a, le cas A1 mentionné dans la norme EN 13501-1 ne s'applique pas aux ETICS.



Le sol du chariot d'essai, sous éprouvette, peut être recouvert d'une feuille d'aluminium (Figure D1).

Il est recommandé, soit de préparer les éprouvettes au laboratoire puis de les placer sur le chariot (avec la feuille d'aluminium), soit le Demandeur des essais construit le mur dans ses locaux et l'apporte au laboratoire où il est placé sur le chariot. Après préparation, les éprouvettes doivent être conditionnées selon la norme NF EN 13238.



▲ Figure D1 – Représentation schématique de l'éprouvette pour essai selon NF EN 13823

Paramètres qui sont pertinents :

- quantité de colle ;
- type, épaisseur et densité du produit isolant ;
- type, liant et épaisseur de chaque composant de la couche d'enduit ;
- quantité de contenu organique de chaque composant de la couche d'enduit ;
- quantité d'agent ignifugeant de chaque composant de la couche d'enduit ;
- type d'armature.

En principe, il est préférable de trouver la configuration d'éprouvette qui donne le cas défavorable concernant les résultats des essais de réaction au feu. Dans la procédure d'essais selon la norme NF EN 13823, les valeurs du taux de dégagement de chaleur, dégagement de



chaleur total, propagation latérale de flamme, taux de dégagement de fumées et gouttelettes enflammées sont déterminées.

Produit isolant

Pour tester les procédés avec produits isolants ayant une classe de réaction au feu B, C, D ou E, chaque type de produit isolant (PS, PUR, etc. tout en en tenant compte de la classe de réaction au feu du produit isolant) doit être testé dans le système. Pour chaque type de produit isolant, le produit isolant ayant la plus forte épaisseur et la plus forte densité (avec une tolérance de $\pm 10\%$) doit être utilisé pour préparer l'éprouvette. Les classes de réaction au feu B, C, D ou E doivent être prouvées séparément⁽⁵⁾.

Pour tester les procédés qui sont montés sur le support avec de la colle (seulement collés, ou fixés mécaniquement et collés), les éprouvettes doivent être testées :

- avec la plus forte épaisseur de produit isolant dans les cas où la colle a une teneur organique inférieure ou égale à 15 % (par rapport à la masse, telle qu'en œuvre à l'état sec) ;
- avec la plus forte et la plus faible épaisseur de produit isolant dans les cas où la colle a une teneur organique supérieure à 15 % (par rapport à la masse, telle qu'en œuvre à l'état sec).

Couche d'enduit

En testant une couche d'enduit spécifique représentant une gamme de différents enduits, les règles suivantes sont à appliquer pour discriminer la composition, qui est capable de représenter une gamme d'enduits :

- l'enduit de base, le produit d'impression, l'enduit de finition et le revêtement décoratif à utiliser pour préparer l'éprouvette, en tenant compte de la (des) combinaison(s) permise(s) par le fabricant, doivent être déterminés selon les principes spécifiés au § D. 2.1 ;
- pour un enduit de base et un enduit de finition ayant une teneur organique inférieure ou égale à 5 % (par rapport à la masse, telle qu'en œuvre à l'état sec), seule l'épaisseur la plus faible nécessite d'être utilisée pour préparer l'éprouvette ;
- pour un enduit de base et un enduit de finition ayant une teneur organique supérieure à 5 %, l'épaisseur la plus faible et l'épaisseur la plus élevée d'enduit de base et d'enduit de finition doivent être utilisées pour préparer l'éprouvette.

■ 5 Dans certains Etats membres, des exigences peuvent exister pour démontrer le comportement des produits au regard de la combustion lente par incandescence en cas d'incendie. Les mandats pour les normes produits sont donc actuellement en révision. Une évaluation nationale supplémentaire, par exemple sur la base de procédures nationales, pour démontrer ce comportement, peut être requise jusqu'à ce qu'une procédure Européenne harmonisée soit disponible.



Lorsque la seule différence dans les couches est l'épaisseur et qu'elle est inférieure ou égale à 0,5 mm, les couches peuvent être considérées comme étant les mêmes.

Colle

L'influence du type de colle ayant une teneur organique inférieure ou égale à 15 % (par rapport à la masse, telle qu'en œuvre à l'état sec) est considérée comme négligeable. Seule la quantité de contenu organique est considérée importante. Ainsi, une colle avec la quantité de contenu organique la plus élevée devrait être utilisée pour préparer les éprouvettes, appliquée en épaisseur maximale.

L'influence des colles ayant une teneur organique de plus de 15 % ne peut pas être considérée comme négligeable. Ainsi, chaque type de colle avec une composition différente doit être testé en sélectionnant la variante avec la teneur organique la plus élevée.

Armature

Les éprouvettes doivent être préparées avec l'armature qui est destinée à être utilisée pour l'application finale. Si différentes armatures sont destinées à être utilisées, l'armature avec la valeur de PCS_s la plus élevée (déterminée selon la norme NF EN ISO 1716) doit être utilisée pour préparer l'éprouvette SBI. Un joint vertical d'armature doit être intégré sur la grande aile des corps d'épreuve SBI, à une distance de 200 mm depuis l'angle intérieur des éprouvettes, avec un recouvrement d'armature de 100 mm (ce qui signifie que le joint démarre à une distance de 150 mm et termine à une distance de 250 mm depuis l'angle intérieur). Les résultats d'essais d'un procédé avec recouvrement d'armature de 10 cm sont valables pour tous les joints avec un recouvrement d'armature supérieur ou égal à 10 cm.

Application des résultats d'essais

Le résultat d'essai est valable pour :

- Produit isolants :
 - du même type,
 - avec une plus faible densité,
 - avec une plus faible épaisseur ou une épaisseur comprise entre celles évaluées dans les essais, à condition que le résultat le plus défavorable entre les deux épaisseurs soit utilisé pour les épaisseurs intermédiaires,
 - avec une teneur organique égale ou inférieure.
- Enduits de base et enduits de finition :
 - avec une teneur organique égale ou inférieure,
 - avec une teneur du même type d'agent ignifugeant égale ou supérieure,



- avec une épaisseur égale ou supérieure si la teneur organique est inférieure ou égale à 5 %,
- enduits de base et enduits de finition ayant une teneur organique supérieure à 5 % : avec une épaisseur comprise entre celles évaluées, à condition que le résultat le plus défavorable entre les deux épaisseurs testées soit utilisé pour les épaisseurs intermédiaires.
- Produits d'impression :
 - avec une teneur organique égale ou inférieure,
 - avec une teneur du même type d'agent ignifugeant égale ou supérieure.
- Revêtements décoratifs :
 - avec une teneur organique par unité de surface égale ou inférieure,
 - avec une teneur du même type d'agent ignifugeant égale ou supérieure.
- Colles :
 - avec une teneur organique égale ou inférieure et avec une épaisseur égale ou inférieure si la teneur organique est inférieure ou égale à 15 %,
 - du même type, avec une teneur organique égale ou inférieure et avec une épaisseur égale ou inférieure si la teneur organique est supérieure à 15 %.
- Armatures : avec une valeur de PCS_s égale ou inférieure.

D. 2.3. Essai selon la norme NF EN ISO 11925-2

Cette méthode d'essai est appropriée pour les classes B, C, D et E.

Dans la procédure d'essai, le procédé est testé sans utiliser de support. L'épaisseur maximale de l'éprouvette est de 60 mm. Dans les cas où l'épaisseur du procédé est supérieure à 60 mm, le produit isolant peut être réduit pour les besoins de l'essai. Les résultats d'essai sur éprouvettes à 60 mm sont applicables aux épaisseurs supérieures.

Paramètres qui sont pertinents :

- type et quantité de colle ;
- type, épaisseur et densité du produit isolant ;
- type, liant et épaisseur de chaque composant de la couche d'enduit ;
- quantité de contenu organique de chaque composant de la couche d'enduit ;
- quantité d'agent ignifugeant de chaque composant de la couche d'enduit ;
- type d'armature.



Les éprouvettes sont préparées de façon à ce que les bords ne soient pas recouverts par le système d'enduit (bords coupés). Les essais sont réalisés avec une exposition de surface du côté visible et si possible, avec une exposition de bord de l'éprouvette tournée à 90° conformément aux règles de la norme NF EN ISO 11925-2.

Produit isolant

Un produit isolant, représentatif de l'application finale dans sa caractérisation (type, classement de réaction au feu et densité), doit être utilisé. Le procédé doit être évalué en incorporant le produit isolant avec la plus grande épaisseur possible, et la plus forte et la plus faible densité possible.

Pour les procédés avec produits isolants en polystyrène ou polyuréthane (PUR) classés E, les résultats des essais sont valables uniquement pour les produits isolants tels qu'utilisés pour les essais. Le Demandeur des essais a la possibilité d'utiliser des produits isolants provenant de différents fabricants à partir du moment où les essais additionnels suivants sont réalisés et que les conditions sont remplies, ou si le fabricant apporte les preuves nécessaires. Pour des produits isolants en polystyrène ou en PUR, il doit être prouvé séparément que le produit remplit les exigences pour une classe de réaction au feu E sous les conditions suivantes. Un isolant en polystyrène doit être testé avec la plus forte densité et à une épaisseur de 10 mm pour une mousse de polystyrène expansé et à l'épaisseur minimale fabriquée pour un polystyrène extrudé. Le résultat de l'essai est valable pour les densités plus faibles et pour les épaisseurs plus grandes. Un isolant en PUR doit être testé à la densité visée pour l'utilisation finale et à la plus grande épaisseur. Le résultat de l'essai est valable pour un isolant en PUR avec une même densité et pour des épaisseurs plus faibles.

Couche d'enduit

Pour tester un système d'enduit spécifique représentant une gamme de différents enduits, les règles mentionnées pour la couche d'enduit au § D. 2.2 s'appliquent.

Colle

Pour les colles (mortiers) ayant une teneur organique inférieure ou égale à 15 % (par rapport à la masse, telle qu'en œuvre à l'état sec), on considère qu'ils remplissent les exigences d'une classe B sans réaliser d'essais conformément à la norme NF EN ISO 11925-2. Ainsi, il n'y a pas besoin de tenir compte de ces colles pour la préparation et les essais sur les procédés conformément à la norme NF EN ISO 11925-2.

Pour les colles ayant une teneur organique supérieure à 15 % (par rapport à la masse, telle qu'en œuvre à l'état sec), il est nécessaire de réaliser une gamme complète de six essais additionnels sur des éprouvettes tournées à 90° sur leur axe vertical avec une exposition

sur le bord de la couche de colle. Le corps d'épreuve est constitué du support, de la colle et du produit isolant. Les règles suivantes doivent être appliquées pour préparer les corps d'épreuve :

- chaque type de colle avec une composition différente doit être testé en sélectionnant la variante avec la plus forte quantité de contenu organique et avec la plus forte épaisseur ;
- le produit isolant doit être utilisé avec la plus faible épaisseur appliquée ;
- le support doit être le même que celui utilisé pour l'essai SBI du procédé complet.

Armature

L'éprouvette doit être préparée avec l'armature qui est destinée à être utilisée en application finale. Si différentes armatures sont destinées à être utilisées, l'armature avec la valeur de PCS_s la plus élevée (déterminée selon la norme NF EN ISO 1716) doit être testée.

Application des résultats d'essais

Le résultat des essais couvre les combinaisons d'application finale avec le même type de produit isolant (polystyrène et PUR exclus) tel qu'utilisé pour les essais, avec des épaisseurs et des densités telles que décrites ci-dessus pour le produit isolant et avec une teneur organique égale ou inférieure.

Les résultats issus des essais avec produits isolants en polystyrène ou en PUR classés E sont valables pour des procédés avec produits isolants tels qu'utilisés dans les essais ou pour des procédés avec n'importe quel produit isolant en polystyrène ou en PUR classés E lorsque les preuves d'essais conformément aux règles ci-dessus pour le produit isolant sont fournies.

Pour l'application directe des résultats des essais concernant l'enduit de base, le produit d'impression, l'enduit de finition, le revêtement décoratif, l'armature et la colle, les mêmes règles que celles décrites au § D. 2.2 s'appliquent.



ANNEXE E : Comportement en zones sismiques



E.1. Contexte réglementaire

Les textes législatifs et réglementaires mentionnés dans ce paragraphe sont les textes en vigueur à la date de publication du présent document.

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

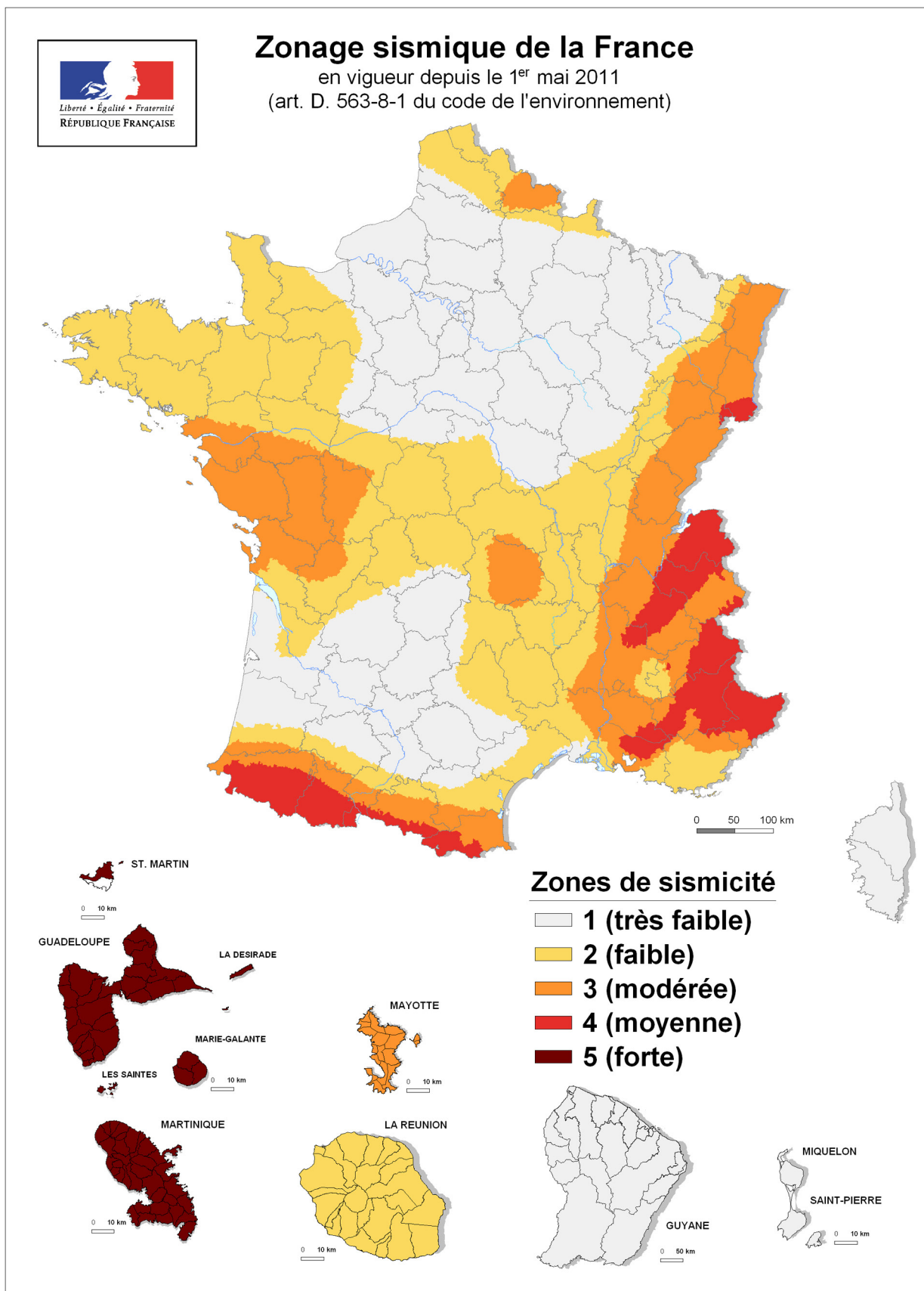
- le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- le décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- les arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables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

Cette réglementation fait référence à la norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8) pour le dimensionnement des bâtiments en zones sismiques.

Elle introduit les classifications décrites ci-dessous.

E.1.1. Zonage sismique

Le territoire français est découpé en cinq zones de sismicité illustrées sur la (Figure E1).



▲ Figure E1 – Zonage sismique de la France



Des précisions quant au zonage sismique sont disponibles dans le décret n° 2010-1255.

E.1.2. Classes de bâtiment

La situation sismique dépend du type de bâtiment. Les types de bâtiments sont regroupés en catégories d'importance. Des précisions quant à la classification des bâtiments sont disponibles à l'article 2 de l'arrêté du 22 octobre 2010.

▲ Tableau E1 – Catégories d'importance des bâtiments

Catégorie d'importance	Type de bâtiment
I	Bâtiments sans activité humaine durable
II	Habitations individuelles ERP 4 ^e et 5 ^e catégories (sauf établissements scolaires) Bâtiments d'habitation collective (≤ 28 m) Bâtiments de bureaux et à usage commercial non ERP (≤ 28 m, ≤ 300 personnes) Bâtiment activité industrielle (≤ 300 personnes)
III	Établissements scolaires ERP 1 ^{re} , 2 ^e et 3 ^e catégories Bâtiment d'habitation collective (> 28 m) Bâtiment de bureaux (> 28 m) Bâtiment à usage commercial non ERP (> 300 personnes) Bâtiment activité industrielle (> 300 personnes) Bâtiments sanitaires et sociaux Bâtiments production d'énergie
IV	Bâtiments sécurité civile et défense Bâtiments services communication Bâtiments circulation aérienne Établissements de santé Bâtiments eau potable Bâtiments distribution d'énergie Bâtiments centres météorologiques

E.1.3. Classes de sol

La situation sismique dépend de la classe de sol sur lequel est implanté le bâtiment. Des précisions quant aux caractéristiques des sols sont disponibles au § 3.1.2 de la norme NF EN 1998-1.



E.2. Détermination de la masse surfacique du procédé

E.2.1. Principe

Les éventuelles restrictions d'emploi sont basées sur les valeurs de masse surfacique des procédés. La masse surfacique m_s du procédé, exprimée en kg/m^2 , est donnée par la relation :

$$m_s = m_{s,0} + m_{s,1} + m_{s,2} + m_{s,3} + m_{s,4} + m_{s,5}$$

$m_{s,i}$: masse surfacique du composant « i » en œuvre (kg/m^2).

0 : isolant

1 : enduit de base

2 : treillis d'armature

3 : produit d'impression

4 : enduit de finition

5 : revêtement décoratif

La masse surfacique m_s n'inclue pas les produits de fixation de l'isolant au support (colle, fixations mécaniques).

La masse surfacique $m_{s,1}$ de l'enduit de base est celle d'une configuration en simple armature normale (cf. 7.4.1).

E.2.2. Détermination de la masse surfacique de l'isolant

La valeur $m_{s,0}$ correspond à la masse surfacique indiquée par le fabricant d'isolant pour l'épaisseur en œuvre.

E.2.3. Détermination de la masse surfacique du treillis d'armature

La valeur $m_{s,2}$ correspond au poids spécifique du treillis d'armature déclaré par le fabricant.

Si le treillis est métallique, la valeur $m_{s,2}$ doit être majorée de la masse surfacique moyenne que représentent les fixations du treillis à l'isolant (agrafes, cavaliers, chevilles, etc.), sauf si ces fixations traversent l'isolant jusqu'au support pour participer au maintien de l'isolant.



E.2.4. Détermination de la masse surfacique des couches d'enduit

Les grandeurs $m_{s,i}$ ($i = 1, 3, 4$ et 5) sont données pour des composants en œuvre, à l'état sec et durci. Néanmoins, elles sont déterminées à partir des caractéristiques et des consommations des produits bruts, avant mélange ou préparation :

ES : extrait sec du produit brut

C : consommation moyenne de produit brut (kg/m^2)

La valeur *ES* doit être celle déclarée par le fabricant, sur la base de la formulation du produit. Cette valeur ne doit pas être obtenue par essais⁽¹⁾.

Le mode de détermination de $m_{s,i}$ dépend de la nature du produit brut.

Pâte ou liquide prêt(e) à l'emploi

La masse surfacique est donnée par la relation :

$$m_{s,i} = C.ES$$

Pâte ou liquide à diluer avec de l'eau

On note *TD* le taux moyen de dilution en masse. La masse surfacique est donnée par la relation :

$$m_{s,i} = C.ES.(1 - TD)$$

Poudre à mélanger avec de l'eau

Pour tous les produits en poudre, la valeur *ES* est prise égale à 1,0. La masse surfacique est donnée par la relation :

$$m_{s,i} = C$$

NOTE

Une partie de l'eau de gâchage sert à l'hydratation des liants hydrauliques contenus dans la poudre. De ce fait, la masse surfacique réelle du produit à l'état sec et durci est légèrement supérieure à la masse surfacique définie ci-dessus.

■ 1 Les essais sont des actes ponctuels et ne tiennent pas compte des variations pouvant intervenir lors de la fabrication.



Pâte à mélanger avec du ciment

On note TC la proportion moyenne de ciment à ajouter à la pâte, en masse. L'extrait sec du ciment est pris égal à 1,0. La masse surfacique est donnée par la relation :

NOTE

Une partie de l'eau contenue dans la pâte sert à l'hydratation du ciment ajouté. De ce fait, la masse surfacique réelle du produit à l'état sec et durci est légèrement supérieure à la masse surfacique définie ci-dessus.

Poudre à mélanger avec une résine

On note TR la proportion moyenne de résine à ajouter à la poudre, en masse. La masse surfacique est donnée par la relation :

$$m_{s,i} = C_{\text{poudre}} \cdot (1 + ES_{\text{résine}} \cdot TR)$$

NOTE

Une partie de l'eau contenue dans la résine sert à l'hydratation des liants hydrauliques contenus dans la poudre. De ce fait, la masse surfacique réelle du produit à l'état sec et durci est légèrement supérieure à la masse surfacique définie ci-dessus.

E.2.5. Exemple de calcul

On considère un procédé d'ITE par enduit sur isolant constitué :

- de panneaux en PSE d'épaisseur 160 mm ;
- d'un enduit de base en poudre appliqué à raison de 4,5 kg de poudre par m^2 ;
- d'un treillis en fibres de verre ;
- d'un enduit de finition en pâte prête à l'emploi, appliqué à raison de 2,4 kg de pâte par m^2 .

Les valeurs déclarées par les fabricants sont les suivantes :

- densité du PSE : 15 kg/m^3 ;
- masse surfacique du treillis : 160 g/m^2 ;
- extrait sec de la finition : 78 %.

La masse surfacique de l'isolant thermique est égale à :

$$m_{s,0} = 15 \times 0,16 = 2,4 \text{ kg/m}^2$$

La masse surfacique de l'enduit de base est égale à :

$$m_{s,1} = 4,5 \text{ kg/m}^2$$

La masse surfacique du treillis est égale à :

$$m_{s,2} = 0,16 \text{ kg/m}^2$$

La masse surfacique de l'enduit de finition est égale à :

$$m_{s,3} = 2,4 \times 0,78 = 1,87 \text{ kg/m}^2$$

La masse surfacique du procédé est donc égale à :

$$m_s = 2,4 + 4,5 + 0,16 + 1,87 = 8,93 \text{ kg/m}^2 \approx 8,9 \text{ kg/m}^2$$





ANNEXE F : Résistance au vent



F.1. Isolant fixé mécaniquement par chevilles

F.1.1. Principe

Pour une configuration donnée, la résistance de calcul à l'action du vent en dépression, notée R_d , doit être prise égale à la plus petite des deux valeurs suivantes :

- $R_{d,is}$: résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles ;
- $R_{d,su}$: résistance de calcul entre les chevilles et le support.

F.1.2. Résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles

La résistance de calcul $R_{d,is}$ entre l'isolant et les chevilles⁽¹⁾ (exprimée en Pa) est donnée par la relation :

$R_{k,is}$ résistance caractéristique entre l'isolant et les chevilles (Pa)

$\gamma_{M,is}$ coefficient partiel de sécurité sur la résistance isolant / cheville, égal à 2,3 pour du PSE

La résistance caractéristique $R_{k,is}$ entre l'isolant et les chevilles est donnée par la relation :

$$R_{k,is} = \frac{n_{plein} \cdot R_{plein} + n_{joint} \cdot R_{joint}}{A_D}$$

R_{plein} résistance caractéristique de la cheville posée « en plein » (N)

■ 1 Chaque valeur de $P_{d,is}$ est arrondie au multiple de 5 Pa immédiatement inférieur.



- R_{joint} résistance caractéristique de la cheville posée « en joint » (N)
- n_{plein} nombre de chevilles par panneau isolant posées « en plein »
- n_{joint} nombre de chevilles par panneau isolant posées « en joint »
- A_D surface d'un panneau isolant (m²)

La pose d'une cheville « en plein » correspond au cas où la cheville est posée dans le panneau isolant. La pose d'une cheville « en joint » correspond au cas où la cheville est posée à l'intersection de plusieurs panneaux isolants : on distingue la pose de la cheville à la jonction de trois panneaux (la résistance R_{joint} est alors notée R_T) et la pose de la cheville à cheval sur deux panneaux (la résistance R_{joint} est alors notée $R_{1/2}$). Pour cette dernière configuration, $R_{1/2}$ est pris égal à R_T en l'absence d'essais spécifiques.

Les résistances caractéristiques R_{plein} et R_{joint} sont obtenues à partir d'essais de résistance au déboutonnage réalisés conformément aux indications du § 5.5.2.1 du présent document, avec une épaisseur testée d'isolant inférieure ou égale à l'épaisseur mise en œuvre.

NOTE

La résistance caractéristique est prise égale à la valeur minimale de résistance obtenue sur une même série d'essais pour une épaisseur donnée.


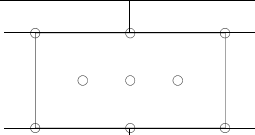
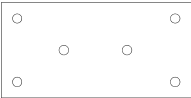
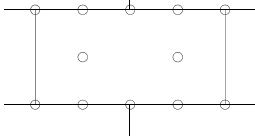
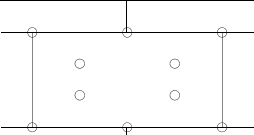
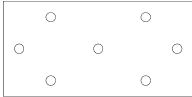
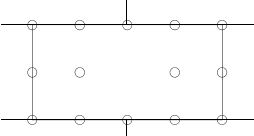
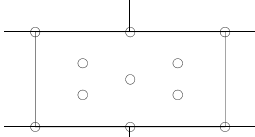
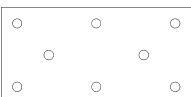
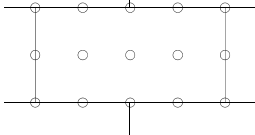
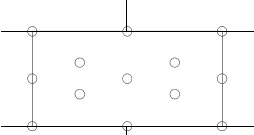

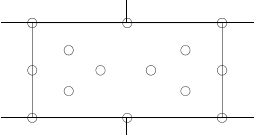
n_{plein} et n_{joint} dépendent de la répartition des chevilles pour assurer le maintien des panneaux isolants. Les tableaux F1a et F1b donnent des exemples de plans de fixation mécanique pour des panneaux isolants de dimensions 1000 × 500 mm et 1200 × 600 mm.

▲ Tableau F1a – Plans de fixation par chevilles : panneaux isolants de dimensions 1000 × 500 mm

$n_{plein} = 1$ $n_{joint} = 2$		$n_{plein} = 4$ $n_{joint} = 0$	
$n_{plein} = 2$ $n_{joint} = 2$		$n_{plein} = 5$ $n_{joint} = 0$	
$n_{plein} = 3$ $n_{joint} = 2$		$n_{plein} = 2$ $n_{joint} = 3$	
$n_{plein} = 6$ $n_{joint} = 0$		$n_{plein} = 3$ $n_{joint} = 3$	
$n_{plein} = 2$ $n_{joint} = 4$			

▲ Tableau F1b – Plans de fixation par chevilles : panneaux isolants de dimensions 1200 × 600 mm



$n_{\text{plein}} = 5$ $n_{\text{joint}} = 0$ 	$n_{\text{plein}} = 3$ $n_{\text{joint}} = 1$ 
$n_{\text{plein}} = 6$ $n_{\text{joint}} = 0$ 	$n_{\text{plein}} = 2$ $n_{\text{joint}} = 4$ 
$n_{\text{plein}} = 4$ $n_{\text{joint}} = 2$ 	$n_{\text{plein}} = 7$ $n_{\text{joint}} = 0$ 
$n_{\text{plein}} = 2$ $n_{\text{joint}} = 5$ 	$n_{\text{plein}} = 5$ $n_{\text{joint}} = 2$ 
$n_{\text{plein}} = 8$ $n_{\text{joint}} = 0$ 	$n_{\text{plein}} = 3$ $n_{\text{joint}} = 5$ 
$n_{\text{plein}} = 5$ $n_{\text{joint}} = 3$ 	$n_{\text{plein}} = 9$ $n_{\text{joint}} = 0$ 
$n_{\text{plein}} = 6$ $n_{\text{joint}} = 3$ 	

F.1.3. Résistance de calcul entre les chevilles et le support

La résistance de calcul $R_{d,su}$ entre les chevilles et le support⁽²⁾ (exprimée en Pa) est donnée par la relation :

$$R_{d,su} = \frac{n \cdot N_{Rd,u}}{A_D} = n_s \cdot N_{Rd,u}$$

$N_{Rd,u}$ résistance de calcul de la cheville à l'état limite ultime (N)

n nombre de chevilles par panneau isolant

A_D surface d'un panneau isolant (m²)

n_s densité surfacique de chevilles (m⁻²)

² Chaque valeur de $P_{d,su}$ est arrondie au multiple de 5 Pa immédiatement inférieur.



Le nombre de chevilles par panneau isolant est donné par la relation :

$$n = n_{plein} + n_{joint}$$

La résistance de calcul à l'état limite ultime $N_{Rd,u}$ est donnée par la relation :

$$N_{Rd,u} = \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,su}}$$

N_{Rk} résistance caractéristique de la cheville dans le support (N)

$\gamma_{M,su}$ coefficient partiel de sécurité sur la résistance cheville / support, égal à 2,0

La résistance caractéristique de la cheville dans le support considéré est :

- soit indiquée dans la DoP de la cheville, dans le cas des supports connus ; la résistance est alors notée N_{Rk} ;
- soit déterminée par une reconnaissance préalable sur site, conformément à l'[ANNEXE I] du présent document, dans le cas des supports dont on ignore les caractéristiques ; la résistance est alors notée N_{Rk1} .

La valeur de résistance caractéristique permet de déterminer la classe de résistance de la cheville dans le support considéré, comme indiquée dans le tableau F2.

▲ Tableau F2 – Classe de résistance de la cheville en fonction de la résistance caractéristique dans le support

N_{Rk} (N)	1500	1200	900	750	600	500	400	300
classe	1	2	3	4	5	6	7	8

En cas de reconnaissance conformément à l'[ANNEXE I] du présent document, la classe de résistance est celle correspondant à la valeur N_{Rk} qui est immédiatement inférieure ou égale à la valeur N_{Rk1} .

Les tableaux F3a et F3b indiquent les valeurs de $R_{d,su}$ en fonction de la classe de résistance de la cheville, pour des panneaux isolants de dimensions 1000 x 500 mm et 1200 x 600 mm.

▲ Tableau F3a – Résistances de calcul entre les chevilles à rosace et le support (exprimées en Pa) : chevilles posées dans des panneaux isolants de dimensions 1000 x 500 mm

		Nombre de chevilles par panneau [par m ²]			
		3 [6]	4 [8]	5 [10]	6 [12]
Classe de résistance de la cheville	1	4500	6000	7500	9000
	2	3600	4800	6000	7200
	3	2700	3600	4500	5400
	4	2250	3000	3750	4500
	5	1800	2400	3000	3600
	6	1500	2000	2500	3000
	7	1200	1600	2000	2400
	8	900	1200	1500	1800



▲ Tableau F3b – Résistances de calcul entre les chevilles à rosace et le support (exprimées en Pa) : chevilles posées dans des panneaux isolants de dimensions 1200 × 600 mm

		Nombre de chevilles par panneau [par m ²]				
		5 [6,9]	6 [8,3]	7 [9,7]	8 [11,1]	9 [12,5]
Classe de résistance de la cheville	1	5205	6250	7290	8330	9375
	2	4165	5000	5830	6665	7500
	3	3125	3750	4375	5000	5625
	4	2600	3125	3645	4165	4685
	5	2080	2500	2915	3330	3750
	6	1735	2080	2430	2775	3125
	7	1385	1665	1940	2220	2500
	8	1040	1250	1455	1667	1875

F.2. Isolant fixé mécaniquement par profilés

F.2.1. Principe

Pour une configuration donnée, la résistance de calcul à l'action du vent en dépression, notée R_d , doit être prise égale à la plus petite des trois valeurs suivantes :

- $R_{d,is}$: résistance de calcul entre l'isolant et les profilés ;
- $R_{d,pr}$: résistance de calcul entre les profilés et les chevilles ;
- $R_{d,su}$: résistance de calcul entre les chevilles et le support.

La détermination des résistances $R_{d,pr}$ et $R_{d,su}$ doit tenir compte de l'effet de bras de levier induit par le profilé sur la cheville, comme décrit au § F.2.5 de la présente Annexe.

F.2.2. Résistance de calcul entre l'isolant et les profilés

La résistance de calcul $R_{d,is}$ entre l'isolant et les profilés⁽³⁾ (exprimée en Pa) est donnée par la relation :

$$R_{d,is} = \frac{R_{k,is}}{\gamma_{M,is}}$$

$R_{k,is}$ résistance caractéristique entre l'isolant et les profilés (Pa)

$\gamma_{M,is}$ coefficient partiel de sécurité sur la résistance isolant / profilé, égal à 2,4

■ 3 Chaque valeur de $P_{d,is}$ est arrondie au multiple de 5 Pa immédiatement inférieur.



La résistance caractéristique $R_{k, is}$ entre l'isolant et les profilés est donnée par la relation :

$$R_{k, is} = \frac{R_{panneau}}{A_D}$$

$R_{panneau}$ résistance caractéristique par panneau isolant (N)

A_D surface d'un panneau isolant (m²)

La résistance caractéristique $R_{panneau}$ est obtenue à partir d'essais d'arrachement statique réalisés conformément aux indications du § 5.5.2.2 du présent document, avec une épaisseur testée d'isolant inférieure ou égale à l'épaisseur mise en œuvre.

NOTE

La résistance caractéristique est prise égale à la valeur minimale de résistance obtenue sur une même série d'essais pour une épaisseur donnée.

F.2.3. Résistance de calcul entre les profilés et les chevilles

La résistance de calcul $R_{d, pr}$ entre les profilés et les chevilles (exprimée en Pa) est donnée par la relation :

$$R_{d, pr} = \frac{n \cdot R_{pr}}{A_D} = n_s \cdot R_{pr}$$

R_{pr} résistance au déboutonnage de la cheville dans le profilé (N)

n nombre de chevilles de fixation des profilés, par panneau isolant

A_D surface d'un panneau isolant (m²)

n_s densité surfacique de chevilles (m⁻²)

La résistance R_{pr} est obtenue à partir d'essais de déboutonnage réalisés conformément aux indications du §(cf 5.5.2.2) du présent document.

Le nombre de chevilles par panneau isolant est donné par la relation :

$$n = n_h + n_v$$

n_h nombre de chevilles de fixation pour les profilés de maintien horizontal

n_v nombre de chevilles de fixation pour les profilés de maintien vertical

n dépend de la répartition des chevilles pour assurer le maintien des profilés. Le Tableau F4 donne des exemples de plans de fixation en partie courante pour des panneaux en PSE de dimensions 500 × 500 mm, 1000 × 500 mm et 1000 × 600 mm, avec des profilés



de maintien horizontal fixés au support à raison d'une cheville tous les 30 cm. Le Tableau F4 donne également la valeur de $R_{d,pr}$ associée à chaque plan de fixation, pour une valeur de R_{pr} égale à 500 N.

▲ Tableau F4 – Plans de fixation par profilés

<p>Panneau de dimensions 500 × 500 mm (surface 0,25 m²) Raidisseurs verticaux sans cheville $n_h \approx 1,67$ et $n_v = 0$ 1,67 chevilles / panneau - 6,67 chevilles / m² $R_{d,pr} = 3333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 500 × 500 mm (surface 0,25 m²) Profilés de maintien verticaux avec 1 cheville $n_h \approx 1,67$ et $n_v = 1$ 2,67 chevilles / panneau - 10,67 chevilles / m² $R_{d,pr} = 5333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 500 × 500 mm (surface 0,25 m²) Profilés de maintien verticaux avec 2 chevilles $n_h \approx 1,67$ et $n_v = 2$ 3,67 chevilles / panneau - 14,67 chevilles / m² $R_{d,pr} = 7333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 1000 × 500 mm (surface 0,50 m²) Raidisseurs verticaux sans cheville $n_h \approx 3,33$ et $n_v = 0$ 3,33 chevilles / panneau - 6,67 chevilles / m² $R_{d,pr} = 3333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 1000 × 600 mm (surface 0,60 m²) Profilés de maintien verticaux avec 2 chevilles $n_h \approx 3,33$ et $n_v = 2$ 5,33 chevilles / panneau - 8,89 chevilles / m² $R_{d,pr} = 4444$ Pa</p>	

NOTE

Les valeurs du Tableau F4 ne tiennent pas compte de l'effet de bras de levier induit par le profilé sur la cheville ; pour tenir compte de cet effet, il convient de diviser ces valeurs par le coefficient δ défini au § F.2.5 de la présente Annexe.

F.2.4. Résistance de calcul entre les chevilles et le support

La résistance de calcul $R_{d,su}$ entre les chevilles et le support est déterminée conformément aux indications au § F.1.3 de la présente Annexe.

Le Tableau F5 indique les valeurs de $R_{d,su}$ en fonction de la classe de résistance, pour les plans de fixation donnés dans le Tableau F4.



▲ Tableau F5 – Résistances de calcul entre les chevilles à collerette et le support (exprimées en Pa)

		Dimensions des panneaux (mm)				
		500 × 500	500 × 500	500 × 500	1000 × 500	1000 × 600
		Nombre de chevilles par m ²				
		6,67	10,67	14,67	6,67	8,89
Classe de résistance de la cheville	1	5000	8000	11000	5000	6667
	2	4000	6400	8800	4000	5333
	3	3000	4800	6600	3000	4000
	4	2500	4000	5500	2500	3333
	5	2000	3200	4400	2000	2667
	6	1667	2667	3667	1667	2222
	7	1333	2133	2933	1333	1778
	8	1000	1600	2200	1000	1333

NOTE

Les valeurs du Tableau F5 ne tiennent pas compte de l'effet de bras de levier induit par le profilé sur la cheville ; pour tenir compte de cet effet, il convient de diviser ces valeurs par le coefficient δ défini au § F.2.5 de la présente Annexe.

F.2.5. Effet induit par le profilé sur la cheville

Sous l'action du vent en dépression, le profilé induit un bras de levier sur la cheville tel que :

$$N = \frac{S.L}{2/3.I}$$

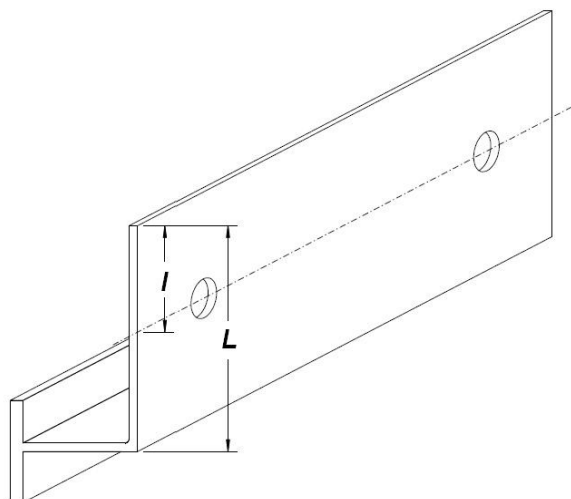
N sollicitation en traction sur la cheville (N)

S sollicitation en traction sur le profilé sous l'action du vent (N)

L hauteur de l'aile de fixation du profilé (mm)

I distance entre la cheville et le haut du profilé (mm)

Les grandeurs L et I sont indiquées sur la (Figure F1).



▲ Figure F1 – Profilé de fixation pour isolant

À sollicitation égale, les résistances de calcul $R_{d,pr}$ et $R_{d,su}$ sont à diviser par un coefficient δ pour pouvoir les comparer à la résistance $R_{d,is}$. Ce coefficient δ est donné par la relation :

$$\delta = \frac{3}{2} \cdot \frac{L}{l}$$



ANNEXE G : Étanchéité à l'eau



G.1. Situations générales de la construction

Pour une construction donnée, il existe quatre situations générales notées « a » à « d », au sens du NF DTU 20.1.

Situation « a »

Constructions situées à l'intérieur des grands centres urbains (villes où la moitié au moins des bâtiments ont plus de quatre niveaux).

Situation « b »

Constructions situées dans les villes petites et moyennes ou à la périphérie des grands centres urbains.

Situation « c »

Constructions isolées en rase campagne.

Situation « d »

Constructions isolées en bord de mer ou situées dans les villes côtières, lorsque ces constructions sont à une distance du littoral inférieure à une limite à fixer en fonction des conditions climatiques locales et de leur hauteur réelle.

Cette limite qui doit, dans les meilleures conditions, être au moins égale à 15 fois la hauteur réelle du bâtiment au-dessus du sol peut, dans les zones ou régions particulièrement exposées, telles les zones non abritées du littoral de l'ouest et du nord de la France ou du golfe du Lion, atteindre 5 km à 10 km.



G.2. Types de mur en fonction du risque de pénétration de l'eau de pluie

Dans ce paragraphe, le terme « mur » est employé pour désigner une paroi revêtue d'un procédé d'ITE.

Il existe quatre types de mur notés XI, XII, XIII et XIV :

Mur de type XI

Un mur de type XI ne comporte aucune disposition spécifique permettant de s'opposer au cheminement de l'eau de pluie jusqu'au parement intérieur. Le procédé d'ITE et la paroi sont chacun considérés comme perméable à l'eau. Cette situation correspond à un procédé d'ITE par enduit sur isolant présentant une absorption d'eau par capillarité supérieure ou égale à 0,5 kg/m² après 24 heures (cf. 5.9) et une paroi en béton à parement élémentaire ou en maçonnerie d'éléments non enduite.

Mur de type XII

Un mur de type XII comporte :

- soit un procédé d'ITE capable de s'opposer au cheminement de l'eau de pluie vers l'intérieur : c'est le cas d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant présentant une absorption d'eau par capillarité inférieure à 0,5 kg/m² après 24 heures (cf. 5.9) et une paroi en béton à parement élémentaire ou en maçonnerie d'éléments non enduite ;
- soit une paroi pouvant empêcher de faibles quantités d'eau de pénétrer vers l'intérieur : c'est le cas d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant présentant une absorption d'eau par capillarité supérieure ou égale à 0,5 kg/m² après 24 heures (cf. 5.9) et une paroi en béton à parement ordinaire, courant ou soigné, ou une paroi en maçonnerie d'éléments enduite.

Mur de type XIII

Un mur de type XIII comporte :

- soit un procédé d'ITE dont la peau extérieure n'est pas suffisamment étanche à l'eau de pluie mais derrière laquelle est disposée une lame d'air continue permettant la récupération puis l'évacuation des eaux d'infiltration (procédés d'ITE par enduit sur isolant non concernés) ;
- soit un procédé d'ITE s'opposant au cheminement de l'eau par capillarité et gravité, mis en œuvre sur une paroi suffisamment imperméable pour s'opposer au cheminement de l'eau qui pourrait l'atteindre accidentellement : c'est le cas d'un procédé d'ITE par enduit sur isolant présentant une absorption d'eau par

capillarité inférieure à $0,5 \text{ kg/m}^2$ après 24 heures (cf. 5.9) et une paroi en béton à parement ordinaire, courant ou soigné, ou une paroi en maçonnerie d'éléments enduite.

Mur de type XIV

Un mur de type XIV comporte un système d'ITE dont la peau extérieure assure à elle seule l'étanchéité à l'eau.

Les procédés d'ITE par enduit sur isolant ne permettent pas de réaliser des murs de type XIV, car ils ne présentent pas de lame d'air ventilée.



ANNEXE H : Détermination sur chantier de l'adhérence d'une colle sur un support



H.1. Principe

Lorsque des essais *in situ* d'adhérence d'une colle sur un support sont prévus, ils sont réalisés après préparation du support.

Si la surface totale concernée est supérieure à 250 m², les essais doivent être réalisés par un organisme professionnel indépendant du chantier.

Il appartient à la personne ou à l'organisme en charge des essais de s'assurer de la représentativité des déterminations effectuées sur chantier.

H.2. Modalités des essais

Dans le cadre d'un même chantier, l'adhérence de la colle doit être déterminée une fois par type de support. Il convient donc d'effectuer une rapide reconnaissance pour déterminer le nombre de supports différents sur lesquels on procédera aux essais. Deux supports sont considérés comme identiques lorsqu'ils ont la même constitution et que leur état de conservation reste comparable.

Les essais sont réalisés sur deux séries de 5 éprouvettes par type de support.

Pour chaque série, une bande de colle d'environ 10 cm de large, 50 cm de long et 0,5 cm d'épaisseur est appliquée sur le support préparé. Après durcissement, sont découpées jusqu'au support des zones circulaires ou carrées de surface *A* comprise entre 20 à 25 cm², correspondant à la surface des pastilles métalliques que l'on collera sur la zone découpée. Après séchage de la colle de la pastille, on réalise les



essais d'arrachement par traction à l'aide d'un dynamomètre^(1). Pour chaque essai, on relève la valeur d'arrachement et le mode de rupture.

H.3. Expression des résultats et analyse

Les valeurs individuelles d'adhérence $\sigma_{c,su1}$ (exprimées en MPa) sont calculées de la manière suivante :

$$\sigma_{c,su1} = 10^{-2} \cdot \frac{F_1}{A}$$

F_1 valeur maximale d'arrachement (N)

A surface de l'éprouvette (cm²)

Les critères suivants doivent être respectés :

- L'arrachement ne doit pas se produire dans le plan de collage (rupture adhésive) pour plus de 50 % des essais.
- Tout arrachement ayant lieu dans le plan de collage doit présenter une valeur de $\sigma_{c,su1}$ supérieure à 0,25 MPa.
- Si la rupture est cohésive dans le support, aucune valeur de $\sigma_{c,su1}$ ne doit être inférieure à 0,10 MPa.

Si l'un ou l'autre de ces trois critères n'est pas respecté, on se reportera soit à une autre colle, soit aux possibilités de fixation mécanique.

L'obtention de valeurs supérieures à 0,25 MPa (sans préparation) ne dispense, en aucun cas, de décaper les anciennes peintures ou les anciens revêtements organiques.

■ 1 Le dynamomètre doit être régulièrement étalonné, avec une fréquence minimale d'étalonnage égale à 2 ans.

ANNEXE I : Détermination sur chantier de la résistance en traction d'une cheville de fixation dans un support



I.1. Principe

La procédure décrite dans cette Annexe vise la détermination de la résistance caractéristique applicable à une fixation mécanique dans un support en béton ou en maçonnerie d'éléments dont on ignore les caractéristiques.

Les fixations concernées sont les chevilles à collerette ou à rosace décrites au § 4.4 du présent document.

Cette Annexe ne doit pas être considérée comme une procédure de vérification relative aux supports pour lesquels les performances de la cheville sont connues. Les essais ne sont pas faits pour déterminer des caractéristiques supérieures à celles données dans la DoP des chevilles.

Si la surface totale concernée est supérieure à 250 m², les essais doivent être réalisés par un organisme professionnel indépendant du chantier.

Il appartient à la personne ou à l'organisme en charge des essais de s'assurer de la représentativité des déterminations effectuées sur chantier.

I.2. Modalités des essais

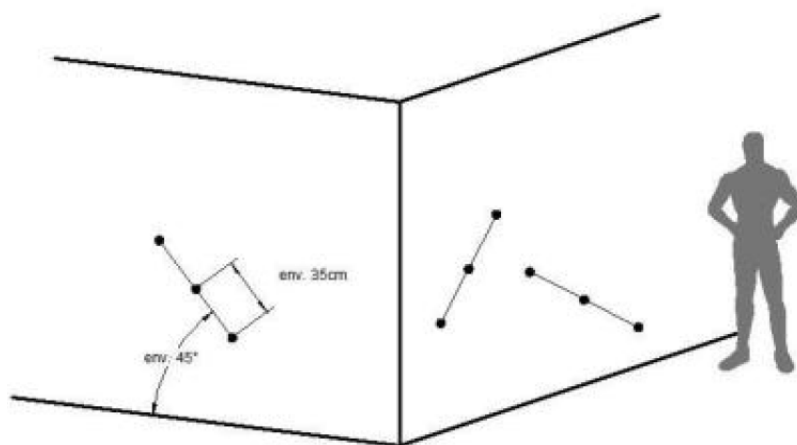
Dans le cadre d'un même chantier, la résistance caractéristique de la cheville doit être déterminée une fois par type de support. Il convient donc d'effectuer une rapide reconnaissance pour déterminer le nombre de supports différents sur lesquels on procédera aux essais. Deux supports sont considérés comme identiques lorsqu'ils ont la même constitution et que leur état de conservation reste comparable.



Le support considéré doit correspondre à l'une des catégories d'utilisation mentionnées dans la DoP de la cheville. Dans le cas d'une pose sur béton de granulats courants⁽¹⁾ revêtu (d'un enduit, de carrelage, de grès cérame, de pâte de verre, etc.), il est impératif que la DoP de la cheville n'exclue pas expressément la pose sur béton revêtu.

Au moins 15 essais de traction sont réalisés par type de support. Ce nombre est à augmenter lorsqu'un doute existe quant à l'homogénéité ou la conservation des caractéristiques (réparations, humidité permanente, etc.) du support.

Les emplacements où doivent être posées les chevilles se partagent en groupes de trois, chaque groupe venant s'aligner sur une droite à environ 45° avec un espacement d'environ 35 cm entre chaque cheville sur le même alignement (Figure 11).



▲ Figure 11 – Exemple d'emplacement des chevilles dans le support

Ces divers alignements sont répartis de façon à intéresser la plus grande surface possible de support.

Les chevilles sont posées conformément aux prescriptions du fabricant, notamment en ce qui concerne :

- le type d'outillage à utiliser ;
- le mode de perçage, c'est-à-dire avec ou sans utilisation de la percussion ;
- le type et le diamètre précis du foret ;
- la profondeur du trou foré.

Des forets neufs doivent être utilisés. La profondeur d'ancrage des chevilles dans le support doit être constante et identique à celle utilisée pour la mise en œuvre du procédé d'ITE.

On utilise un appareil d'arrachement permettant une croissance lente et continue de l'effort exercé⁽²⁾.

■ 1 Support de catégorie A.

■ 2 L'appareil d'arrachement doit être régulièrement étalonné, avec une fréquence minimale d'étalonnage égale

La cheville est soit serrée sur un mors détachable de l'appareil d'arrachement, soit reprise au niveau de la tête à l'aide d'une douille de tirage.

Les points d'appui de l'appareil sur le support sont éloignés d'environ 10 cm par rapport à l'axe de tirage. Certains appareils ont des points d'appuis situés à environ 6 cm de l'axe de tirage et sont notamment adaptés aux essais sur supports creux.

L'appareil est disposé de façon à ce que l'effort d'arrachement soit appliqué normalement au support. Le mors, bloqué par la cheville, est vissé sur l'axe de l'appareil. Si une douille de tirage est employée, cette dernière, vissée sur l'axe de l'appareil, est glissée sous la tête de la cheville.

La vitesse de mise en charge est choisie de façon à ce que la charge maximale soit obtenue en 1 minute environ.

Dans la mesure où l'exécution de l'essai n'a pas été entachée d'une erreur ou d'une fausse manœuvre, aucun résultat ne doit être supprimé.

Les essais conduisent aux mesures de la charge maximale d'arrachement N . Pour chaque essai, le mode de rupture obtenu doit être noté : rupture de la cheville ; rupture du support ; rupture par glissement⁽³⁾.

I.3. Détermination de la résistance caractéristique et de la classe de résistance

La résistance caractéristique N_{Rk1} de la cheville dans le support considéré (exprimée en N) est donnée par la relation :

$$N_{Rk1} = 0,6.N_1$$

où N_1 est la moyenne des cinq valeurs les plus faibles des charges maximales d'arrachement mesurées N .

La valeur N_{Rk1} doit être limitée à la valeur maximale mentionnée dans la DoP de la cheville pour le support considéré, et ne doit pas excéder 1500 N.

La classe de résistance de la cheville dans le support considéré est celle correspondant à la valeur N_{Rk} donnée dans le Tableau F2 de l'[ANNEXE F] (cf. F.1.3), qui est immédiatement inférieure ou égale à la valeur N_{Rk1} .

Par exemple, si $N_{Rk1} = 1000$ N, la valeur de résistance caractéristique à considérer est de 900 N : la cheville est donc de classe 3.

à 2 ans.

³ Si un glissement appréciable est constaté lors de l'essai, la charge maximale d'arrachement est remplacée par la charge atteinte avant glissement. Cette charge correspond généralement à la charge de stabilisation une fois le glissement amorcé.



Chaque type de support testé fait l'objet d'un rapport devant contenir les éléments suivants :

- informations relatives au chantier et au support ;
- informations relatives à la cheville de fixation (désignation commerciale, numéro de DoP, catégories d'utilisation) et à sa pose ;
- informations relatives à l'appareil d'arrachement ;
- indication de l'emplacement des essais sur le support ;
- résultats des essais : valeurs individuelles N et modes de rupture associés ;
- valeurs calculées N_1 et N_{Rk1} ;
- classe de résistance de la cheville dans le support ;
- date des essais et noms des participants (opérateur et personnes ayant assisté aux essais) ;
- nom du rédacteur et date de rédaction du rapport, incluant les observations éventuelles.



ANNEXE J : Fiche générale de chantier



Les tableaux suivants sont des propositions ayant pour objectif de faciliter et formaliser les contrôles que l'entreprise doit effectuer sur son chantier pour s'assurer de la bonne exécution des différentes actions, du respect des règles d'art et de la qualité finale de son ouvrage.

Ces tableaux sont à adapter au cas par cas en fonction des spécificités de chaque chantier et des méthodes de réalisation propres à chaque entreprise.

▲ Tableau J1 – Informations générales concernant le chantier

Localisation	Coordonnées exactes (rue, code postale, ville)
Donneur d'ordre	Propriétaire, maître d'ouvrage, etc.
Maître d'œuvre (le cas échéant)	.....
Bureau de contrôle (le cas échéant)	.....
Période des travaux d'ITE	Date de début et de fin des travaux
Autre(s) information(s) relative(s) au chantier	.....

▲ Tableau J2 – Caractéristiques du bâtiment et de ses façades

Type de bâtiment	Maison individuelle, immeuble collectif (indiquer si le bâtiment est isolé, jumelé ou en bande), etc.
Destination du bâtiment	Résidentiel (indiquer s'il s'agit d'un logement social ou privé), ERP (indiquer le type d'activité), tertiaire, etc.
Nature des travaux	Travaux neufs (indiquer la date d'achèvement du gros œuvre) ou rénovation (indiquer si possible la période de construction)



Hauteur du bâtiment	Hauteur (en m) : ... ⁽¹⁾
	Nombre d'étages : R + ...
Surface à traiter en ITE (m²)	.....
Nature du support	Béton banché, béton préfabriqué, maçonnerie d'éléments (indiquer la nature des éléments), support mixte béton / maçonnerie, revêtu ou non revêtu (indiquer la nature du revêtement)
Repérage des points singuliers	Soubassements, baies, balcons, joints de dilatation, modénatures, angles sortants et rentrants, arrêts latéraux, acrotères, etc. (faire une estimation en nombre, en ml ou en m ²)
Autre(s) information(s) relative(s) au bâtiment	.....
1. Pointe de pignon comprise.	

▲ Tableau J3 – État et préparation du support

État du support avant travaux	Salissures, efflorescences, écaillage, fissuration, etc.
Nécessité de nettoyer et de traiter le support ?	OUI / NON Si oui : nature du traitement, responsable du traitement ⁽¹⁾ et date du traitement
Planéité du support	Planéité globale : flèche sous la règle de 2 m : ...
	Planéité locale : écart sous le régllet de 20 cm : ...
Nécessité d'un ragréage localisé du support ?	OUI / NON
Nécessité d'un dressage général du support ?	OUI / NON
Essais d'adhérence de la colle sur le support ?	OUI / NON Si oui : responsable des essais ⁽¹⁾ , date des essais et résultats des essais
Essais de traction de la cheville dans le support ?	OUI / NON Si oui : responsable des essais ⁽¹⁾ , date des essais et résultats des essais
Autre(s) information(s) relative(s) au support	.....
1. Si différent de l'entreprise.	

▲ Tableau J4 – Procédé d'ITE à mettre en œuvre



Mode de fixation de l'isolant	Collé	Colle : nature ⁽¹⁾ , dénomination et fabricant
	Calé-chevillé	Produit de calage : nature ⁽¹⁾ , dénomination et fabricant
		Cheilles à rosace : dénomination, fabricant et n° d'ÉTE
	Fixé par profilés	Profilés PVC : dénomination et fabricant
Cheilles à collerette : dénomination, fabricant et n° d'ÉTE		
Isolant thermique	Dénomination, fabricant, dimensions et épaisseur en partie courante	
Armature normale	Dénomination et fabricant	
Armature renforcée ?	OUI / NON Si oui : dénomination et fabricant	
Enduit de base	Nature ⁽¹⁾ , dénomination et fabricant	
Produit d'impression ?	OUI / NON Si oui : nature ⁽¹⁾ , dénomination et fabricant	
Enduit de finition	Nature ⁽¹⁾ , dénomination et fabricant	
Revêtement décoratif ?	OUI / NON Si oui : nature ⁽¹⁾ , dénomination et fabricant	
Autre(s) information(s) relative(s) au procédé	.....
1. PO = poudre à mélanger avec de l'eau ; PC = pâte à mélanger avec du ciment ; PA = pâte prête à l'emploi ; PC = poudre à mélanger avec une résine ; L = liquide.		

▲ Tableau J5 – Contrôles sur la mise en œuvre de l'isolant thermique

Pose des panneaux isolants bout à bout et à joints décalés ; découpe des panneaux en L autour des baies	Indiquer la date du contrôle
Traitement des éventuels joints ouverts entre panneaux isolants ?	OUI / NON Si oui : indiquer le mode de remplissage des joints (lamelles PSE ou mousse expansive)
Ponçage éventuelle de l'isolant ?	OUI / NON
Planéité globale de l'isolant	Flèche sous la règle de 2 m :
Nombre et emplacement des chevilles à rosace (le cas échéant)	Indiquer le nombre de chevilles (par panneau ou par m ²) et le mode de pose (« en plein » ou « en joint »)
Renfort des points singuliers	Vérifier que les mouchoirs aux angles des baies, les cornières d'angle, les profilés pour joints de dilatation, etc., ont été posés
Autre(s) contrôle(s) effectué(s)	.....



▲ Tableau J6 – Contrôles sur la mise en œuvre du système d'enduit

Délai entre la pose de l'isolant et l'application de l'enduit de base	.....
Contrôle de la mise en place du treillis dans l'enduit de base (enrobage, recouvrements)	Indiquer la date du contrôle	
Quantité d'enduit de base⁽¹⁾	Quantité (en kg) : ...	Consommation (en kg/m ²) :
	Surface appliquée (en m ²) : ...	
Quantité de produit d'impression (le cas échéant)	Quantité (en kg) : ...	Consommation (en kg/m ²) :
	Surface appliquée (en m ²) : ...	
Quantité d'enduit de finition	Quantité (en kg) : ...	Consommation (en kg/m ²) :
	Surface appliquée (en m ²) : ...	
Quantité de revêtement décoratif (le cas échéant)	Quantité (en kg) : ...	Consommation (en kg/m ²) :
	Surface appliquée (en m ²) : ...	
Planéité globale du procédé	Flèche sous la règle de 2 m :	
Autre(s) contrôle(s) effectué(s)	.....
1. Hors quantité d'enduit de base ayant servi à traiter les renforts aux points singuliers.		

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.





Les présentes Recommandations Professionnelles traitent des travaux d'isolation thermique extérieure des façades en béton ou en maçonnerie, en neuf comme en rénovation.

Les procédés d'isolation thermique visés dans ces Recommandations sont des procédés sans lame d'air ventilée, mis en œuvre sur l'extérieur des parois, qui combinent un isolant en polystyrène expansé et un système d'enduit appliqué sur l'isolant. Ce sont les procédés d'isolation thermique extérieure les plus fréquemment employés.

La première partie des Recommandations, constituée des chapitres 1 à 3, précise le domaine d'application, les références, les termes et les définitions qui s'appliquent.

La deuxième partie de ces Recommandations, rassemblée dans les chapitres 4 et 5, décrit les composants à utiliser et leurs caractéristiques, ainsi que les performances que doivent présenter les procédés complets, en lien notamment avec les réglementations en vigueur.

Les supports admissibles et leur préparation, ainsi que la mise en œuvre des procédés en partie courante et aux points singuliers, constituent la troisième partie de ces Recommandations, rassemblée dans les chapitres 6 à 8.

La dernière partie du document, correspondant aux chapitres 9 et 10, est consacrée d'une part aux autocontrôles de l'entreprise, et d'autre part aux principales règles à respecter pour l'entretien et la rénovation des procédés.



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

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

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

