

Commission chargée de formuler des Avis Techniques et des Documents Techniques d'Application

Groupe Spécialisé n° 7

Produits et systèmes d'étanchéité
et d'isolation complémentaire
de parois verticales

Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé

Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de mise en œuvre

Ce document a été entériné par le Groupe Spécialisé n° 7 le 18 octobre 2012
et le 12 décembre 2012.

Ce document annule et remplace :

- le *Cahier du CSTB* 3035 d'avril 1998 ;
- le *Cahier du CSTB* 3399 de mars 2002 (modificatif n° 1 au *Cahier du CSTB* 3035) ;
- le *e-Cahier du CSTB* 3696 d'août 2011 (modificatif n° 2 au *Cahier du CSTB* 3035) ;
- le *Cahier du CSTB* 2533 de novembre 1991 ;
- la *Note* du Groupe Spécialisé n° 7 du 16 juin 2009 sur l'utilisation de polystyrène expansé gris et sur l'emploi en zones sismiques ;
- la *Note* du Groupe Spécialisé n° 7 du 1^{er} juillet 2010 sur la « surisolation ».

Etablissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de développement durable dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec ses 918 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2013

Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé

Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de mise en œuvre

SOMMAIRE

1. Généralités	2	Légendes	21
1.1 Objet.....	2	A. Départs en partie basse	22
1.2 Domaine d'application	2	B. Arrêts	29
1.3 Documents de référence en vigueur	2	C. Angles.....	37
1.4 Terminologie	3	D. Joints.....	39
1.5 Conception	3	E. Raccordements avec d'autres systèmes d'isolation	43
2. Conditions d'emploi	4	F. Raccordements avec des équipements	50
2.1 Choix des systèmes en fonction de la nature du support	4	6. Entretien et rénovation, réfection des dégradations, surisolation	52
2.2 Choix des systèmes en fonction de l'exposition de la paroi.....	4	6.1 Entretien et rénovation	52
2.3 Choix des systèmes en fonction de la réglementation incendie	6	6.2 Réfection des dégradations	52
2.4 Choix des systèmes en fonction de la réglementation sismique	6	6.3 Surisolation	52
3. Composants	6	7. Informations sur le comportement des systèmes.....	53
3.1 Produits de collage	6	7.1 Influence des conditions de préparation, d'application et de durcissement des colles et enduits	53
3.2 Dispositifs de fixation mécanique	6	7.2 Comportement affectant la durabilité	53
3.3 Panneaux isolants.....	7	7.3 Comportement d'aspect.....	54
3.4 Armatures.....	7	8. Annexe 1 : Détermination sur chantier de l'adhérence d'une colle sur un support	55
3.5 Produit de base	8	8.1 Principe	55
3.6 Produit d'impression	8	8.2 Modalités des essais.....	55
3.7 Revêtements de finition	8	8.3 Analyse des résultats.....	55
3.8 Éléments décoratifs	8	9. Annexe 2 : Détermination sur chantier de la résistance en traction d'une cheville de fixation dans un support.....	55
3.9 Accessoires de mise en œuvre	8	9.1 Principe	55
4. Conditions de mise en œuvre.....	10	9.2 Modalités des essais.....	55
4.1 Reconnaissance et préparation des supports.....	10	9.3 Détermination de la résistance caractéristique et de la classe de résistance.....	56
4.2 Mise en œuvre	11	9.4 Contenu du rapport d'essais.....	56
4.3 Planéité d'ensemble	20		
4.4 Traitement des points d'ancrage de l'échafaudage.....	20		
5. Détails de mise en œuvre aux points singuliers	20		
5.1 Principes généraux	20		
5.2 Carnet de détails	21		

1. Généralités

1.1 Objet

Le présent document a pour objectif de définir les conditions générales d'emploi et de mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit appliqué sur polystyrène expansé, faisant l'objet de Documents Techniques d'Application (DTA) ou d'Avis Techniques (AT).

Les enduits sur polystyrène expansé appartiennent à la famille des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant (acronyme européen « ETICS »). Ils sont constitués de panneaux en polystyrène expansé manufacturés, recouverts d'une couche de base armée d'un treillis en fibres de verre ou en métal. L'ensemble est revêtu d'une finition pouvant être de nature organique ou minérale.

Les panneaux en polystyrène expansé sont fixés au support par collage ou par fixation mécanique.

Des dispositions particulières différentes de celles qui suivent peuvent être adoptées : elles sont alors explicitement indiquées dans le DTA ou l'AT et prévalent sur celles du présent document.

Commentaire :

Les systèmes soumis au marquage CE, par le biais d'un Agrément Technique Européen (ATE) établi selon le Guide d'Agrément Technique Européen n° 004 (ETAG 004), font l'objet d'un DTA. Les autres systèmes font l'objet d'un AT.

1.2 Domaine d'application

Le présent document vise les systèmes appliqués sur les parois planes verticales extérieures des bâtiments neufs ou existants, et sur les parois horizontales ou inclinées lorsqu'elles ne sont pas exposées à la pluie (loggias, voussures, etc.).

Commentaire :

On entend par parois verticales, les parois ne faisant pas un angle supérieur à 5° par rapport à la verticale.

Les supports admis sont les suivants :

- Supports neufs :
 - béton brut de granulats courants ou légers (béton banché ou panneaux préfabriqués) ;
 - maçonneries d'éléments enduites au mortier de liants hydrauliques (blocs en béton de granulats, briques ou blocs en terre cuite, blocs en béton cellulaire auto-clavé) ;
 - maçonneries d'éléments non enduites.

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

Dans le cas des maçonneries non enduites, on s'assurera des dispositions à prendre pour assurer l'étanchéité à l'air lorsque cette dernière est requise (mise en œuvre d'un enduit intérieur ou d'un mortier d'enduit extérieur).

- Supports existants :
 - 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 7,5 × 7,5 cm ne sont pas visés dans le présent document.

Si le système est applicable sur un système d'isolation thermique extérieure existant (« surisolation »), la reconnaissance et la préparation du support ainsi que les conditions d'emploi et de mise en œuvre sont décrites dans le DTA ou l'AT.

D'autres supports peuvent être envisagés (parois en bois par exemple). Ils ne sont pas visés par le présent document et sont traités dans le cadre de DTA ou d'AT spécifiques du système.

1.3 Documents de référence en vigueur

1.3.1 Références normatives

- NF EN ISO 11600 : Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics.
- NF EN 13163 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécification.
- 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 42.1 : Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères.
- DTU 44.1 : Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics.
- 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.

1.3.2 Documents du Groupe spécialisé n° 7

- Conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique par l'extérieur faisant l'objet d'un Avis Technique – *Cahier du CSTB 1833*, mars 1983.
- 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. Modificatif n° 1 – *Cahier du CSTB 3006*, décembre 1997.
- Classement reVETIR des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur – *Cahier du CSTB 2929*, décembre 1996.
- Définition des caractéristiques des treillis en fibres de verre utilisés dans les systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant – *e-Cahier du CSTB 3204_V2*, janvier 2012.

- Règles pour la mise en œuvre en zones sismiques des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant – *e-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 – *e-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 – *e-Cahier du CSTB 3702*, janvier 2012.
- Détermination de la sollicitation du vent selon les Règles NV65 : application au cas des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant – *e-Cahier du CSTB 3707*, mars 2012.
- Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : principe de mise en œuvre autour des baies ; liaison avec les fenêtres – *e-Cahier du CSTB 3709*, mai 2012.
- Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : conditions de mise en œuvre des bandes filantes pour protection incendie – *e-Cahier du CSTB 3714*, juillet 2012.

1.3.3 Autres documents

- 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.
- 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.
- Certification ACERMI – Définition et exemples d'usages des propriétés certifiées ISOLE – juillet 2011.

1.4 Terminologie

La colle, l'enduit de base, l'éventuel produit d'impression et le revêtement de finition se présentent sous différentes formes successives :

- les produits servant à leur préparation ;
- les mortiers ou liquides mis en œuvre ;
- l'ouvrage obtenu après séchage et durcissement.

Afin de distinguer ces différentes formes, on adoptera dans le texte la terminologie suivante :

Produit de collage ou de calage

Produit commercialisé pour la préparation de la colle (conditionné généralement en seau ou en sac).

Colle

Mortier obtenu après préparation du produit de collage et, éventuellement, après durcissement.

Produit de base

Produit commercialisé pour la préparation de l'enduit appliqué directement sur l'isolant (conditionné généralement en seau ou en sac).

Enduit de base (ou sous-enduit)

Mortier obtenu après préparation du produit de base et, éventuellement, après durcissement.

Couche de base armée

Couche d'enduit appliquée directement sur l'isolant en une ou plusieurs passes et comportant l'armature.

Armature normale

Treillis en fibres de verre ou métallique associé à l'enduit de base pour améliorer sa résistance mécanique et en assurer la continuité.

Armature renforcée

Treillis en fibres de verre incorporé dans l'enduit de base en complément de l'armature normale pour améliorer la résistance aux chocs.

Sous-enduit mince

Sous-enduit permettant de réaliser une couche de base armée d'épaisseur inférieure à 5 mm à l'état sec et durci (en simple armature normale⁽¹⁾).

Sous-enduit épais

Sous-enduit permettant 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).

Produit d'impression (ou impression)

Désigne à la fois le produit à préparer (conditionné généralement en seau), le liquide obtenu après préparation et le revêtement en œuvre à l'état sec et durci.

Revêtement de finition (ou finition)

Désigne à la fois le produit à préparer (conditionné généralement en seau ou en sac), le mortier frais obtenu après préparation et le revêtement en œuvre à l'état sec et durci.

Finition mince

Revêtement de finition qui présente une épaisseur inférieure à 5 mm à l'état sec et durci.

Finition épaisse

Revêtement de finition qui présente une épaisseur supérieure ou égale à 5 mm à l'état sec et durci.

Système d'enduit

Ensemble constitué de la couche de base armée, de l'éventuel produit d'impression et du revêtement de finition, à l'état sec et durci.

1.5 Conception

Ces systèmes ne participent en aucun cas à la stabilité d'ensemble de la construction, ni à la résistance aux chocs de sécurité visant le risque de chute au travers de la façade, ces dispositions devant être assurées par la paroi support.

Ces systèmes n'apportent pas l'étanchéité à l'air qui doit être assurée par la paroi support et ses interfaces avec les autres éléments de l'enveloppe.

L'étanchéité à l'eau est assurée par l'ensemble du système et de la paroi support.

Les systèmes se distinguent d'après leur mode de fixation.

• Systèmes collés

La tenue au vent de ces systèmes est entièrement assurée par la colle et ne nécessite pas de fixation mécanique en partie courante.

Des fixations mécaniques peuvent éventuellement être utilisées pour maintenir l'isolant pendant la prise de la colle ou assurer un maintien provisoire pour éviter le risque de

1. Voir *paragraphe 4.2.6.1* du présent document.

chute en cas de décollement. Elles peuvent également être utilisées aux points singuliers (en rive, autour des baies, etc.) pour respecter les exigences des réglementations incendie et sismique lorsque ces dernières sont applicables. Ces fixations ne sauraient en aucun cas dispenser de la préparation nécessaire des supports et en particulier du décapage des anciennes peintures ou des anciens revêtements organiques.

- Systèmes fixés mécaniquement

La tenue au vent de ces systèmes est entièrement assurée par les dispositifs de fixation mécanique.

Les systèmes fixés mécaniquement par chevilles nécessitent le calage préalable des panneaux isolants. Ce calage, réalisé par exemple avec le produit de collage, permet de rattraper les éventuels défauts de planéité du support et ne nécessite pas le décapage des revêtements existants.

Commentaire :

Les produits destinés exclusivement au calage sont explicitement mentionnés dans le DTA ou l'AT.

Les systèmes fixés mécaniquement, dont la résistance au vent est limitée, sont essentiellement destinés aux supports qui ne permettent pas de coller directement. De ce fait, leur emploi est souvent limité aux supports existants.

2. Conditions d'emploi

Le choix des systèmes doit être fonction :

- de la nature du support considéré ;
- de l'exposition de la paroi (aux chocs, au vent, au soleil, à la pluie, etc.) ;
- de la réglementation incendie ;
- de la réglementation sismique.

Commentaire :

Le classement reVETIR (Cahier du CSTB 2929), qui permet d'indiquer les principales performances des systèmes, n'est plus mentionné dans les DTA et AT. En effet, un système donné peut aujourd'hui présenter de nombreuses variantes (modes de fixation des panneaux isolants, natures des finitions, etc.) qui lui confèrent plusieurs niveaux de performance, ce qui complique l'affichage du classement. Par ailleurs, les méthodes d'essais ou les critères associés à certaines caractéristiques ne sont plus valides pour les ETICS ; c'est le cas en particulier pour les caractéristiques « V » (résistance au vent) et « I » (réaction au feu).

2.1 Choix des systèmes en fonction de la nature du support

2.1.1 Supports neufs

La fixation 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.

2.1.2 Supports existants

Pour les mêmes raisons qu'indiquées ci-dessus, la fixation 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 systèmes fixés 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.

En cas de mauvaise planéité du support, les systèmes fixés mécaniquement par profilés en PVC à la périphérie des panneaux isolants sont à exclure car ils ne peuvent tolérer que de faibles écarts de planéité⁽²⁾.

Cas particuliers des panneaux préfabriqués en béton à voile extérieur librement dilatable :

L'utilisation sur panneaux préfabriqués en béton à voile extérieur librement dilatable est soumise aux conditions suivantes :

- l'épaisseur des panneaux en polystyrène expansé 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 les panneaux isolants ne doivent pas coïncider avec les joints entre les panneaux en béton.

2.2 Choix des systèmes en fonction de l'exposition de la paroi

2.2.1 Exposition aux chocs et aux dégradations

L'ETAG 004 définit les catégories d'utilisation des différentes configurations des systèmes, suivant les résultats d'essais de résistance aux chocs de corps durs et éventuellement de résistance au poinçonnement.

Commentaire :

La configuration d'un système est donnée par l'association d'une couche de base armée (en simple armature normale, en double armature normale ou en armature renforcée avec armature normale) et d'un type de finition.

Les trois catégories d'utilisation sont les suivantes :

- **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.
Cette catégorie correspond généralement aux parties de bâtiments en rez-de-chaussées accessibles non protégés : 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.
Cette catégorie correspond généralement aux parties de bâtiments en rez-de-chaussées accessibles mais protégés et peu sollicités : 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).
Cette catégorie correspond généralement aux parties courantes de bâtiment en étage et en rez-de-chaussée inaccessibles.

². Voir paragraphe 4.1 du présent document.

Les catégories d'utilisation du système sont spécifiées dans le DTA ou l'AT.

2.2.2 Exposition au vent

L'emploi des systèmes collés n'est pas limité vis-à-vis des expositions au vent en pression ou en dépression.

L'emploi des systèmes fixés mécaniquement est limité aux expositions au vent en dépression correspondant aux résistances de calcul indiquées dans chaque DTA ou AT, ou déterminées spécifiquement dans la configuration exacte de pose. Leur emploi n'est pas limité en pression.

Les règles pour calculer la densité de fixations sont précisées dans les deux documents suivants :

- « Détermination de la résistance au vent des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant fixés mécaniquement par chevilles » (*e-Cahier du CSTB 3701*) ;
- « Détermination de la résistance au vent des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé fixés mécaniquement par profilés » (*e-Cahier du CSTB 3702*).

La sollicitation du vent en dépression, déterminée selon les Règles NV65 pour les configurations les plus courantes de bâtiments, est précisée dans le document « Détermination de la sollicitation du vent selon les Règles NV65 : application au cas des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant » (*e-Cahier du CSTB 3707*).

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 2 du présent document) permet de démontrer la tenue convenable des fixations ;
- ou si ce type de perçage est expressément mentionné dans l'ATE de la fixation pour ces supports.

2.2.3 Exposition à la pluie

En travaux neufs, il convient de vérifier que le type de mur obtenu correspond à l'emploi visé.

La conception de la paroi support et les règles d'exposition à la pluie sont définies dans les « Conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique par l'extérieur faisant l'objet d'un Avis Technique » (*Cahier du CSTB 1833*).

L'ETAG 004 définit la reprise d'eau par capillarité du système (isolant + système d'enduit) :

- si la reprise d'eau par capillarité est inférieure à 0,5 kg/m² après 24 heures, le système permet de réaliser des murs de type XII ou XIII ;
- si la reprise d'eau par capillarité est supérieure ou égale à 0,5 kg/m² après 24 heures, le système permet de réaliser des murs de type XI ou XII.

Les types de murs réalisables sont mentionnés dans chaque DTA ou AT.

En rénovation, il convient de ne pas laisser de point d'entrée d'eau, notamment aux points singuliers, susceptible de générer des accumulations d'eau entre le système et le mur support.

Pour éviter le ruissellement des eaux de pluie sur le système, il convient de prévoir une protection

particulière au niveau des points singuliers horizontaux, sous la forme :

- de couvertines ou de bavettes ;
- de gouttes d'eau en voussure ;
- d'éléments intermédiaires.

Le débord par rapport au nu fini du système dépend du type de protection et de sa localisation. Le *chapitre 5* indique les dimensions minimales à respecter dans chaque cas de figure.

L'exposition à la pluie conditionne également le risque de salissures⁽³⁾.

2.2.4 Exposition aux rayonnements solaires

Les teintes foncées de certains revêtements de finition augmentent les contraintes d'origine thermique, du fait d'une plus forte absorption du rayonnement solaire, et accentuent les risques de fissuration. De ce fait, les teintes de coefficient d'absorption du rayonnement solaire supérieur à 0,7 sont exclues, sauf sur les façades protégées de l'ensoleillement direct ou indirect (réflexion d'autres façades, etc.).

En montagne, au-dessus de 1 300 m d'altitude, ce coefficient d'absorption est limité à 0,5.

On veillera à ne pas juxtaposer, sans joint de fractionnement, des teintes dont la différence de coefficient d'absorption est supérieure à 0,2. Le joint de fractionnement peut être réalisé, par exemple, avec un profilé adapté⁽⁴⁾.

Commentaire :

De façon générale, on constate que les revêtements ayant un indice de luminance lumineuse (Y) supérieur à 35 % présentent un coefficient d'absorption du rayonnement solaire inférieur à 0,7, bien qu'il n'existe pas de relation physique entre ces deux valeurs.

2.2.5 Exposition au froid et à la neige

Les températures d'emploi des composants doivent être respectées. Des dispositions particulières sont alors à prendre pendant la durée de prise et de durcissement des colles et enduits (bâchage, chauffage, etc.).

Commentaire :

En zone de montagne, où les périodes de travail sont plus courtes qu'ailleurs, cette problématique doit être intégrée suffisamment tôt dans les plannings, car les finitions sont souvent réalisées en fin de période.

La mise en œuvre des systèmes n'est pas admise lorsqu'il y a un risque d'accumulation importante et durable de neige. Cela concerne en particulier les rez-de-chaussée et les niveaux à accès extérieur avec plateforme.

2.2.6 Exposition aux salissures

L'aptitude d'un système à résister au développement de salissures (pollution atmosphérique et/ou développement de micro-organismes) dépend du revêtement de finition, en particulier :

- sa nature physicochimique ;
- sa texture (son relief), déterminée en partie par le mode d'application et le type d'aspect.

Les finitions présentant un fort relief sont généralement plus sensibles aux salissures que les autres finitions.

3. Voir paragraphe 2.2.6 du présent document.

4. Voir paragraphe 3.9.1.6 du présent document.

Commentaire :

L'orientation de la façade (exposition à la pluie, au vent et au soleil), ainsi que son environnement local (proximité immédiate d'une source d'humidité, de végétation, du trafic routier) sont également des facteurs déterminants sur l'encrassement progressif du système.

2.3 Choix des systèmes en fonction de la réglementation incendie

Le DTA ou l'AT spécifie la (ou les) classe(s) de réaction au feu associée(s) au système, selon la norme NF EN 13501-1.

L'adéquation entre la classe de réaction au feu et la destination du système doit être préalablement vérifiée, au regard de la réglementation de sécurité incendie en vigueur applicable au bâtiment concerné.

L'emploi de ces systèmes est exclu en immeuble de grande hauteur (IGH).

Lorsque la réglementation incendie le stipule, les systèmes doivent :

- soit intégrer des solutions constructives visant à limiter la propagation du feu en façade : les solutions de protection à intégrer, définies au chapitre 5 de l'Instruction Technique n° 249 relative aux façades, dépendent :
 - de l'application ou non de la règle dite du « C + D »,
 - de la nature et de l'épaisseur du système d'enduit,
 - de l'épaisseur de polystyrène expansé en partie courante ;
- soit bénéficier d'un avis favorable du CECMI⁽⁵⁾ sur leur comportement au feu, tel que défini au chapitre 5 de l'Instruction Technique n° 249 relative aux façades.

Pour la solution de protection qui consiste à mettre en œuvre des bandes filantes horizontales en laine de roche, on se reportera au document « Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : conditions de mise en œuvre des bandes filantes pour protection incendie » (*e-Cahier du CSTB 3714*).

2.4 Choix des systèmes en fonction de la réglementation sismique

Le comportement d'un système soumis à une sollicitation sismique dépend notamment de son poids spécifique (masse surfacique exprimée en kg/m²).

Les conditions de mise en œuvre du système suivant la zone de sismicité et la catégorie d'importance du bâtiment sont définies dans le document « Règles pour la mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant » (*e-Cahier du CSTB 3699_v2*).

Les éventuelles restrictions d'emploi du système sont précisées dans le DTA ou l'AT.

3. Composants

Les composants à utiliser et leurs caractéristiques d'identification sont définis dans le DTA ou l'AT du système. **Seuls les composants visés dans le DTA ou l'AT peuvent être utilisés ; aucun autre composant ne doit leur être substitué.**

3.1 Produits de collage

Ils se présentent :

- en poudre à mélanger avec de l'eau ;
- en pâte prête à l'emploi (sans ciment) ;
- en pâte à mélanger avec du ciment ;
- ou en poudre à mélanger avec un liant spécifique (résine).

Les produits de collage sont généralement les mêmes que les produits servant à caler les panneaux isolants avant fixation mécanique par chevilles, sauf indication contraire dans le DTA ou l'AT.

Commentaire :

Parmi les différents produits de collage mentionnés dans le DTA ou l'AT du système, l'un de ces produits est souvent le même que celui utilisé pour la réalisation de l'enduit de base.

3.2 Dispositifs de fixation mécanique

3.2.1 Profilés en PVC

Les profilés en PVC utilisés pour le maintien des panneaux en polystyrène expansé doivent satisfaire aux spécifications définies dans le document « Définition des caractéristiques des profilés PVC destinés à la fixation des systèmes d'isolation thermique extérieure » (*Cahier du CSTB 2866*) et son modificatif n° 1 (*Cahier du CSTB 3006*).

3.2.2 Chevilles de fixation

Les chevilles de fixation doivent bénéficier d'un ATE établi selon l'ETAG 014. Ce guide distingue cinq catégories d'utilisation des chevilles, en fonction de la nature des supports :

- **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.

L'ATE de la cheville spécifie ses catégories d'utilisation possibles. Le support visé doit correspondre à l'une des catégories d'utilisation de la cheville.

Le paragraphe 2.1.3.1 de l'ETAG 014 attire l'attention sur la grande hétérogénéité de conception des éléments de maçonnerie visés par la catégorie C. En effet, les localisations et les dimensions des évidements, ainsi que le nombre et l'épaisseur des parois internes, varient fortement d'un élément à un autre. Les résistances caractéristiques des chevilles étant étroitement liées à ces géométries, les données citées dans les ATE des chevilles ne peuvent concerner que les seuls éléments qui y sont précisément décrits. Dans tous les autres cas, une reconnaissance conformément à l'Annexe 2 du présent document doit être réalisée.

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

Parmi les chevilles de fixation, on distingue les chevilles de fixation pour profilés et les chevilles de fixation pour isolant.

5. Comité d'étude et de classification des matériaux et éléments de construction par rapport au danger d'incendie.

3.2.2.1 Chevilles de fixation pour profilés (chevilles à collerette)

Ensemble à frapper ou à visser comprenant un corps en plastique ayant une collerette de diamètre minimal 11 mm, et une pièce d'expansion métallique (clou ou vis).

3.2.2.2 Chevilles de fixation pour isolant (chevilles à rosace)

Ensemble à frapper ou à visser comprenant un corps en plastique à tête circulaire (rosace) de diamètre 60 mm et une pièce d'expansion (clou ou vis) en métal et/ou en plastique. Le diamètre de rosace peut éventuellement être porté à 90 mm ou plus, par exemple à l'aide d'une rosace complémentaire, afin d'améliorer la résistance au vent du système ou de diminuer la densité de chevilles.

Commentaire :

Il existe des chevilles à rosace de diamètre 50 mm ; les restrictions d'emploi (épaisseur maximale d'isolant par exemple) sont alors précisées dans les DTA ou les AT qui mentionnent l'emploi de ces chevilles.

3.2.3 Autres dispositifs

Si le système fait appel à d'autres dispositifs de fixation (profilés spécifiques, inserts, connecteurs, etc.), les caractéristiques ainsi que les conditions d'emploi et de mise en œuvre de ces dispositifs sont décrites dans le DTA ou l'AT.

3.3 Panneaux isolants

Les panneaux en polystyrène expansé utilisés en support d'enduit doivent être conformes à la norme NF EN 13163. Le polystyrène expansé doit être ignifugé afin de présenter une Euroclasse au moins E selon la norme NF EN 13501-1. Si les panneaux bénéficient d'un certificat ACERMI, le profil d'usage ISOLE minimal attendu est indiqué dans le DTA ou dans l'AT. La conductivité thermique et les résistances thermiques sont alors celles mentionnées dans le certificat. Si les panneaux isolants ne sont pas certifiés, le DTA ou l'AT précise les dispositions retenues pour les caractéristiques minimales et le suivi de fabrication des panneaux.

Dans le cas de certains systèmes avec sous-enduit 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.

Le polystyrène expansé peut être blanc ou gris ; dans ce second cas, la protection définie au *paragraphe 4.2.1.2* du présent document doit être prévue.

Commentaire :

On appelle polystyrène gris tout polystyrène qui n'a pas une couleur blanche uniforme. Les polystyrènes gris présentent une conductivité thermique plus faible et donc des résistances thermiques plus élevées. Cependant, ils sont sensibles à l'action des rayons du soleil (déformations). Le polystyrène totalement gris et le polystyrène mêlant des billes blanches avec des billes grises en différentes proportions sont deux exemples de polystyrène gris.

3.3.1 Panneaux isolants pour systèmes collés

Les panneaux destinés à être collés sont généralement à bords droits et présentent les dimensions suivantes :

- longueur $\leq 1\,200$ mm ;
- largeur ≤ 600 mm ;
- épaisseur ≤ 300 mm.

Les tolérances dimensionnelles et les autres caractéristiques sont indiquées dans l'ATE associé au DTA, ou dans l'AT le cas échéant.

3.3.2 Panneaux isolants pour systèmes fixés mécaniquement

3.3.2.1 Systèmes fixés mécaniquement par profilés

Les panneaux destinés à être fixés mécaniquement par profilés en PVC sont rainurés dans leur épaisseur (sur les quatre côtés), afin de permettre leur emboîtement dans les profilés. Ces panneaux présentent les dimensions suivantes :

- longueur $\leq 1\,000$ mm ;
- largeur ≤ 600 mm ;
- épaisseur ≤ 200 mm.

La distance entre les rainures et la face du panneau destinée à être enduite doit présenter une tolérance dimensionnelle de 1 mm. Les autres tolérances dimensionnelles et les autres caractéristiques sont indiquées dans l'ATE associé au DTA, ou dans l'AT le cas échéant.

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

3.3.2.2 Systèmes fixés mécaniquement par chevilles

Les caractéristiques des panneaux isolants et les exigences auxquelles ils doivent satisfaire sont les mêmes que celles des panneaux isolants pour systèmes collés (voir *paragraphe 3.3.1* du présent document).

3.4 Armatures

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

3.4.1 Treillis en fibres de verre

Treillis en fibres de verre, tissé ou thermocollé, ayant reçu un traitement alcali-résistant. Les treillis en fibres de verre sont utilisés en association avec les sous-enduits minces ou les sous-enduits épais.

Le choix du treillis du système dépend, entre autres, de l'épaisseur du sous-enduit et du mode de fixation des panneaux isolants ; ces éléments sont précisés dans le document « Définition des caractéristiques des treillis en fibres de verre utilisés dans les systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant » (*e-Cahier du CSTB 3204_v2*).

Si le treillis bénéficie d'un certificat CSTBat, le classement TRaME minimal attendu est indiqué dans le DTA ou l'AT. Si le treillis n'est pas certifié, le DTA ou l'AT précise les dispositions retenues pour les caractéristiques minimales et le suivi de fabrication du treillis.

3.4.2 Treillis métalliques

Treillis en acier galvanisé ou en acier inoxydable, pour un usage en extérieur avec un liant hydraulique, conformément aux spécifications de l'ETAG 004. Les treillis métalliques sont utilisés en association avec les sous-enduits épais uniquement.

Commentaire :

Le domaine d'application de la certification CSTBat ne couvre pas les treillis métalliques.

3.5 Produit de base

Produit utilisé pour la préparation de l'enduit de base appliqué sur l'isolant avec intégration de l'armature.

Pour la réalisation d'un sous-enduit mince, le produit se présente :

- en poudre à mélanger avec de l'eau ;
- en pâte prête à l'emploi (sans ciment) ;
- en pâte à mélanger avec du ciment ;
- ou en poudre à mélanger avec un liant spécifique (résine).

Pour la réalisation d'un sous-enduit épais, le produit se présente généralement en poudre à mélanger avec de l'eau.

3.6 Produit d'impression

Il s'agit le plus souvent d'un produit pigmenté prêt à l'emploi ou à diluer avec de l'eau, appliqué sur la couche de base armée avant le revêtement de finition. Le produit d'impression joue le rôle de régulateur d'absorption et/ou de sous-couche opacifiante.

Le caractère optionnel ou obligatoire du produit d'impression est précisé dans le DTA ou l'AT du système.

3.7 Revêtements de finition

Les DTA ou les AT précisent, pour chaque système, les différents revêtements de finition utilisables, leur mode d'application ainsi que leurs éventuelles restrictions d'emploi.

Les principaux revêtements de finition sont les suivants :

- enduit à base de liant organique (acrylique, acrylo-siloxane, vinylique, siloxane, etc.), se présentant en pâte prête à l'emploi ;
- enduit avec granulats colorés et liant organique incolore, se présentant en pâte prête à l'emploi ;
- enduit à base de liant silicate, se présentant en pâte prête à l'emploi ;
- enduit à base de liants hydrauliques (ciment et/ou chaux), se présentant en poudre à mélanger avec de l'eau ;
- peinture décorative appliquée sur une couche d'enduit ou sur une passe supplémentaire d'enduit de base.

Les enduits à base de liant organique ou silicate permettent de réaliser des finitions généralement minces. Les enduits à base de liants hydrauliques permettent de réaliser des finitions minces ou épaisses ; néanmoins, un même produit ne permet généralement pas de réaliser à la fois une finition mince et une finition épaisse, sauf indication contraire dans le DTA ou l'AT.

Dans le cas de certains systèmes, le revêtement de finition est réalisé avec le même produit que celui utilisé pour l'enduit de base.

D'autres revêtements de finition peuvent être prévus (plaquettes de parement par exemple) : leurs conditions d'emploi et de mise en œuvre sont alors indiquées dans les DTA ou les AT.

3.8 Éléments décoratifs

Des éléments rapportés peuvent éventuellement compléter la décoration de la façade, en formant des modénatures (bandeaux, moulures, corniches, etc.). Leurs caractéristiques, ainsi que leurs conditions d'emploi et de mise en œuvre sont spécifiées dans les DTA ou les AT ; elles peuvent également être spécifiées dans les AT spécifiques aux éléments décoratifs.

3.9 Accessoires de mise en œuvre

3.9.1 Profilés de raccordement et de protection

Éléments en plastique (généralement en PVC) ou en métal 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 faces des profilés sur lesquelles l'enduit doit adhérer doivent avoir une hauteur 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.

Suivant le cas, les profilés métalliques 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 réservés aux systèmes avec enduits exclusivement hydrauliques.

Les profilés 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 ATE selon l'ETAG 014.

3.9.1.1 Profilés de départ (rails de départ)

Profilés dont le rôle est de permettre le maintien provisoire et l'alignement de la première rangée de panneaux isolants (cf. *paragraphe 4.2.2* et *paragraphe 5.2* figures A1 du présent document). Il doit être muni d'un nez goutte d'eau en contact avec l'enduit. Il peut être associé à un treillis en fibres de verre débordant d'au moins 10 cm ou à un profilé raccordable sur la face avant, ayant fonction de repère d'épaisseur d'enduit. Les profilés de départ peuvent être constitués de deux éléments permettant l'adaptation à différentes épaisseurs d'isolant.

L'épaisseur du profilé doit être :

- au moins égale à 10/10 mm si le profilé est en aluminium brut ou laqué ;
- au moins égale à 7,5/10 mm si le profilé est en acier inoxydable, en acier galvanisé ou en acier galvanisé-laqué ;
- au moins égale à 12/10 mm si le profilé est en PVC.

3.9.1.2 Profilés d'arrêt latéral

Profilés dont le rôle est de protéger la tranche latérale du système lorsque ce dernier est arrêté verticalement sur le support (cf. *paragraphe 4.2.2* et *paragraphe 5.2* figures B1 du présent document). L'âme du profilé peut être lisse s'il est destiné à rester apparent, ou perforée s'il est destiné à être recouvert par de l'enduit.

L'épaisseur du profilé doit être :

- au moins égale à 10/10 mm si le profilé est en aluminium brut ou laqué ;
- au moins égale à 7,5/10 mm si le profilé est en acier inoxydable, en acier galvanisé ou en acier galvanisé-laqué ;
- au moins égale à 12/10 mm si le profilé est en PVC.

3.9.1.3 Bavettes et couvertines

Profilés dont le rôle est de protéger la tranche supérieure du système et d'éloigner les eaux de ruissellement (cf. *paragraphe 5.2* figures B4 du présent document). Il doit être muni d'un nez goutte d'eau d'au moins 25 mm de débord. La largeur du profilé doit être adaptée à l'épaisseur du système fini.

L'épaisseur du profilé doit être adaptée aux sollicitations auxquelles il est soumis (sollicitations mécaniques, vent, etc.). Dans tous les cas, cette épaisseur doit être :

- au moins égale à 10/10 mm si le profilé est en aluminium brut ou laqué ;
- au moins égale à 7,5/10 mm si le profilé est en acier inoxydable, en acier galvanisé ou en acier galvanisé-laqué.

3.9.1.4 Cornières d'angle

Profilés perforés dont le rôle est de protéger les angles du système (cf. *paragraphe 5.2* figures C1 du présent document). Le profilé peut être muni d'un treillis en fibres de verre avec retours d'au moins 10 cm.

L'épaisseur du profilé doit être au moins égale à 5/10 mm s'il est métallique et 12/10 mm s'il est en PVC.

3.9.1.5 Profilés pour couvre-joint

Profilés en métal ou en PVC (à angle droit ou à angle variable), posés au droit des joints de dilatation du gros œuvre, dont le rôle est de maintenir hors d'eau la tranche du système et d'absorber les mouvements relatifs des deux parties du système (cf. *paragraphe 5.2* figures D2 du présent document). Le profilé peut être perforé ou muni d'un treillis en fibres de verre avec retours d'au moins 10 cm.

L'épaisseur du profilé doit être au moins égale à 5/10 mm s'il est métallique et 12/10 mm s'il est en PVC.

3.9.1.6 Profilés pour joint de fractionnement

Profilés dont le rôle est d'assurer le fractionnement en cas de changement de teinte, de nu ou de nature de matériaux (cf. *paragraphe 5.2* figure D1 du présent document). Le profilé crée ainsi une rupture afin de prévenir une microfissuration.

La partie recouverte de l'enduit peut être perforée et munie d'un treillis en fibres de verre. La forme spécifique du profilé peut servir de repère d'enduit.

L'épaisseur du profilé doit être au moins égale à 5/10 mm s'il est métallique et 12/10 mm s'il est en PVC.

3.9.1.7 Profilés de séparation horizontale

Profilés dont le rôle est de marquer une séparation horizontale du système, notamment dans le cas où l'isolant en partie inférieure est en retrait par rapport à l'isolant en partie supérieure (cf. *paragraphe 5.2* figure A2.2 du présent document). Le profilé est pourvu d'une âme horizontale et doit assurer le rejet d'eau par un nez goutte d'eau approprié. La partie recouverte de l'enduit doit être perforée et peut être munie d'un treillis en fibres de verre. La forme spécifique du profilé peut servir de repère d'enduit.

3.9.1.8 Profilés nez goutte d'eau

Profilés dont le rôle est de protéger le système localisé en sous-face d'angles sortants (voussures par exemple). Le profilé doit assurer le rejet d'eau par un nez goutte d'eau approprié (cf. *paragraphe 5.2* figure C2 du présent document). La partie recouverte de l'enduit doit être perforée et peut être munie d'un treillis en fibres de verre. La forme spécifique du profilé peut servir de repère d'enduit.

L'épaisseur du profilé doit être au moins égale à 5/10 mm s'il est métallique et 12/10 mm s'il est en PVC.

3.9.1.9 Profilés de raccord aux menuiseries

Profilé généralement en PVC d'épaisseur minimale 12/10 mm, dont le rôle est de désolidariser le système isolant des dormants de fenêtres en absorbant les vibrations, tout en assurant l'étanchéité à l'eau du système (cf. *paragraphe 5.2* figure B2.2 du présent document). Le profilé peut être muni d'un treillis en fibres de verre en retour de tableaux et de voussure. Pour le maintien du film plastique de protection temporaire des fenêtres (durant la mise en œuvre du système), le profilé peut être muni d'une languette autocollante sécable.

Ces profilés peuvent également être utilisés pour le traitement des arrêts du système sur béton ou maçonnerie⁶.

3.9.2 Produits de garniture ou de calfeutrement

3.9.2.1 Mastics extrudables ou en cordons préformés

Les mastics utilisés pour le calfeutrement des joints, en contact avec l'enduit et/ou l'isolant, 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 ; toutefois, leur classification indique qu'ils sont destinés à des ouvrages distincts des ETICS.

Par ailleurs, les mastics doivent être chimiquement compatibles avec le polystyrène expansé.

Le DTU 44.1 liste les différents types de mastics utilisables dans les joints de façade ; on peut s'inspirer des conditions de mise en œuvre du calfeutrement qui y sont décrites pour assurer l'étanchéité à l'air et à l'eau des calfeutlements du présent document.

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 ETICS).

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

3.9.2.2 Bandes de mousse imprégnée

Il s'agit de bandes de mousse imprégnée (précom-

6. Voir *paragraphe 5* du présent document.

primée ou non), imprégnation par bitume et cire exclue, 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.

3.9.2.3 Mousses de polyuréthane expansives

Les mousses de polyuréthane 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) ou de rebouchage des petites cavités d'isolant très localisées.

La mousse de polyuréthane expansive 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.

3.9.3 Autres accessoires

- 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.

4. Conditions de mise en œuvre

4.1 Reconnaissance et préparation des supports

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

- pour les systèmes collés ou fixés mécaniquement par chevilles, l'écart de planéité ne doit pas dépasser 10 mm sous la règle de 2 m ;
- pour les systèmes fixés mécaniquement par profilés en PVC, 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 des ragréages localisés, ou un dressage général conformément au NF DTU 26.1.

Commentaire :

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).

La surface des murs doit être saine, dépoussiérée et débarrassée de tout produit non adhérent par brossage, grattage, ponçage, etc. Elle ne doit pas ressuer l'humidité ni être gelée.

Sur support présentant des modénatures (bandeaux, décrochements, etc.), une étude particulière doit être réalisée en collaboration avec le détenteur du DTA ou de l'AT pour l'adaptation du système.

4.1.1 Supports neufs

Avant mise en œuvre du système, un délai de séchage du support est nécessaire selon les conditions atmosphé-

riques locales : au minimum 30 jours pour les maçonneries d'éléments et 45 jours pour les supports en béton.

4.1.1.1 Systèmes collés

Si le support est en béton banché, des essais d'adhérence de la colle sur le béton doivent être réalisés, comme indiqué en *Annexe 1* 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 *paragraphe 4.2.4.2* ou *4.2.4.3* 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 sont à exécuter, comme indiqué en *Annexe 1* du présent document.

Commentaire :

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

4.1.1.2 Systèmes fixés mécaniquement

Si les caractéristiques du support (résistance en compression, dimensions des alvéoles, etc.) sont visées dans l'ATE de la cheville, la résistance en traction est celle donnée dans l'ATE de la cheville pour ce support. Sinon, la résistance en traction de la cheville doit être déterminée selon l'*Annexe 2* du présent document.

4.1.2 Supports existants

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.

4.1.2.1 Systèmes collés

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

- 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 du maître d'œuvre et du maître d'ouvrage. 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 doivent être réalisés comme indiqué en *Annexe 1* du présent document.

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

- 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 doivent ensuite être exécutés conformément à l'*Annexe 1* du présent document.

- Revêtements minéraux type grès cérame, pâte de verre

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 doivent être réalisés comme indiqué en *Annexe 1* du présent document.

4.1.2.2 Systèmes fixés 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 de la cheville pour ce support. Sinon, la résistance en traction doit être déterminée conformément à l'*Annexe 2* du présent document.

- Béton et maçonneries apparentes

Pas de disposition complémentaire.

- Maçonneries enduites

L'enduit est sondé sur toute la surface, piqué lorsqu'il sonne le creux et réparé.

- Revêtements minéraux

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.

4.2 Mise en œuvre

4.2.1 Dispositions générales

4.2.1.1 Composants

Seuls les composants définis dans le DTA ou l'AT peuvent être utilisés pour réaliser le système.

Les taux de mélange indiqués dans le DTA ou l'AT doivent être respectés lors de la préparation des produits nécessitant des mélanges.

4.2.1.2 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 dans les ATE des 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.

Les revêtements à base de liant silicate nécessitent généralement d'être appliqués à des températures supérieures à + 8 °C, sauf indication contraire dans le DTA ou l'AT.

La mise en œuvre doit être réalisée à partir d'un échafaudage à plate-forme de travail fixe (échafaudage de pied maintenu au support à l'aide de fixations) ou à plate-forme de travail mobile, stabilisée pour les efforts et mouvements des ouvriers lors de l'application.

En cas d'impossibilité, l'utilisation d'un échafaudage volant nécessite des précautions spéciales :

- stabilisation de la nacelle à l'aide de points d'ancrage ou, à défaut, de contrepoids ;
- rouleaux ou chenillettes d'appui sur la façade pour ne pas endommager l'isolation.

Si l'échafaudage est maintenu au mur à l'aide de fixations et que ces dernières doivent pouvoir être réutilisées, il y a lieu de privilégier des fixations femelles avec rupteur de pont thermique, ces dernières étant refermées à l'aide d'un capuchon lors du démontage de l'échafaudage⁽⁷⁾.

Dans tous les cas, l'installation de l'échafaudage doit tenir compte de l'épaisseur d'isolant à mettre en œuvre. Il convient également de prévoir les éléments de sécurité pour les poseurs avant le début de la mise en œuvre (garde-corps intérieurs, potences avec plateaux, etc.).

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.

4.2.1.3 Outillage

Les outils couramment utilisés sont les suivants : agitateur électrique lent (300 t/min maximum), truelle, lisseuse, taloche crantée, bouclier, règle, niveau, scie égoïne, guillotine à fil chaud, découpeur thermique, rainureuse, taloche abrasive, rouleau, brosse, rabot électrique, ciseaux, perceuse, visseuse, perforateur, marteau, maillet 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.

4.2.2 Mise en place des profilés d'arrêt

4.2.2.1 Mise en place des profilés de départ

Un profilé (rail) de départ adapté à l'épaisseur de l'isolant est fixé en partie basse à l'aide de chevilles adaptées au support et de diamètre correspondant aux perforations du talon du profilé. L'espacement entre les fixations est inférieur ou égal à 30 cm. Une fixation doit se trouver à 50 mm maximum des extrémités du profilé et 35 mm minimum de l'arête du support.

La rectitude du profilé est constamment vérifiée lors de sa fixation ; si nécessaire, les différences de planéité du support sont rattrapées au moyen de cales, dans la limite des tolérances indiquées au *paragraphe 4.1* du présent document.

Dans le cas de profilé enrobé par le système, l'armature doit être collée sur le support avant fixation du profilé. Elle sera ensuite retournée sur l'isolant.

7. Voir *paragraphe 4.4* du présent document.

Un espace de 2 à 3 mm entre chaque profilé doit être respecté, afin de permettre leur dilatation (cf. Figure 1).

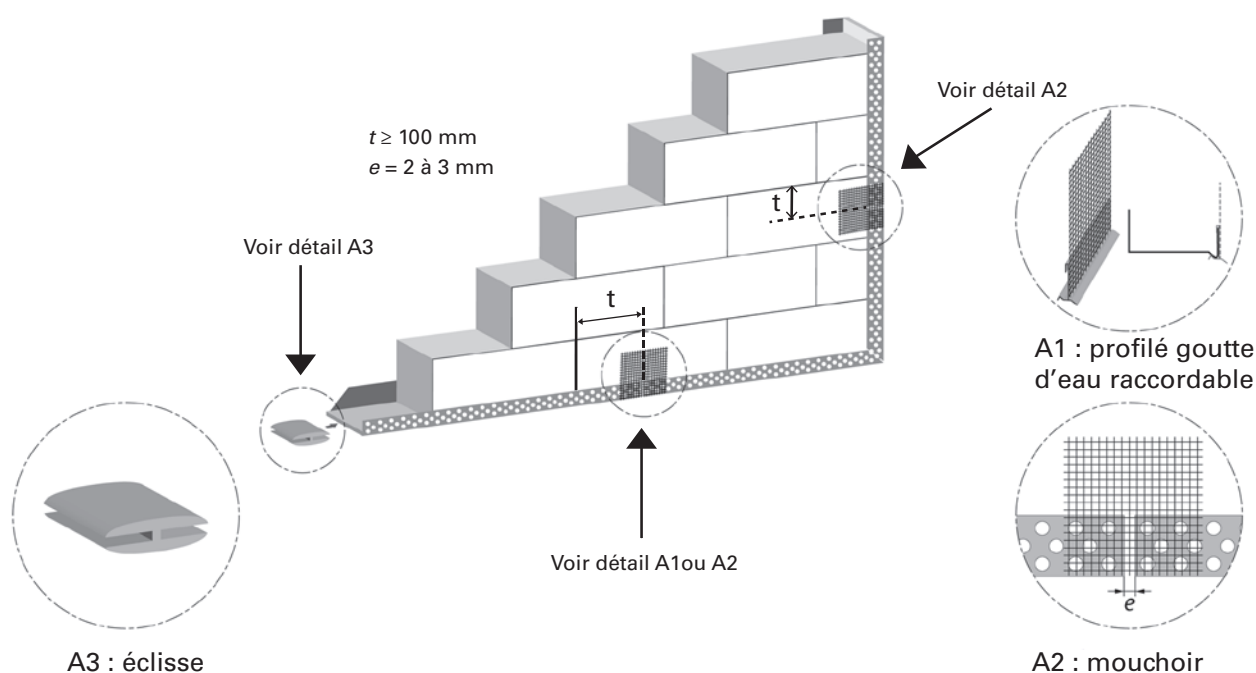


Figure 1 – Disposition des profilés de départ et latéraux – Renforts aux jonctions entre profilés

Commentaire :

L'utilisation de pièces de raccordement (éclisses) permet de faciliter la pose (cf. Figure 1). Les profilés ne doivent cependant pas venir en butée contre l'âme de l'éclisse ; un espace de 1 mm doit être respecté.

En cas de support irrégulier, les profilés doivent être :

- soit posés sur un boudin de colle ;
- soit calfeutrés après leur pose, au droit du talon.

Dans tous les cas, il est important de combler l'espace éventuel entre le profilé de départ et le support, afin de supprimer les entrées d'air parasites.

Les profilés ne doivent pas être fixés par pisto-scellement.

4.2.2.2 Mise en place des profilés d'arrêt latéral

Les profilés d'arrêt latéral sont fixés selon les mêmes préconisations (cf. Figure 1).

4.2.3 Préparation de la colle et de l'enduit de base

La colle et l'enduit de base sont préparés en respectant les indications données dans le DTA ou l'AT.

Les différents constituants sont parfaitement mélangés au moyen d'un agitateur électrique (300 t/min maximum) ou d'un malaxeur distributeur-projeteur pour éviter la formation de nodules. Le produit mélangé doit généralement reposer 5 à 10 minutes avant emploi.

Les pâtes prêtes à l'emploi sont préalablement malaxées avec un agitateur électrique, sauf indication contraire du DTA ou de l'AT.

4.2.4 Mise en place de l'isolant

Les panneaux sont posés bout à bout, parfaitement jointifs, horizontalement, par rangées successives à joints décalés (pose dite « plein sur joint » ou « coupe de pierre »), à partir du niveau bas établi par le profilé de départ (cf. Figure 1). Le décalage entre joints verticaux doit être au moins égal à 200 mm (cf. Figure 2).

Commentaire :

Si les panneaux isolants peuvent être posés verticalement en partie courante, cette disposition est précisée dans le DTA ou l'AT.

Les panneaux sont harpés aux angles sortants ou rentrants (cf. Figure 2).

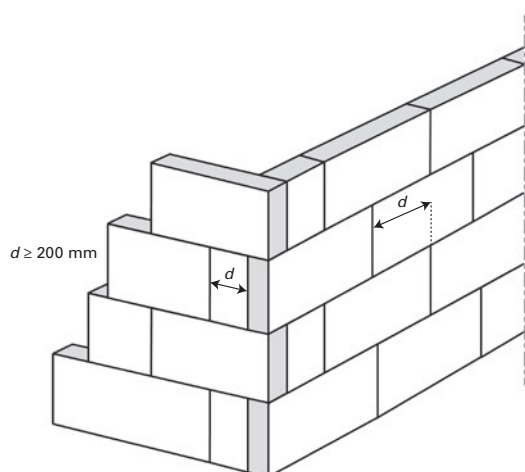


Figure 2 – Pose des panneaux isolants à joints décalés et harpage aux angles

Les joints entre panneaux doivent être décalés d'au moins 100 mm de la jonction entre deux profilés de départ ou profilés latéraux (cf. Figure 1).

Les joints entre panneaux ne doivent pas coïncider avec les discontinuités du support (joints entre panneaux préfabriqués en béton, par exemple).

Aux angles des baies, les panneaux doivent être découpés en « L » (de préférence au fil chaud) afin d'éviter les joints filants, comme indiqué dans le document « Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : principe de mise en œuvre autour des baies - liaison avec les fenêtres » (e-Cahier du CSTB 3709).

Aux angles du bâtiment et aux baies, l'ajustement des panneaux est réalisé après leur mise en place, par recoupe et/ou ponçage.

Aux liaisons du système avec les menuiseries, appuis de fenêtres ou autres saillies de cette nature, les panneaux isolants sont appliqués en ménageant un espace d'environ 5 mm pour la mise en place du mastic de calfeutrement sur fond de joint ou d'un autre produit adapté.

Quel que soit le mode de fixation en partie courante, la mise en place ponctuelle des panneaux isolants d'épaisseur inférieure ou égale à 30 mm doit être réalisée par collage en plein. En cas de support existant, les zones concernées doivent être préparées comme indiqué au paragraphe 4.1.2.1.

Les dégradations de l'isolant, coins cassés, etc., ou les joints ouverts de plus de 2 mm doivent être systématiquement rebouchés : de préférence avec des lamelles de polystyrène expansé, ou éventuellement avec le produit mentionné dans le DTA ou l'AT pour cet usage.

Commentaire :

La mousse de polyuréthane expansive n'est destinée qu'au calfeutrement occasionnel des joints ouverts entre panneaux isolants (joints de largeur inférieure ou égale à 10 mm). Elle ne doit pas être utilisée pour pallier des manques d'isolant importants (angles cassés par exemple). Après application de la mousse, le temps d'expansion et de durcissement précisé dans l'AT ou le DTA doit être respecté avant toute autre opération.

Les désaffleurs entre panneaux doivent être inexistantes (cf. Figure 3) ; 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.

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

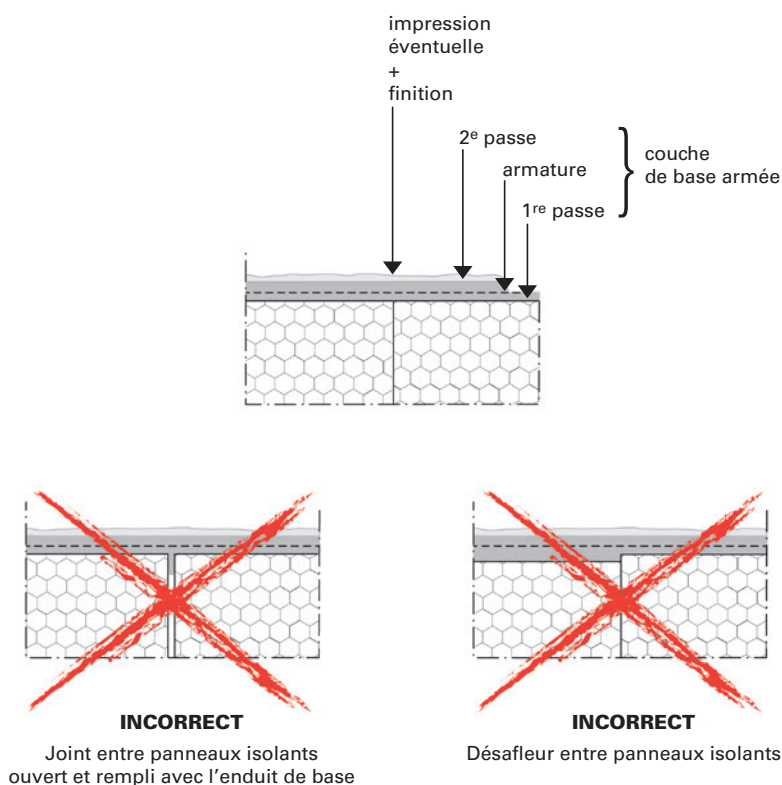


Figure 3 – Positionnement des panneaux isolants

Les interventions de ponçage, d'enduisage, etc., ne seront réalisées qu'après séchage complet de la colle ou du calage, et avant la pose des éventuelles fixations mécaniques.

L'enduisage doit être effectué rapidement après la pose de l'isolant pour éviter les risques de dégradation superficielle (poudrage, jaunissement, etc.)⁽⁸⁾. Sinon il est indispensable de poncer l'isolant sur l'ensemble de la surface avant recouvrement.

4.2.4.1 Systèmes collés

La colle doit être appliquée sur le panneau isolant, sauf indication contraire du DTA ou de l'AT.

La colle ne doit en aucun cas être utilisée pour remplir les joints ouverts entre panneaux isolants.

Les panneaux encollés sont frappés et pressés à l'aide d'un bouclier contre le mur support, en contrôlant en permanence la planéité⁽⁹⁾ à la règle de 2 m.

En arête supérieure, une protection doit être prévue pendant la durée des travaux, lorsqu'il y a risque de pénétration d'eau dans le plan de collage.

Il existe trois principaux modes de collage : en plein, par plots ou par boudins. Le collage en plein est conseillé sur support de bonne planéité (écart de planéité jusqu'à 5 mm sous la règle de 2 m). 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.

L'ATE du système spécifie la surface minimale d'application requise pour chaque colle, suivant les résultats d'essais d'adhérence sur l'isolant et suivant la cohésion de l'isolant. Si un doute subsiste, on se reportera aux préconisations du titulaire du DTA ou de l'AT.

- Collage en plein

La colle est appliquée avec une taloche présentant des crans de 6 à 10 mm de profondeur, sur toute la surface du panneau, en laissant libre une bande de 2 cm de largeur environ en périphérie, afin d'éviter la pénétration de la colle dans les joints (cf. *Figure 4a*).

- Collage par plots

La colle est appliquée à raison d'au moins 12 plots par m² répartis à la surface du panneau. Ce qui correspond à 6 plots par panneau de dimensions 1 000 × 500 mm ou 9 plots par panneau de dimensions 1 200 × 600 mm (cf. *Figure 4b*). Le diamètre des plots doit être d'au moins 10 cm avant écrasement.

- Collage par boudins

Des boudins de colle sont appliqués en périphérie sur le panneau, complétés avec des bandes croisées ou avec des plots (cf. *Figures 4c* et *4d*). Les boudins de colle appliqués en périphérie ne doivent pas être posés à moins de 5 cm des bords (afin d'éviter la pénétration de colle dans les joints). De plus, les boudins de colle périphériques doivent présenter des discontinuités pour éviter d'emprisonner de l'air à la pose (effet de ventouse). L'application avec une machine à projeter est privilégiée, de façon à garantir la régularité des boudins.

Si les panneaux isolants sont en polystyrène gris, le collage par plots ou par boudins doit obligatoirement être complété avec 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 paragraphe 4.2.4.3, avant que la colle n'ait fait sa prise.

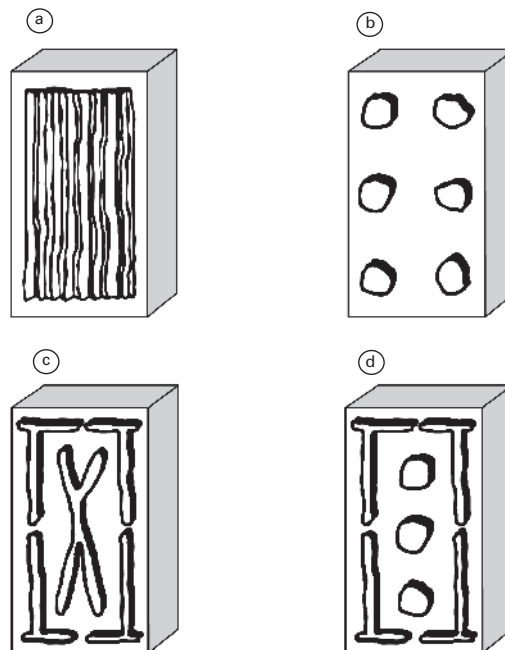


Figure 4 – Modes de collage/calage des panneaux isolants (exemples).
a : en plein ; b : par plots ; c : par boudins ; d : par boudins et plots

En cas de collage par plots et si la réglementation incendie n'impose pas la mise en œuvre de bandes filantes horizontales en laine de roche, un collage des panneaux isolants 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.

4.2.4.2 Systèmes fixés mécaniquement par profilés en PVC

Les panneaux sont posés sur le rail de départ et la fixation est réalisée en fonction des différentes variantes.

- Pose avec profilés de jonction verticaux (raidisseurs)

Les profilés de jonction sont placés dans la rainure verticale des tranches latérales des panneaux isolants (cf. *Figure 5a*). Ces profilés ne sont pas fixés au support.

- Pose avec profilés de maintien verticaux

Les profilés de maintien sont placés dans la rainure verticale des tranches latérales des panneaux, puis fixés au support.

Le profilé de maintien horizontal est ensuite introduit dans la rainure horizontale supérieure des panneaux et fixé au support (cf. *Figure 5b*). Les profilés horizontaux ne doivent pas être accolés bout à bout. Un espace de 2 à 3 mm doit être respecté.

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

9 . Voir *paragraphe 4.3* du présent document.

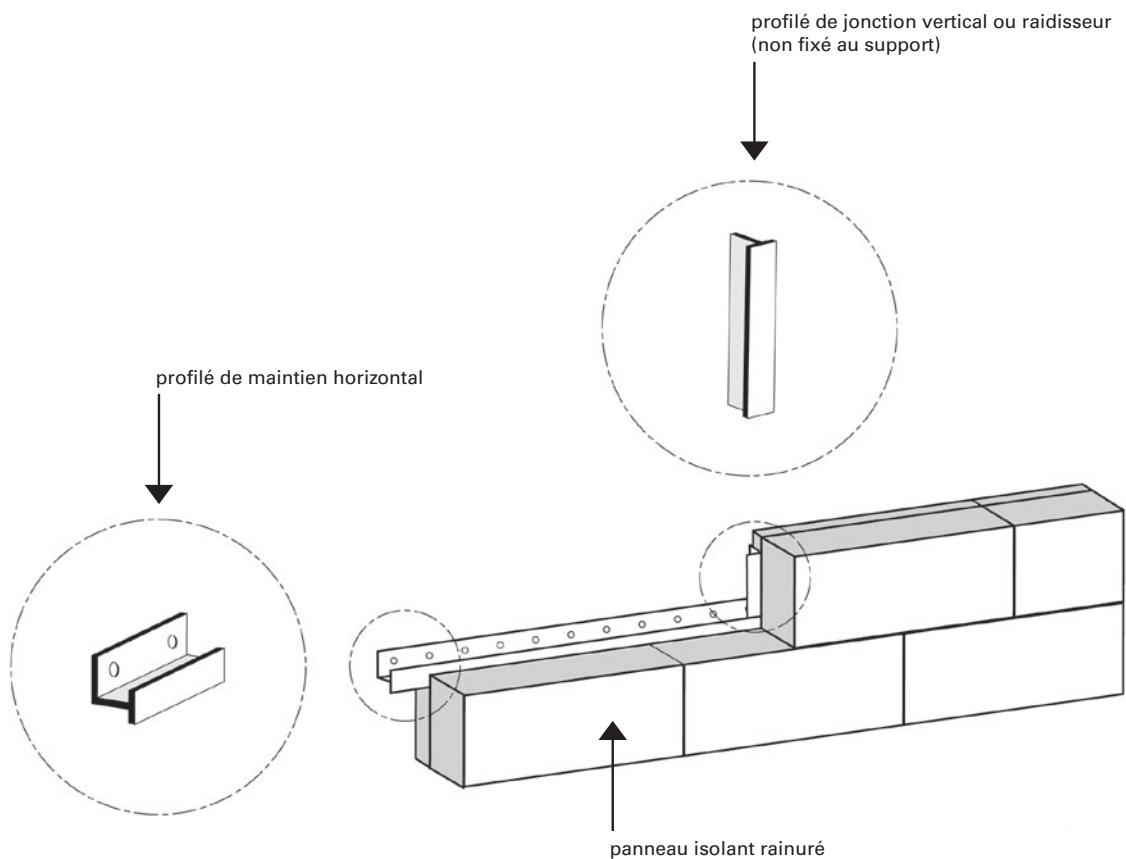


Figure 5a – Fixation des panneaux isolants par profilés – Utilisation de raidisseurs

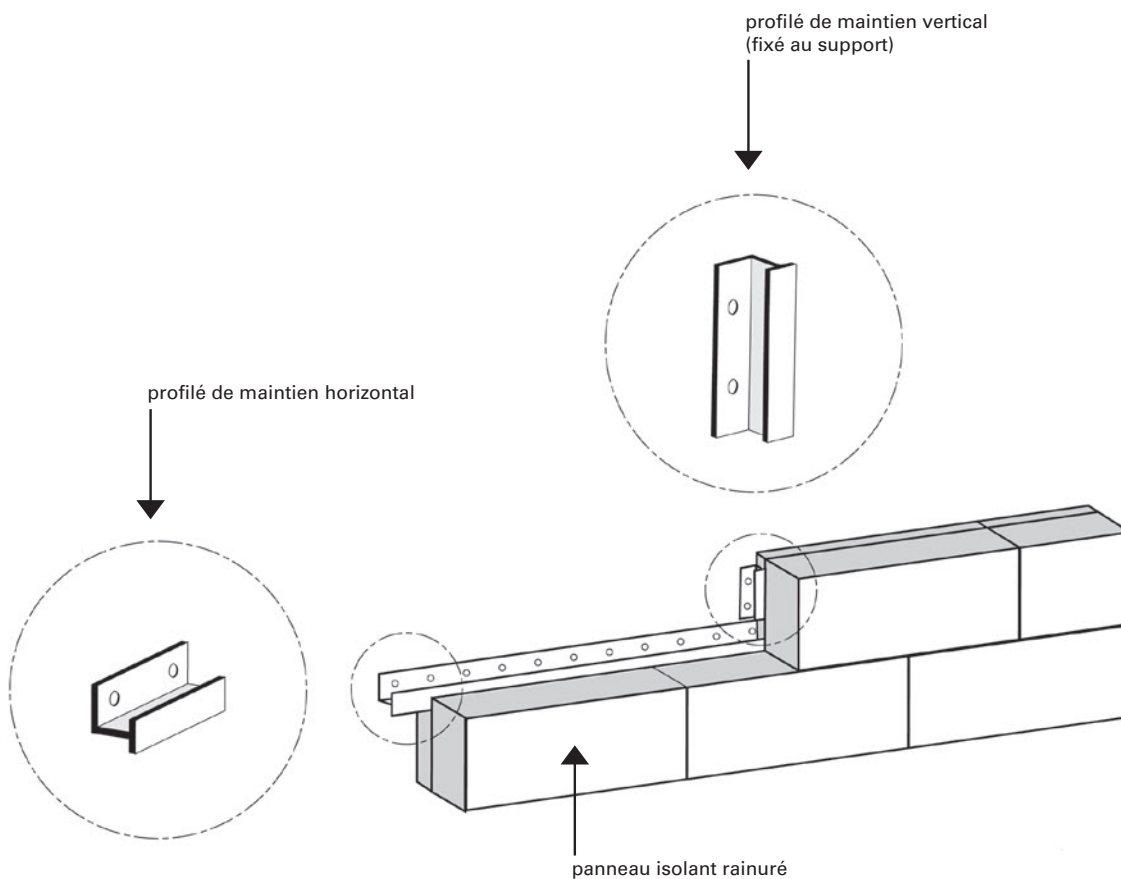


Figure 5b – Fixation des panneaux isolants par profilés – Utilisation de profilés de maintien vertical

La fixation de l'ensemble des profilés de maintien est réalisée avec des chevilles à collerette conformes au *paragraphe 3.2.2.1* et de diamètre adapté aux perforations des profilés, avec un espacement inférieur ou égal à 30 cm. Une fixation doit se trouver à 5 cm 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 *paragraphe 4.1* 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 *paragraphe 3.2.2.2* du présent document (4 chevilles par mètre linéaire et au moins 2 chevilles par panneau entier), sans calage préalable ;
- soit avec un profilé d'arrêt latéral.

Commentaire :

Les chevilles à rosace employées pour la fixation aux points singuliers ne nécessitent pas d'essais *in situ* de traction selon l'Annexe 2 du présent document.

4.2.4.3 Systèmes fixés mécaniquement par chevilles (calé/chevillé)

• Calage

Si les chevilles sont destinées à être posées « en plein » (voir ci-dessous), le calage est réalisé par plots sur la surface du panneau. Si les chevilles sont destinées à être posées « en joint et en plein », le calage est réalisé par boudins (cf. *Figure 4*).

Commentaire :

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 largeur environ en périphérie, afin d'éviter la pénétration de la colle dans les joints.

En cas de calage par plots, la disposition relative à la limitation de la lame d'air parasite (décrite au *paragraphe 4.2.4.1*) s'applique également.

• Fixation

Après séchage et durcissement du calage, l'isolant est fixé au support avec des chevilles à rosace conformes au *paragraphe 3.2.2.2*. Les chevilles peuvent être disposées de deux manières :

- « en plein » : les chevilles sont disposées uniquement dans le panneau isolant (cf. *Figure 6a*) ;
- « en joint et en plein » : les chevilles sont disposées dans le panneau et à l'intersection de plusieurs panneaux (cf. *Figure 6b*).

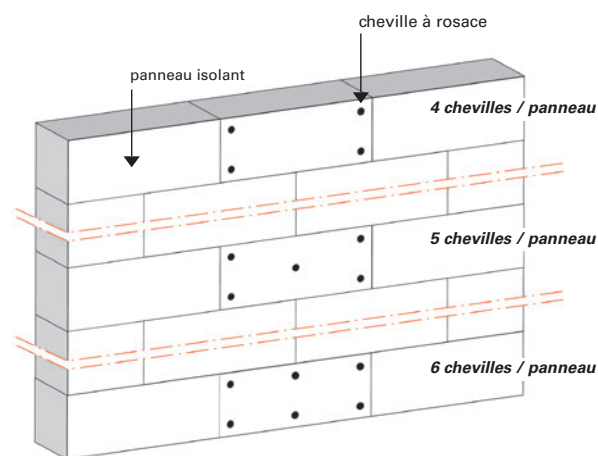


Figure 6a – Fixation des panneaux isolants par chevilles – Disposition en plein (exemples)

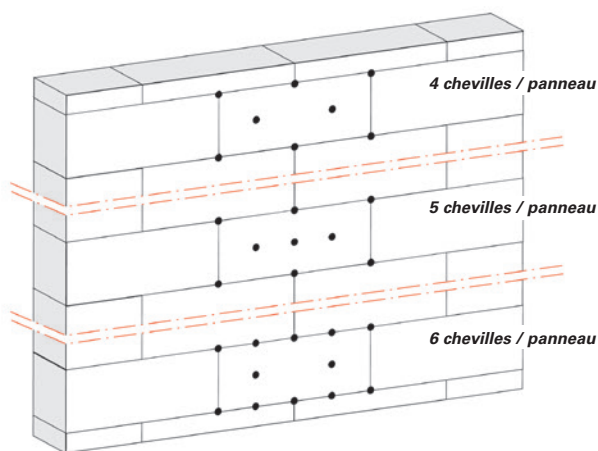


Figure 6b – Fixation des panneaux isolants par chevilles – Disposition en joint et en plein (exemples)

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

- perçage des panneaux isolants et du support (un soin particulier doit être apporté à la perpendicularité du perçage) ;
- enfoncement manuel des chevilles jusqu'au nu de la surface de l'isolant ;
- enfoncement complet, au maillet caoutchouc, du clou d'expansion (cas des chevilles à frapper), ou vissage complet de la vis d'expansion (cas des chevilles 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 la réalisation de la couche de base armée.

Le nombre de chevilles, leur disposition et le temps d'attente entre le calage et la pose des chevilles sont indiqués dans le DTA ou l'AT. En particulier, le nombre de chevilles doit être adapté aux sollicitations du vent en dépression sur la façade (cf. *paragraphe 2.2.2* du présent document).

Si les chevilles sont disposées « en plein », elles doivent alors être posées au droit des plots de calage, sauf précision contraire dans le DTA ou l'AT.

Afin de limiter les ponts thermiques ponctuels, certains modèles de cheville peuvent être montés « à cœur » : ce montage consiste à enfoncer la rosace de la cheville dans l'épaisseur du panneau isolant, puis à mettre en place une rondelle isolante par-dessus la rosace, cette rondelle venant à fleur de la surface du panneau. Le DTA ou l'AT précise quels modèles de cheville peuvent être montés « à cœur », ainsi que l'épaisseur minimale d'isolant autorisant ce montage.

Commentaire :

De par leur conception, certains modèles de chevilles à monter « à cœur » ne nécessitent pas la mise en place de rondelle isolante (exemple : cheville avec rosace de forme hélicoïdale).

4.2.5 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.

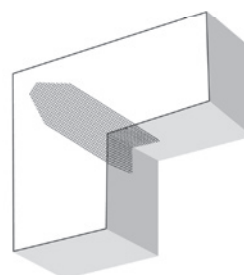
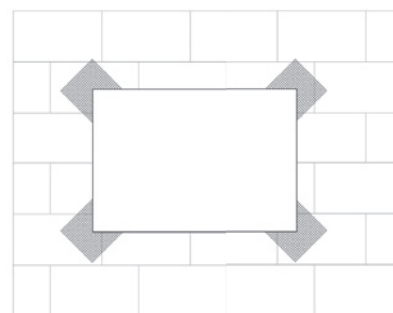
Pour le traitement des angles horizontaux en sous-face (voussures par exemple), des profilés munis d'un nez goutte d'eau doivent être employés.

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

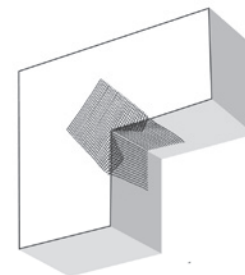
Dans tous les cas, il y a lieu d'assurer la continuité de l'armature dans les angles : soit par un retour d'armature normale supérieur à 20 cm, soit par une superposition de l'armature normale avec l'armature du renfort d'arête.

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 voussure, dans l'épaisseur du tableau (cf. *Figure 7*). 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)

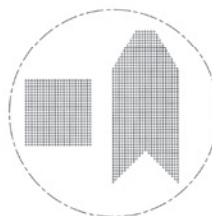


Figure 7 – Renforts aux angles des baies

Des pièces d'armature doivent également être posées au niveau des jonctions entre profilés métalliques : profilés de départ, profilés d'arrêt latéral, etc. (cf. *Figure 1*).

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.

4.2.6 Réalisation de la couche de base armée

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), suivant les indications du DTA ou de l'AT.

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 est appliqué manuellement ou projeté à l'aide d'une machine (application mécanisée). Le DTA ou l'AT spécifie les possibilités d'application.

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 *paragraphe 4.2.4* du présent document.

Les consommations indiquées dans les DTA ou les AT permettent de respecter les épaisseurs minimales d'application en partie courante. Elles ne renseignent pas sur les quantités nécessaires d'enduit de base pour le traitement des points singuliers.

Commentaire :

Les consommations dues au traitement des points singuliers peuvent être non négligeables ; elles dépendent notamment de la morphologie de la façade (surface, nombre de baies, etc.).

La configuration du système diffère selon le degré d'exposition aux chocs de la façade⁽¹⁰⁾. Il existe trois configurations :

- simple armature normale ;
- double armature normale ;
- armature renforcée et armature normale.

4.2.6.1 Simple armature normale

Cette configuration concerne les systèmes avec treillis en fibres de verre (sous-enduits minces et sous-enduits épais) et les systèmes avec treillis métalliques (sous-enduits épais).

- 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 (cf. *Figure 8*), 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.

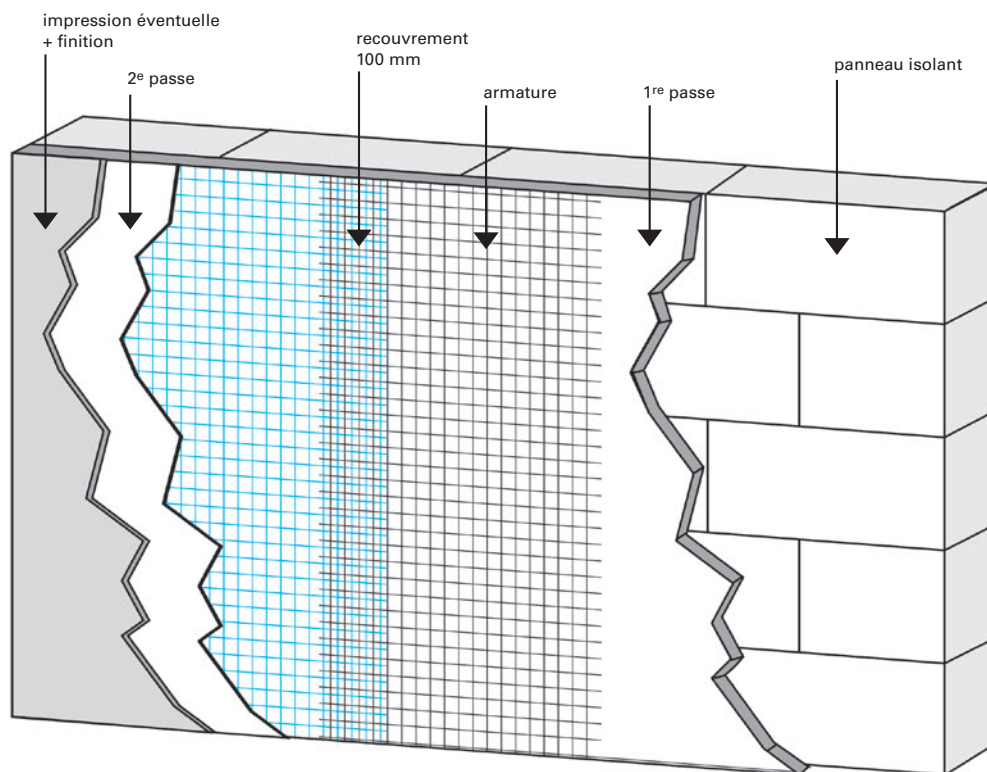


Figure 8 – Mise en place des armatures normales (la trame des armatures et l'épaisseur des enduits ont été volontairement grossies pour la clarté du dessin)

10. Voir paragraphe 2.2.1 du présent document.

L'armature ne doit jamais être directement positionnée sur le polystyrène expansé (cf. *Figure 9*).

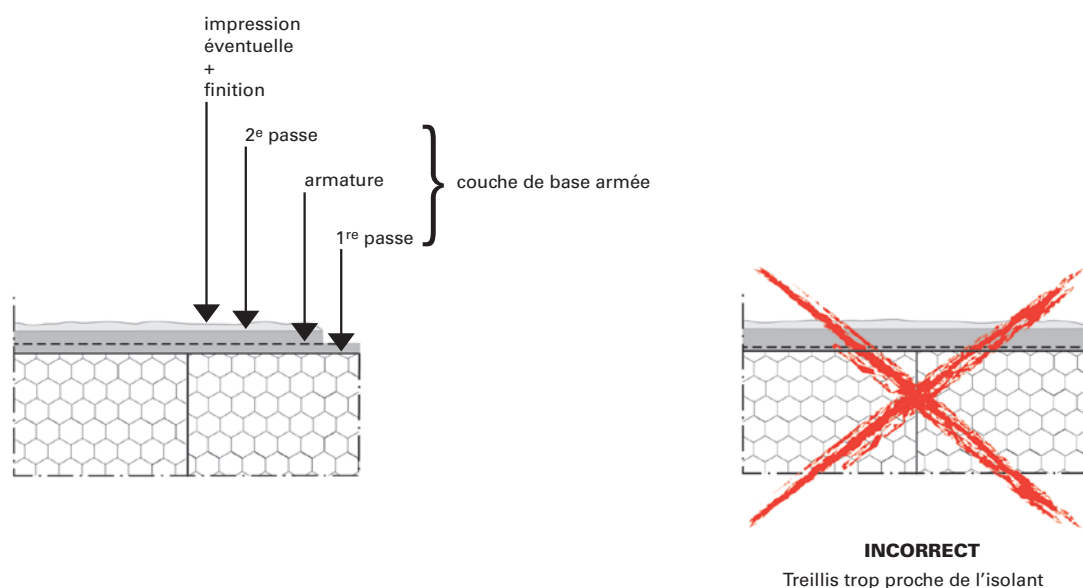


Figure 9 – Positionnement du treillis en fibres de verre dans l'enduit de base

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).

- Couche de base avec treillis métallique

L'armature est agrafée ou chevillée sur l'isolant avant l'application du sous-enduit. Comme pour les treillis en fibres de verre, il est nécessaire de prévoir un chevauchement de 10 cm environ aux joints des lés (cf. *Figure 8*), 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 du polystyrène expansé présente des rainures⁽¹¹⁾, il est conseillé de remplir ces rainures lors de la projection de l'enduit.

4.2.6.2 Double armature normale

Cette configuration concerne uniquement les systèmes 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 au paragraphe précédent. 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.

Commentaire :

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.

Les consommations permettant de réaliser les couches de base avec double armature normale ne sont pas indiquées dans les DTA ou les AT. Néanmoins, elles peuvent être 25 à 50 % plus élevées que celles en simple armature normale.

4.2.6.3 Armature renforcée et armature normale

Cette configuration concerne uniquement les systèmes 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, avec le système. 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.

Les consommations permettant de réaliser les couches de base avec armature renforcée et armature normale ne sont pas indiquées dans les DTA ou les AT. Néanmoins, elles peuvent être 50 à 100 % plus élevées que celles en simple armature normale.

11. Voir *paragraphe 3.3* du présent document.

4.2.7 Application du revêtement de finition

Le revêtement de finition est appliqué conformément aux indications données dans le DTA ou l'AT.

4.2.7.1 Finition mince

Suivant la nature de l'enduit de base, les finitions minces nécessitent ou non l'application préalable d'un produit d'impression. Le cas échéant, les consommations et les délais de séchage sont indiqués dans le DTA ou l'AT.

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

Commentaire :

Dans le cas de l'application d'une peinture décorative, celle-ci est généralement précédée de l'application d'une couche supplémentaire d'enduit (pouvant ou non être le même produit que celui utilisé pour l'enduit de base). Cette couche supplémentaire doit être appliquée avec le plus grand soin et doit être la plus lisse possible, l'aspect de cette couche conditionnant l'aspect final du système.

4.2.7.2 Finition épaisse

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 dans le DTA ou l'AT.

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

4.3 Planéité d'ensemble

Sur un support plan, la planéité d'ensemble du système, mesurée à la règle de 2 m, doit être au plus égale à 7 mm.

4.4 Traitement des points d'ancrage de l'échafaudage

Lors du démontage d'un échafaudage maintenu au support à l'aide de fixations, deux situations peuvent se présenter :

- des fixations femelles avec rupteur de pont thermique ont été employées : les pitons ou anneaux sont retirés puis les fixations sont refermées à l'aide d'un capuchon adéquat⁽¹²⁾ ;
- dans les autres cas, il est possible de procéder de la manière suivante (si les ancrages ont un diamètre ne dépassant pas 20 mm) :
 - l'amalgame formé autour de l'ancrage, au ras du système, est soigneusement découpé, puis le piton ou l'anneau est retiré,
 - la cavité est remplie avec un bouchon de forme légèrement tronconique de même nature que l'isolant en place ; au préalable, un léger collage au mastic extrudé doit être prévu pour une meilleure tenue du bouchon,
 - du mastic extrudé est appliqué par-dessus le bouchon (dans l'épaisseur du sous-enduit), puis serré de façon homogène afin d'obtenir une bonne cohésion,
 - la finition du système est appliquée localement sur le mastic encore frais.

Le mastic employé doit être chimiquement compatible avec l'isolant et la finition.

Commentaire :

La bonne exécution de cette opération conditionne le résultat esthétique afin de dissimuler au mieux les empreintes des fixations et les boursoufflures disgracieuses.

5. Détails de mise en œuvre aux points singuliers

5.1 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 autour des fenêtres, il convient de se reporter au document « Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : principe de mise en œuvre autour des baies – liaison avec une fenêtre » (e-Cahier du CSTB 3709).

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 raccords 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. Il convient de se reporter en particulier aux deux documents suivants :

- « Règles pour la mise en œuvre en zones sismiques des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant » (e-Cahier du CSTB 3699_v2) ;
- « Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : conditions de mise en œuvre des bandes filantes pour protection incendie » (e-Cahier du CSTB 3714).

Les figures de ce chapitre représentent une couche de base armée d'un treillis en fibres de verre. Elles 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.

12. Voir paragraphe 4.2.1.2 du présent document.

5.2 Carnet de détails

Le carnet de détails est composé de six parties :

- A. Départs en partie basse ;
- B. Arrêts ;
- C. Angles ;
- D. Joints ;
- E. Raccordements avec d'autres systèmes d'isolation ;
- F. Raccordements avec des équipements.

Légendes



Support (maçonnerie ou béton)



Polystyrène expansé



Laine minérale



Autre isolant (PSE dense, XPS, etc.)



Mastic



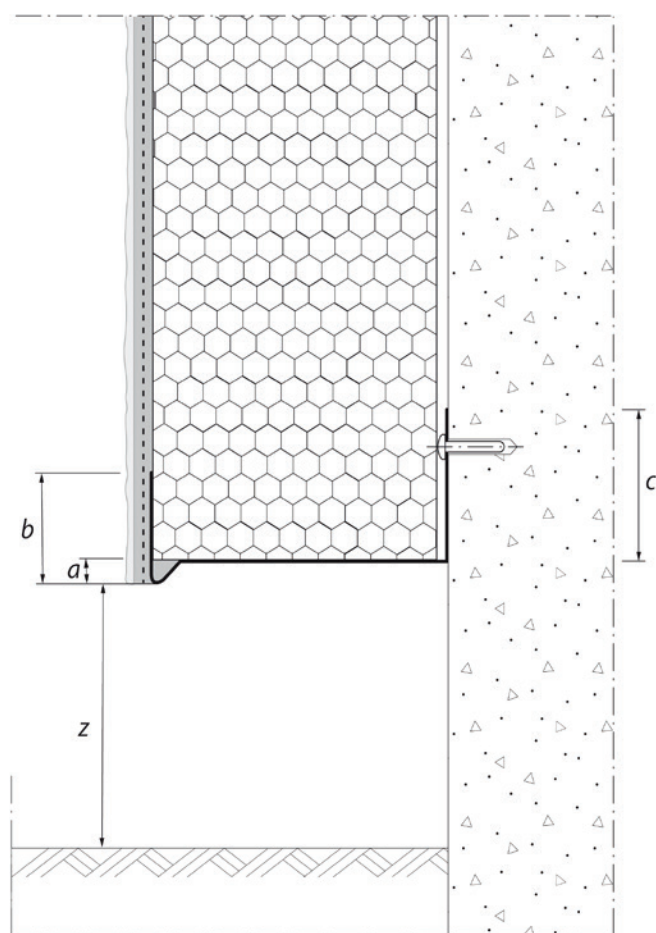
Fond de joint



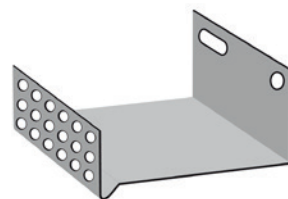
Mousse imprégnée

A. Départs en partie basse

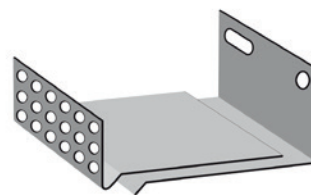
Selon l'exposition aux chocs de la façade, ces solutions peuvent être réalisées avec simple armature normale, avec double armature normale ou avec armature renforcée + armature normale.



$$\begin{aligned} a &\geq 5 \text{ mm} \\ b &\geq 20 \text{ mm} \\ c &\geq 35 \text{ mm} \\ z &\geq 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

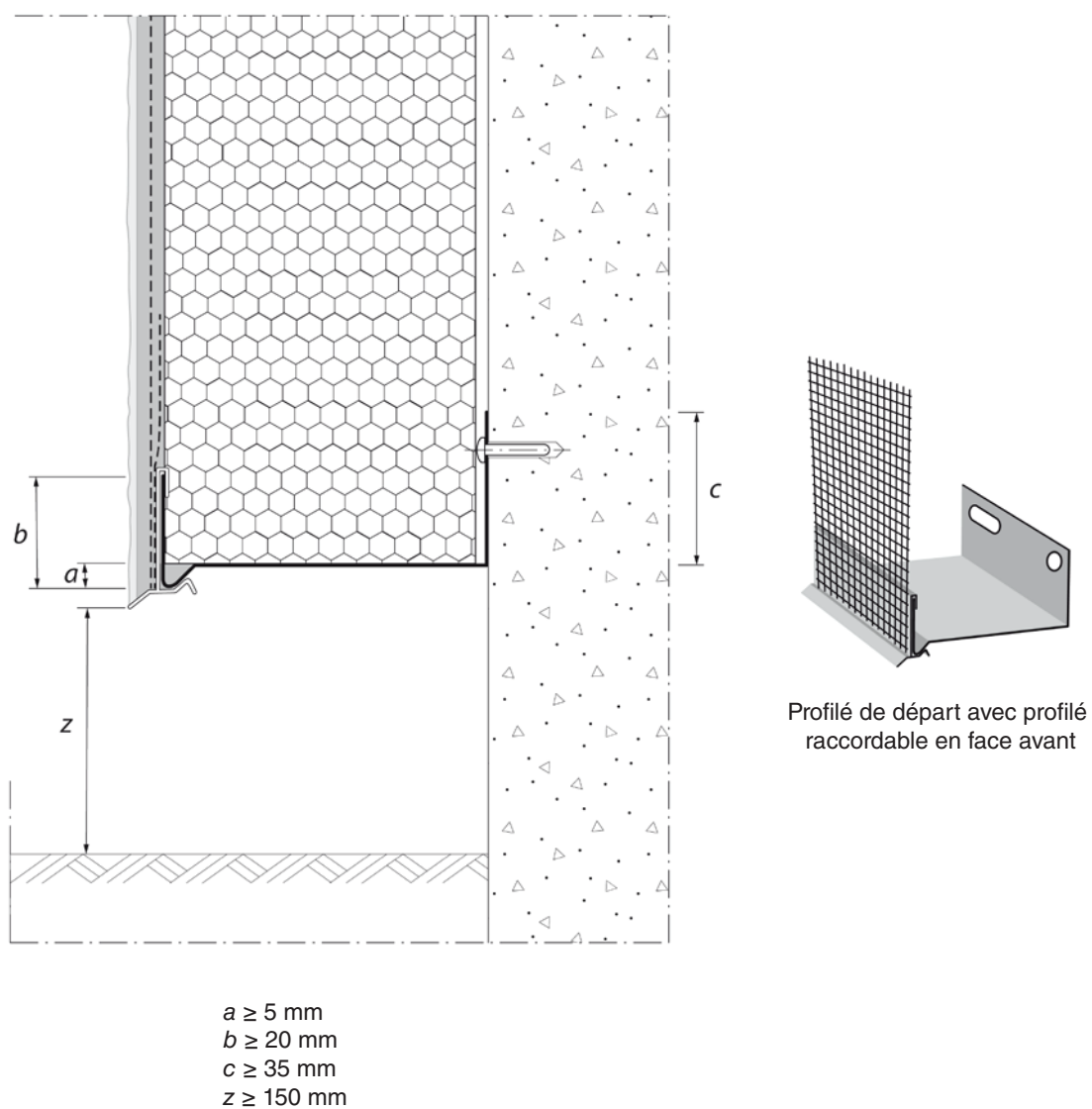


Profilé de départ avec nez goutte d'eau



Profilé de départ adaptable

**Figure A1.1 – Départ depuis le sol extérieur fini
variante 1**

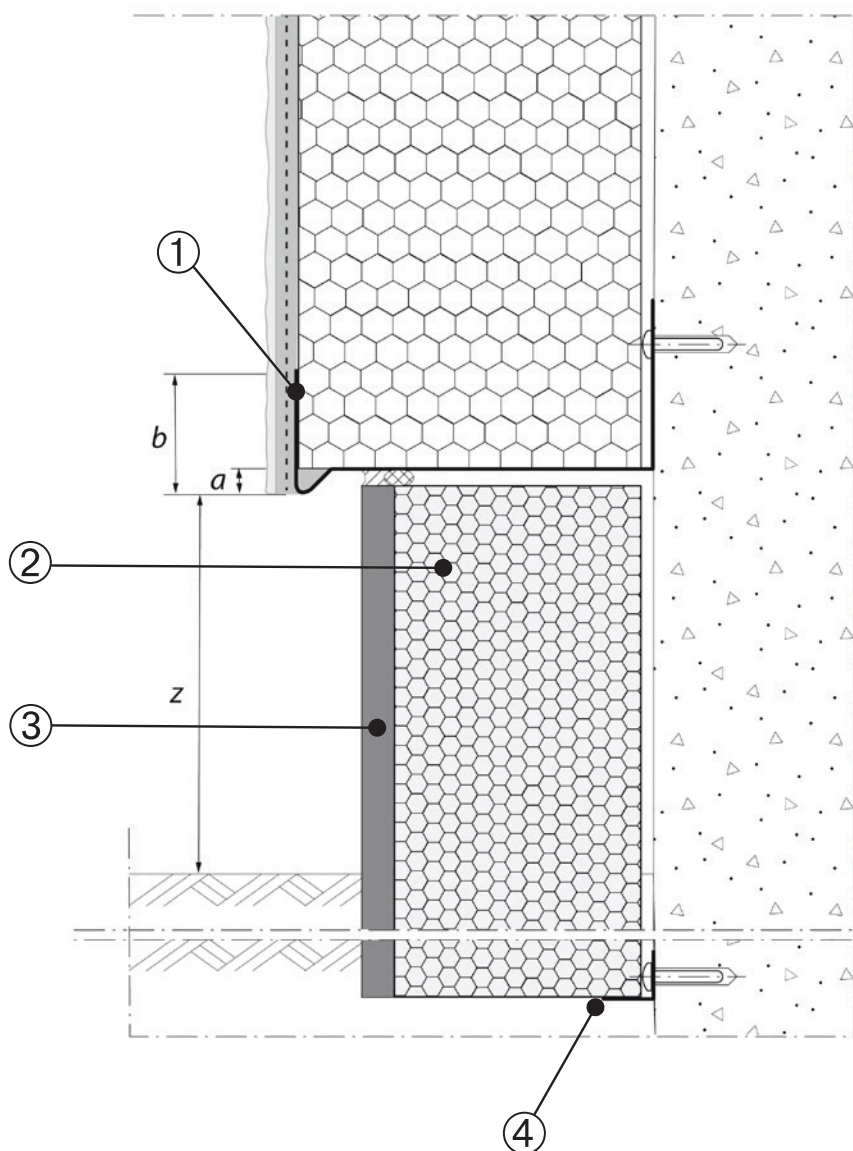


**Figure A1.2 – Départ depuis le sol extérieur fini
variante 2**

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 précomprimée.

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 ».



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

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

**Figure A2.1 – Départ sur isolant en partie enterrée
 variante 1**

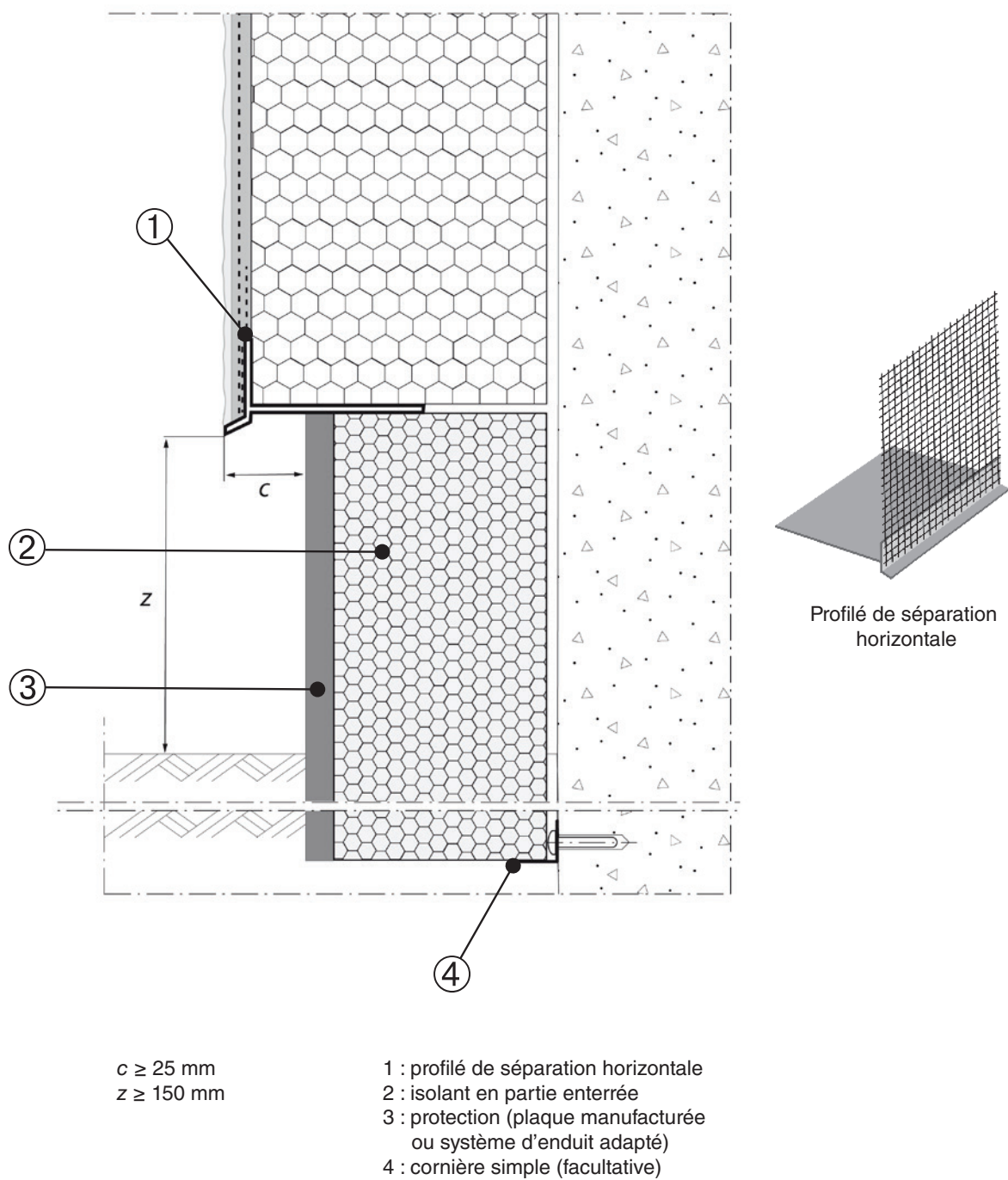
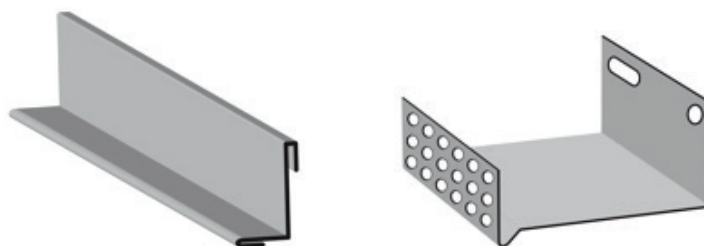
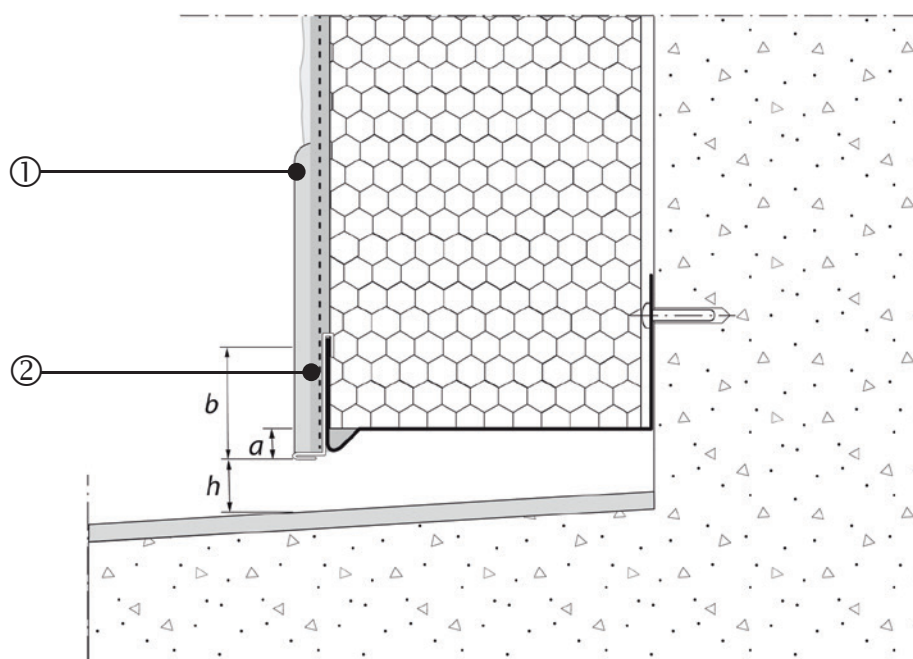


Figure A2.2 – Départ sur isolant en partie enterrée variante 2



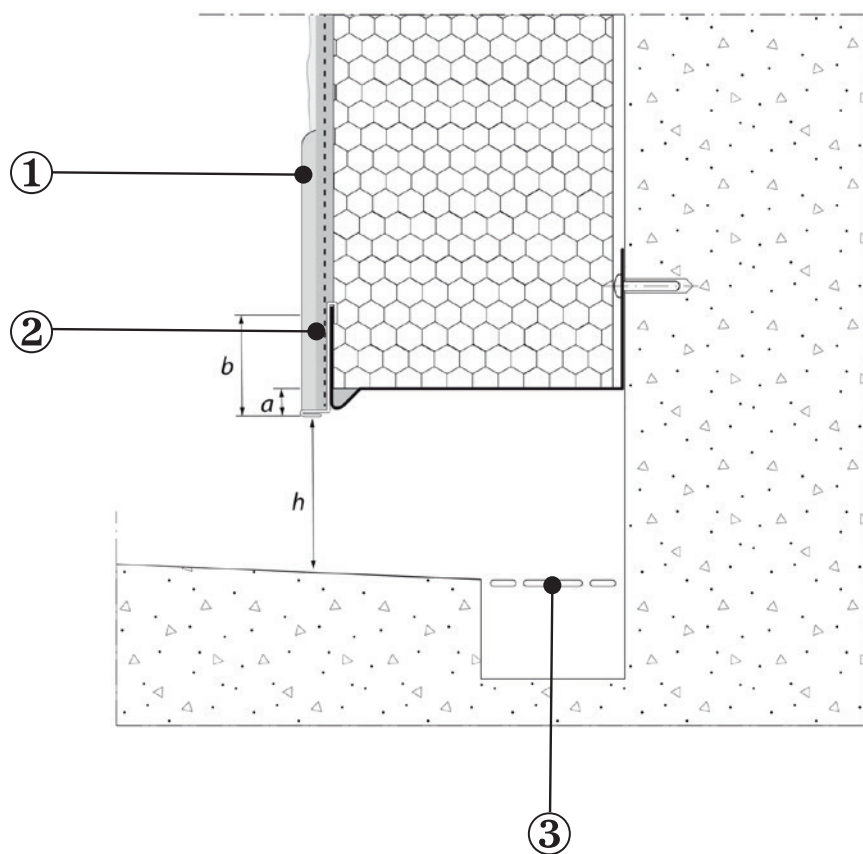
Profilé raccordable + profilé de départ



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

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

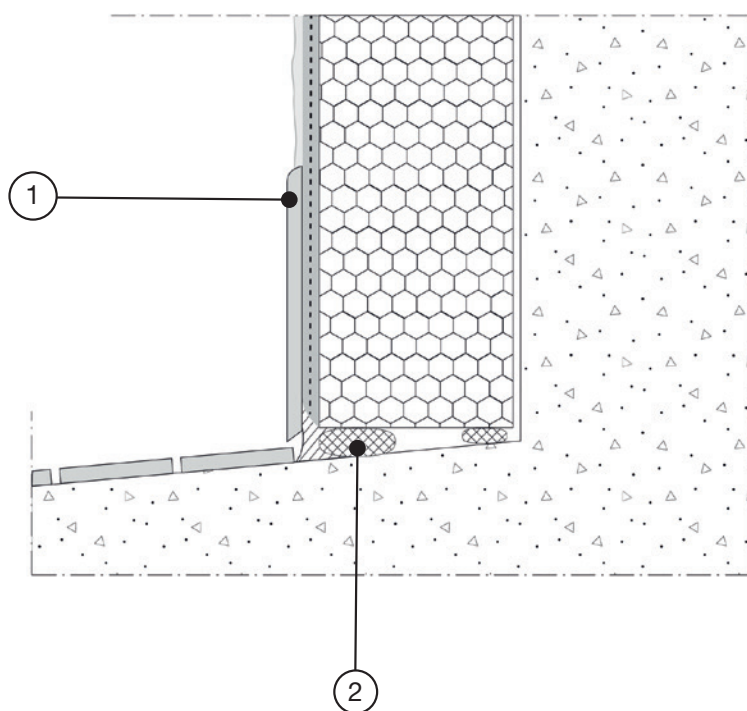
Figure A3.1 – Départ sur balcon - pente vers l'extérieur



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

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

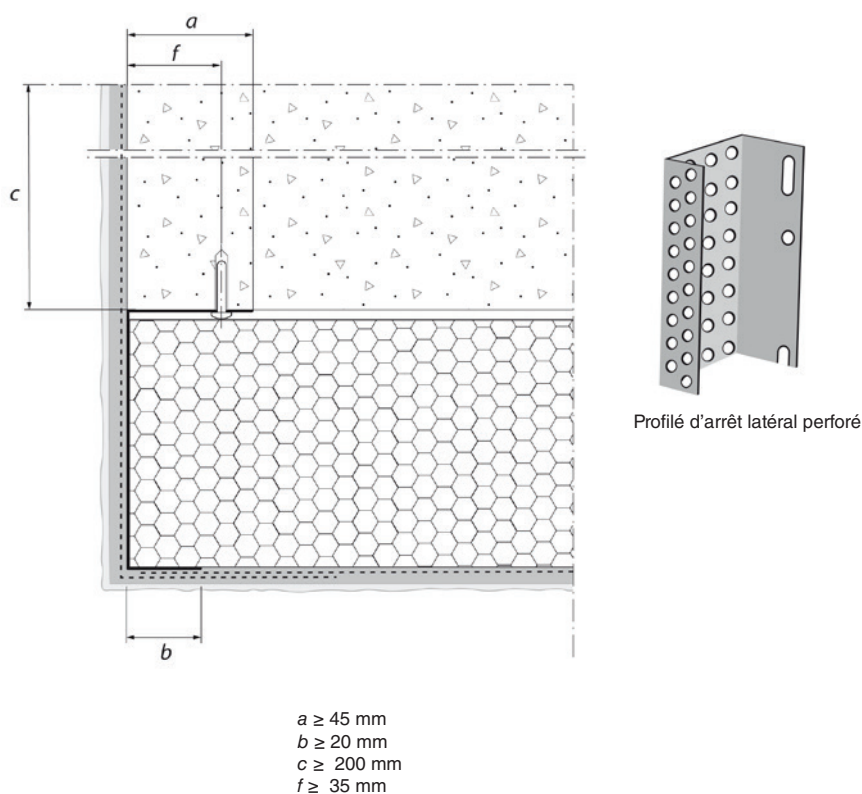
Figure A3.2 – Départ sur balcon - pente vers l'intérieur



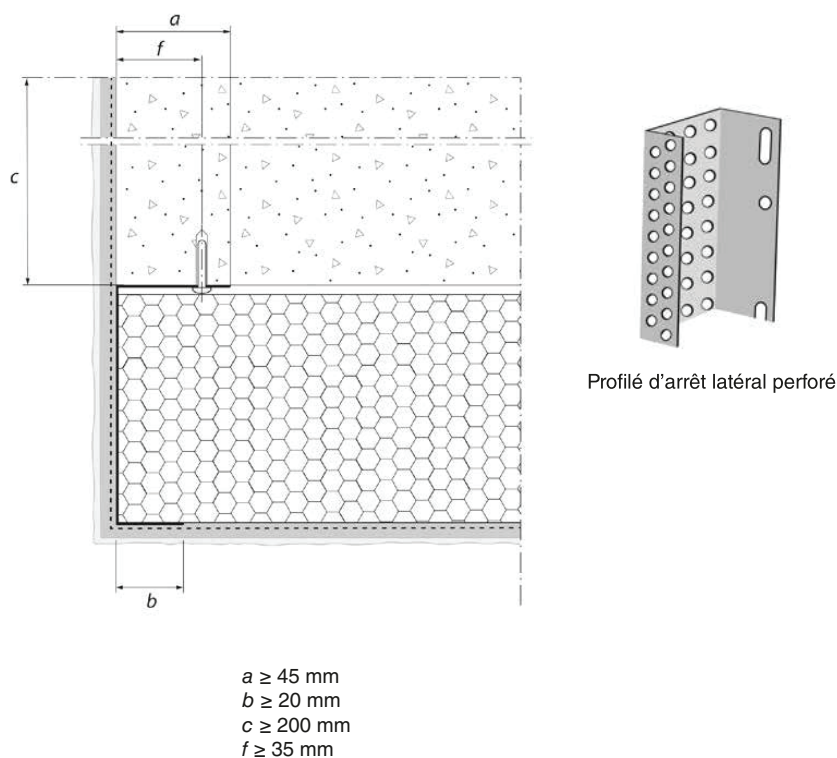
- 1 : plinthe (carreau céramique ou similaire), optionnelle
 2 : fond de joint ou bande de mousse imprégnée

Figure A4 – Départ sur loggia ou terrasse

B. Arrêts

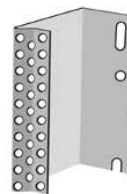
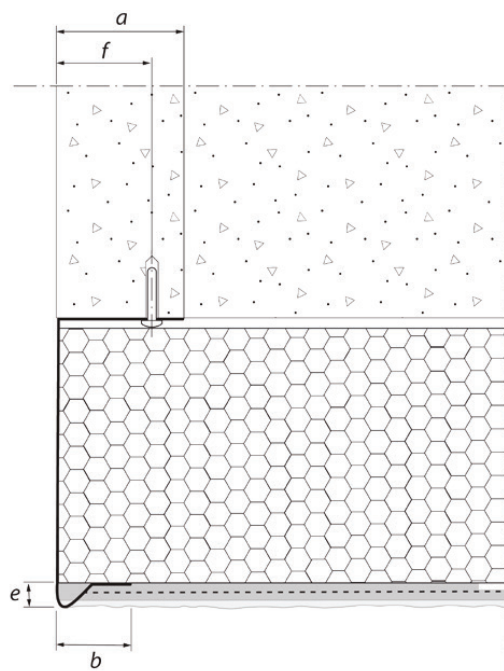


**Figure B1.1 – Arrêt latéral en angle sortant
variante 1
(recouvrement d'armatures ; coupe horizontale)**

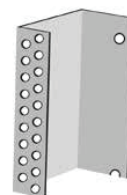


**Figure B1.2 – Arrêt latéral en angle sortant
variante 2
(une seule armature ; coupe horizontale)**

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



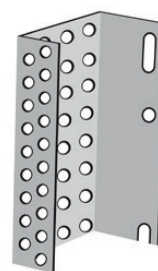
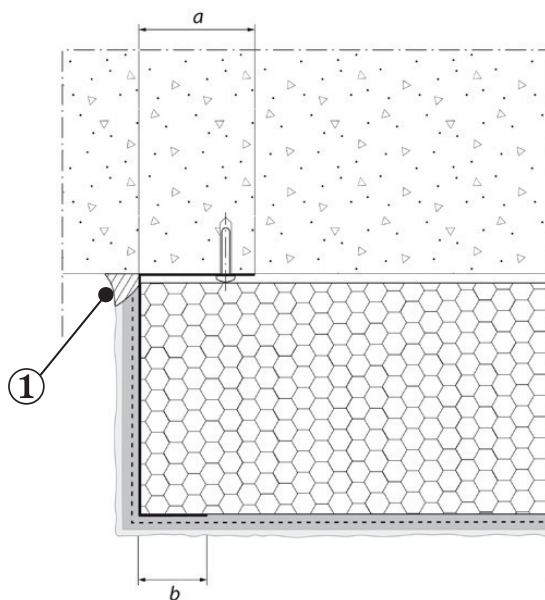
Profilé d'arrêt latéral non perforé
et avec repère d'enduit



Profilé d'arrêt latéral non perforé
et sans repère d'enduit

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

**Figure B1.3 – Arrêt latéral en angle sortant
variante 3
(coupe horizontale)**

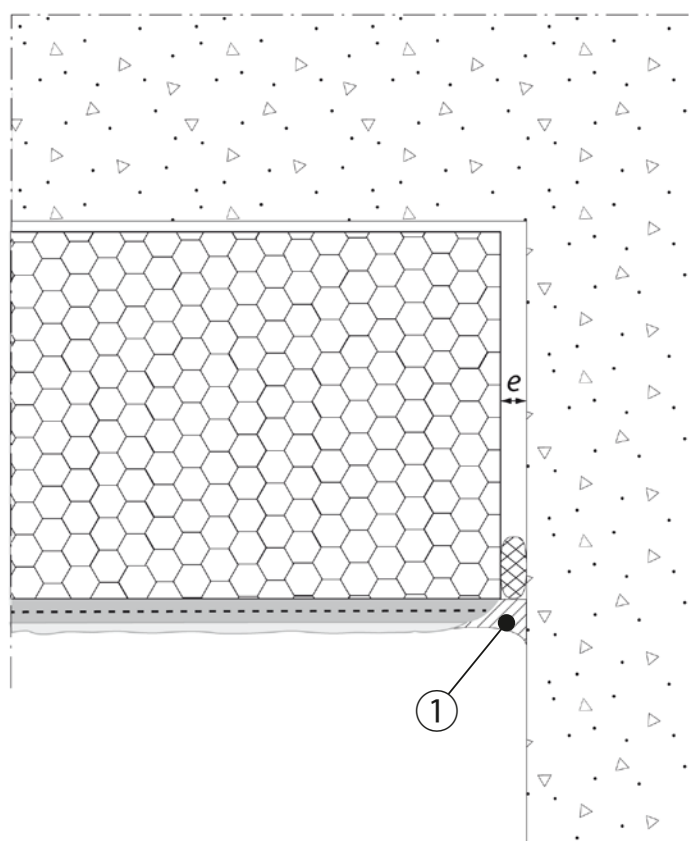


Profilé d'arrêt latéral perforé

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

1 : mastic

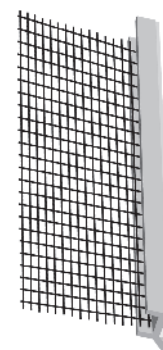
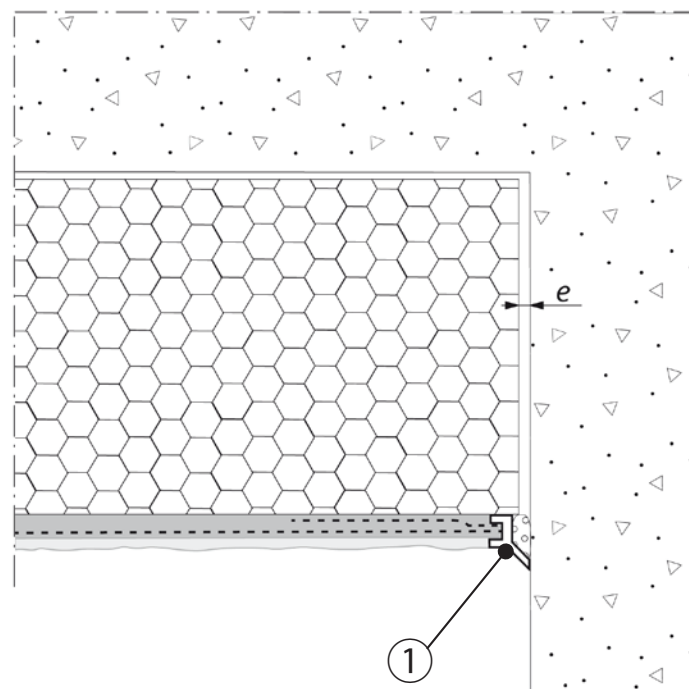
**Figure B1.4 – Arrêt latéral en partie courante
(coupe horizontale)**



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

1 : mastic sur fond de joint

**Figure B2.1 – Arrêt sur support
variante 1
(coupe horizontale)**



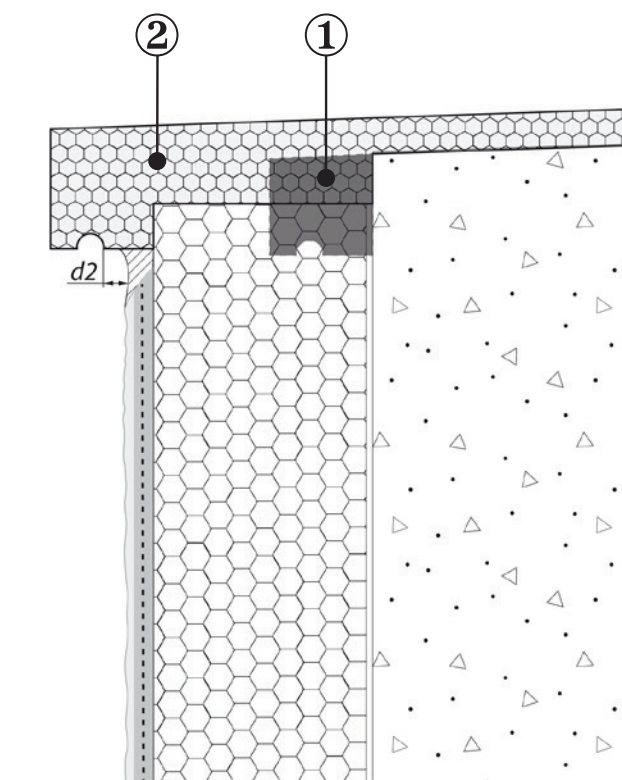
Profilé de raccord

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

1 : profilé de raccord

**Figure B2.2 – Arrêt sur support
variante 2
(coupe horizontale)**

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

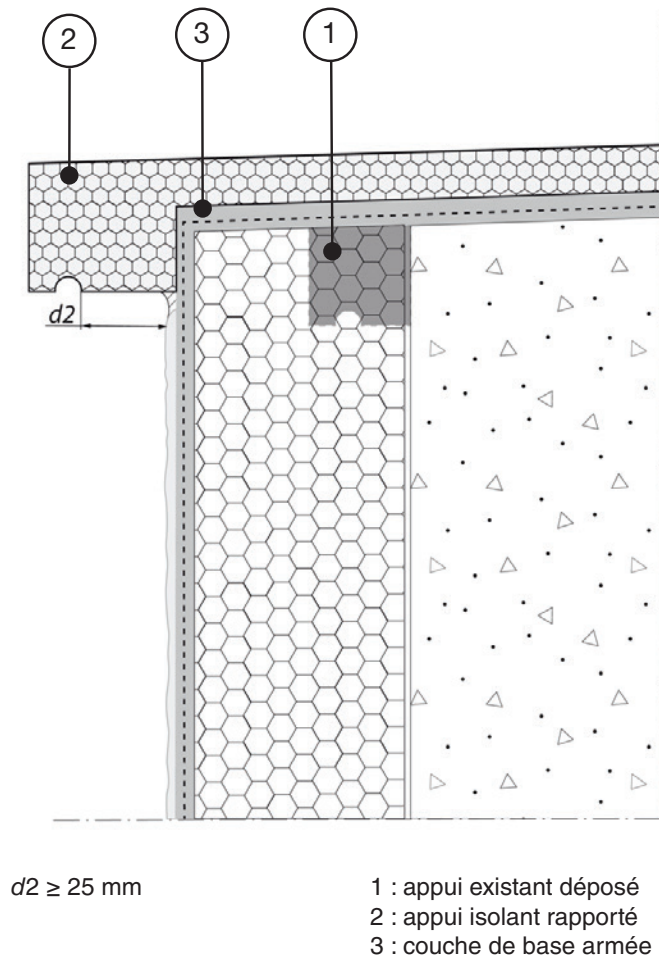


$d2 \geq 25 \text{ mm}$

1 : appui existant déposé
2 : appui isolant rapporté

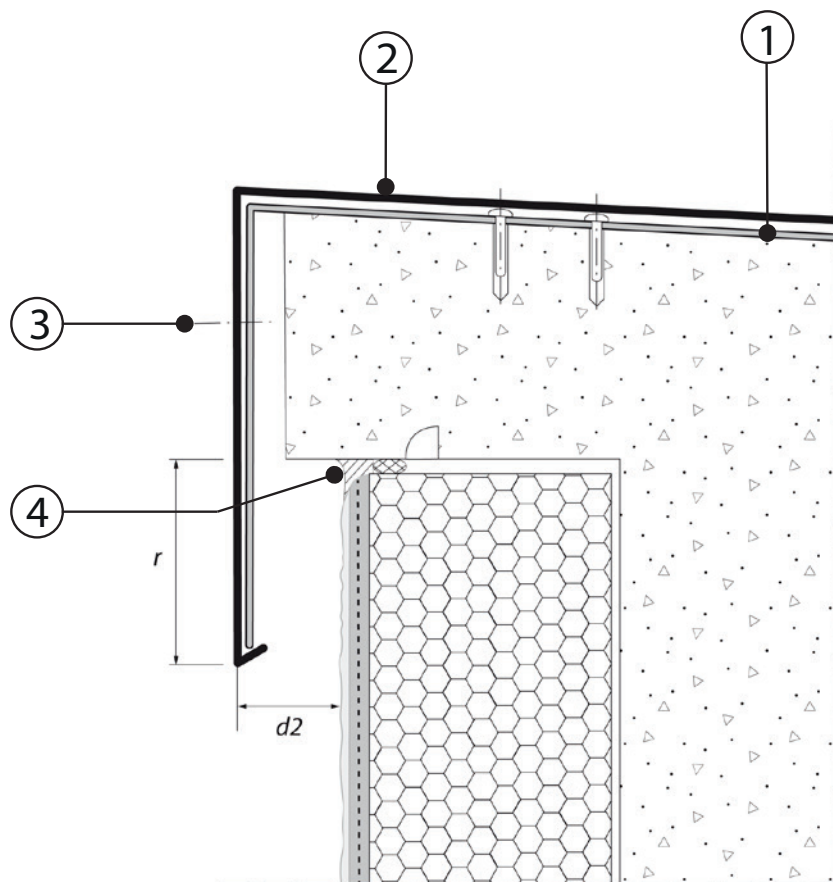
**Figure B3.1 – Arrêt sous appui de baie
variante 1**

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.



**Figure B3.2 – Arrêt sous appui de baie
variante 2**

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 : couverture d'acrotère

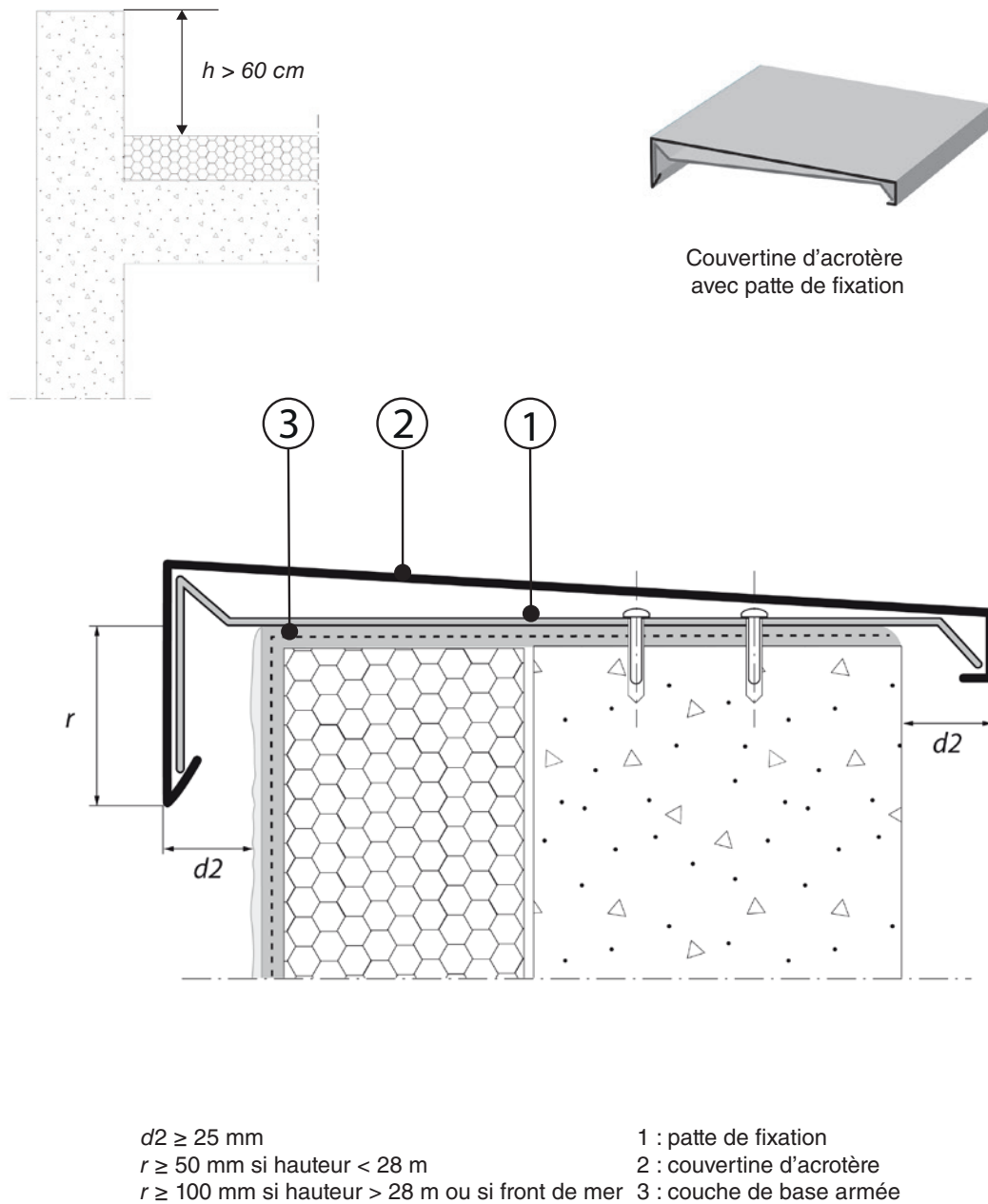
3 : fixation

4 : mastic sur fond de joint

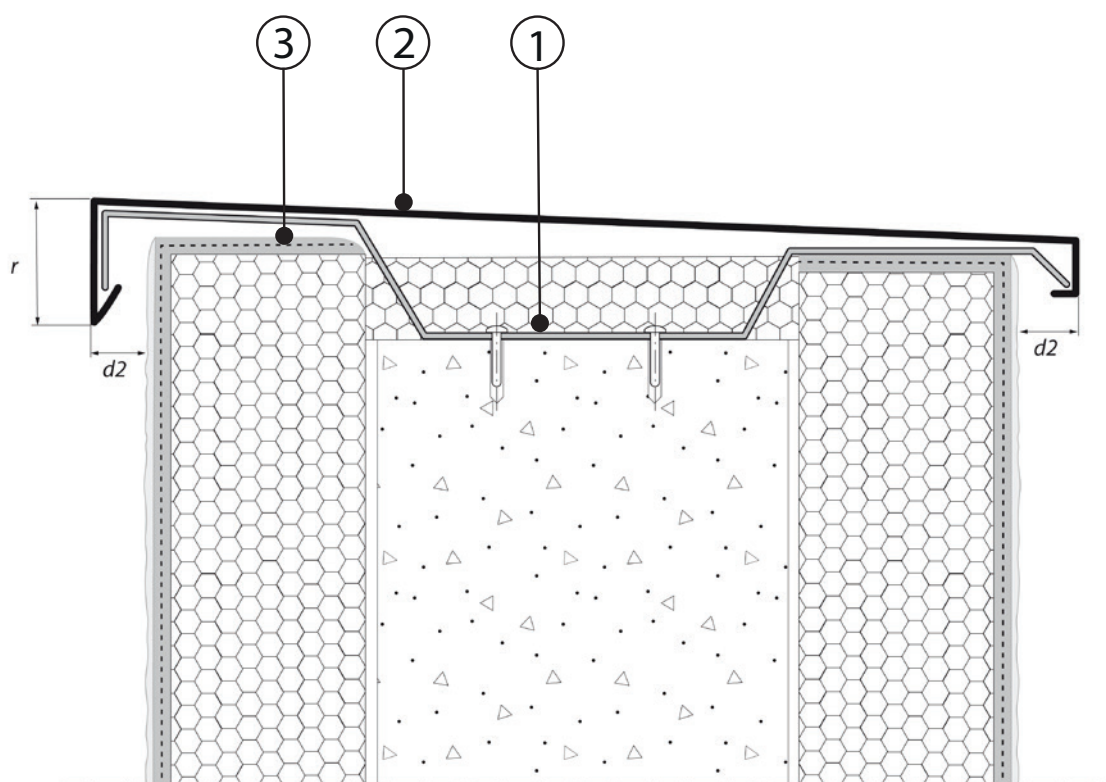
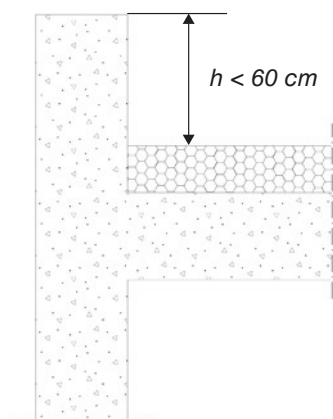
Figure B4.1 – Arrêt en acrotère avec débord

Lorsque la dalle est isolée et si la hauteur h est supérieure à 60 cm, le traitement doit être réalisé selon la figure B4.2 ou B4.3. Si la hauteur h est inférieure à 60 cm, le traitement doit être réalisé selon la figure B4.3 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 couvertine.



**Figure B4.2 – Arrêt en acrotère sans débord
variante 1**



$d2 \geq 25 \text{ mm}$
 $r \geq 50 \text{ mm}$ si hauteur < 28 m
 $r \geq 100 \text{ mm}$ si hauteur > 28 m ou si front de mer

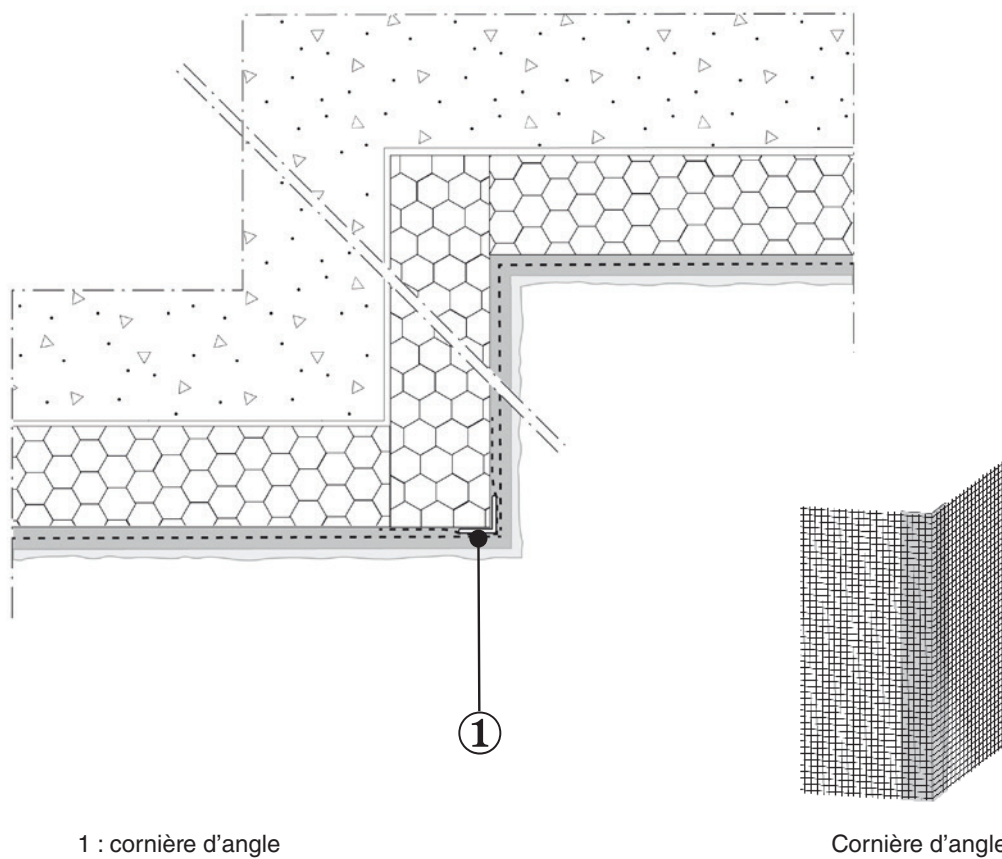
1 : patte de fixation
 2 : couverture d'acrotère
 3 : couche de base armée

**Figure B4.3 – Arrêt en acrotère sans débord
variante 2**

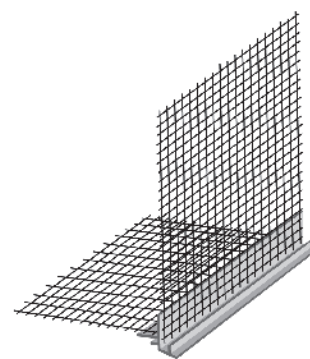
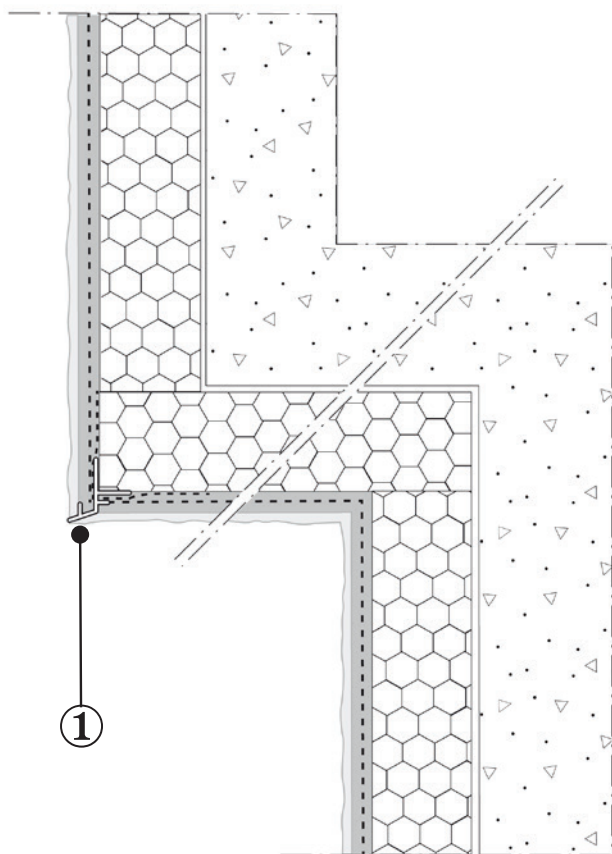
C. Angles

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

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



**Figure C1 – Angles verticaux sortants et rentrants
(coupe horizontale)**

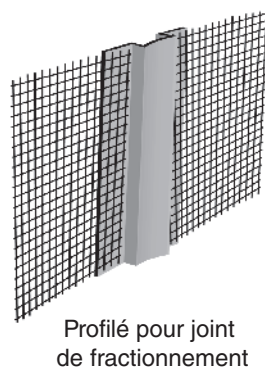


Profilé nez goutte d'eau

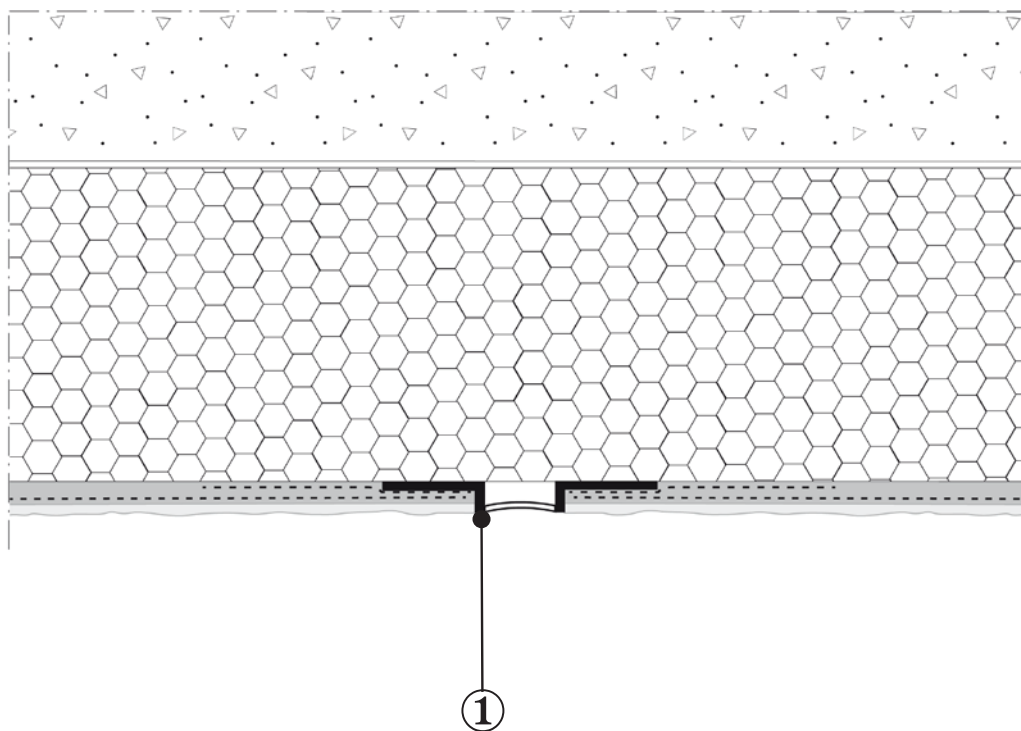
1 : profilé nez goutte d'eau

Figure C2 – Angles horizontaux sortants et rentrants

D. Joints



Profilé pour joint
de fractionnement



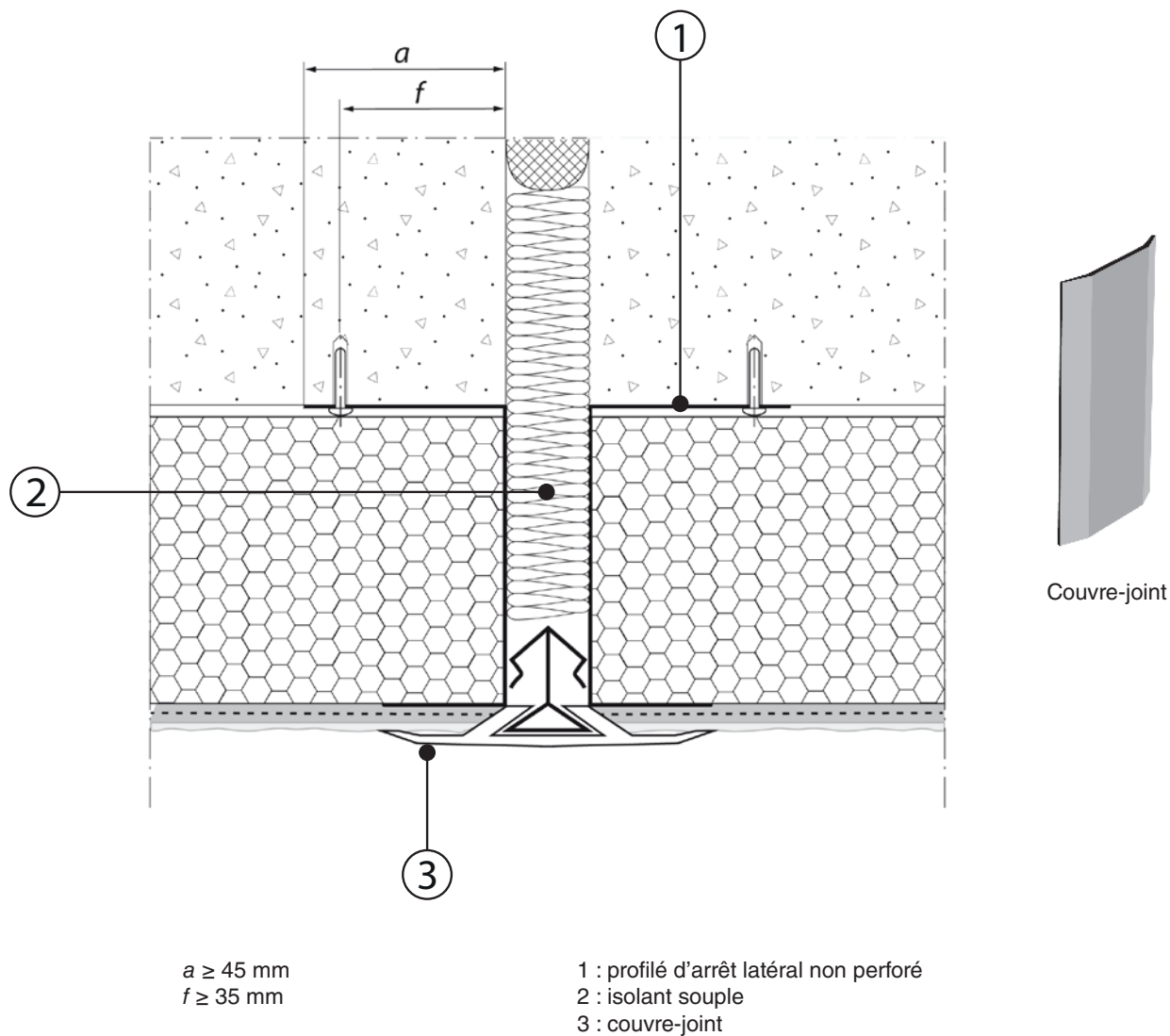
1 : profilé pour joint de fractionnement

Figure D1 – Joint de fractionnement

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 :

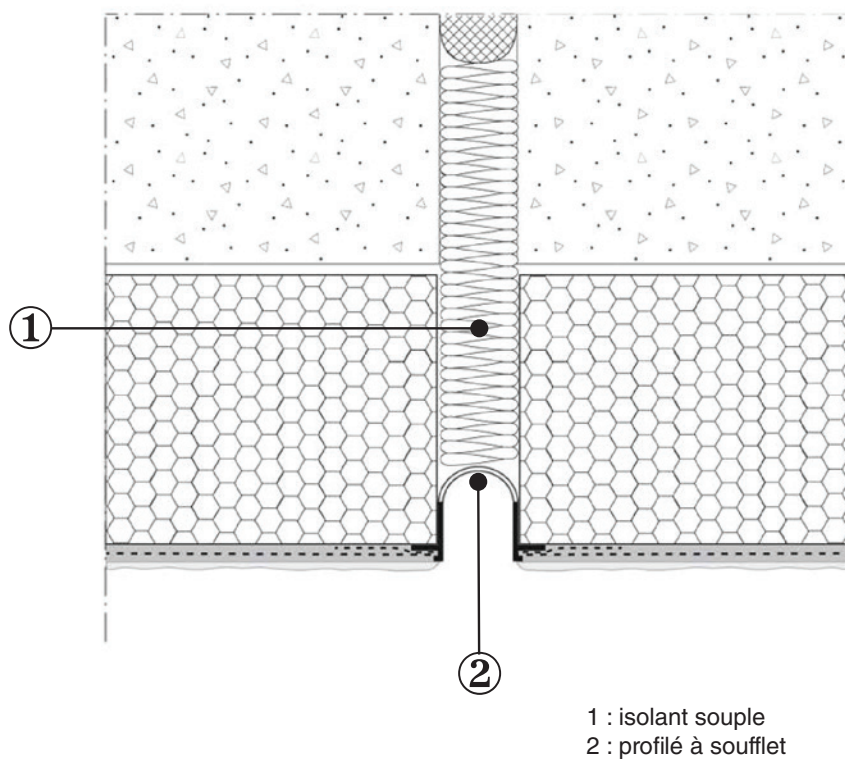
- former écran à la pluie ;
- absorber les mouvements entre les deux bords de l'isolant ;
- résister aux sollicitations diverses (chocs, poinçonnement, etc.) ;
- rester fixé compte tenu des mouvements prévisibles des parois.



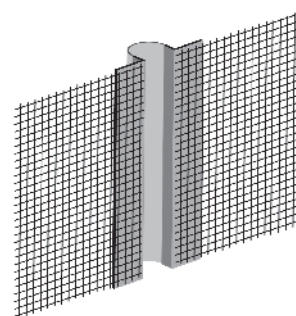
**Figure D2.1 – Joint de dilatation en partie courante
 variante 1
 (coupe horizontale)**

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

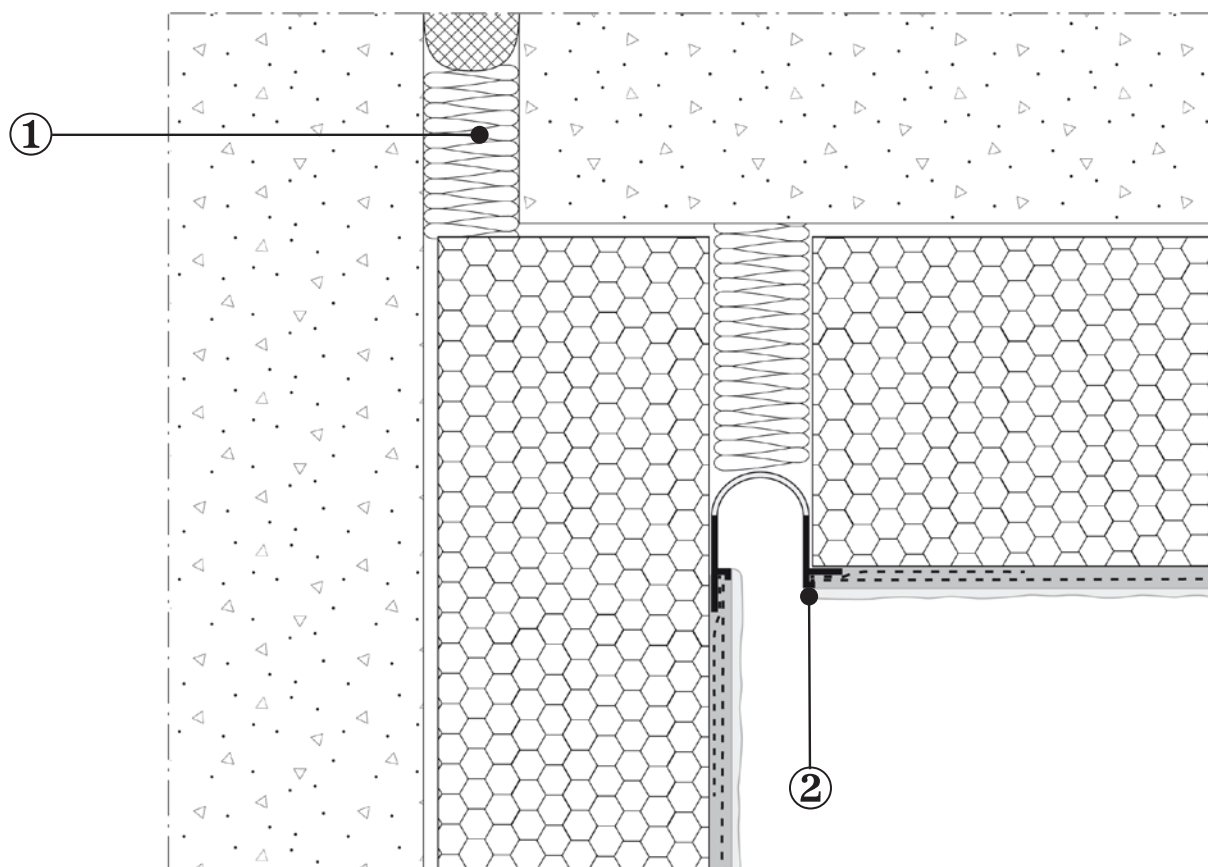
Le profilé à soufflet doit satisfaire aux mêmes exigences que le couvre-joint (cf. Fig. D2.1).



**Figure D2.2 – Joint de dilatation en partie courante
variante 2
(coupe horizontale)**



Profilé à soufflet



- 1 : isolant souple
2 : profilé à soufflet

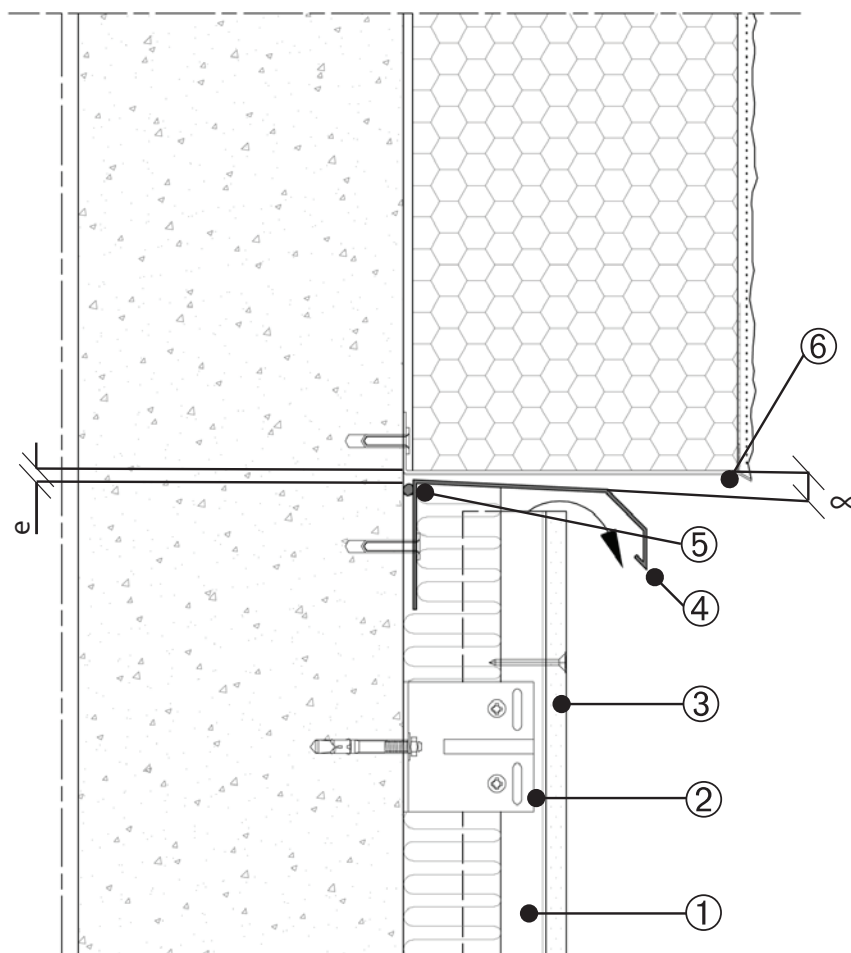
**Figure D2.3 – Joint de dilatation en angle
(coupe horizontale)**

E. Raccordements avec d'autres systèmes d'isolation

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

L'épaisseur du système 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.

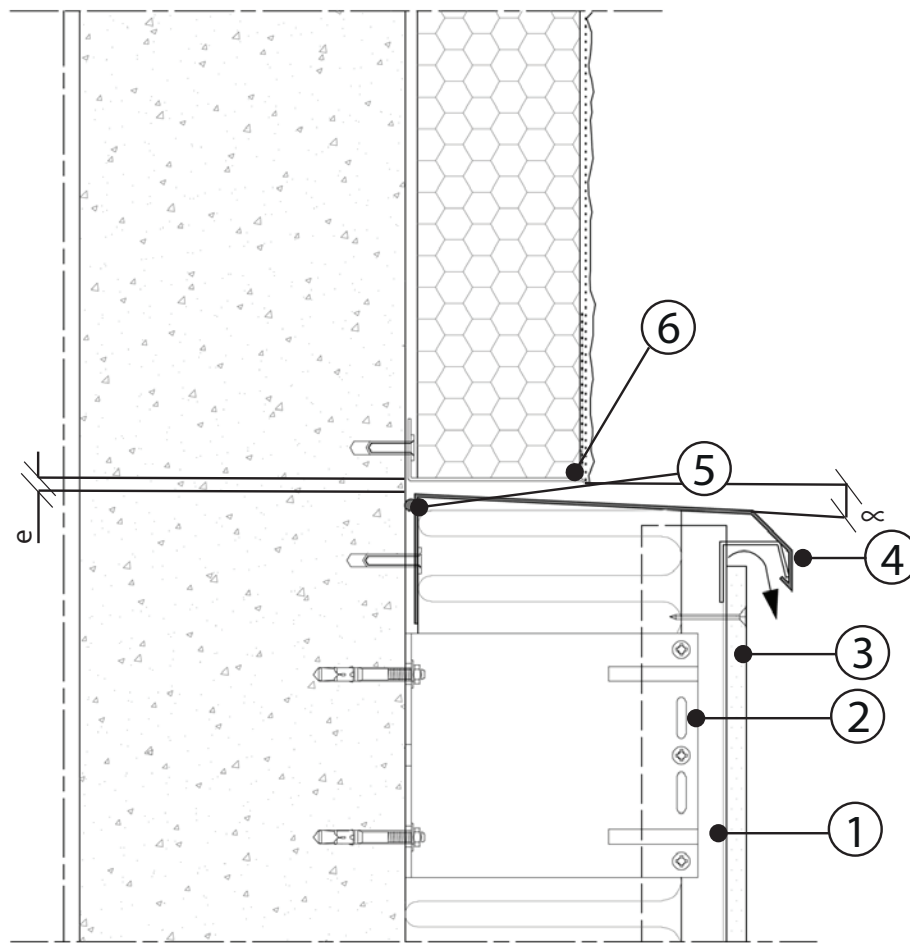


$e \leq 10 \text{ mm}$
 α pente de 2 à 5 %

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

**Figure E1.1 – Raccordement avec un bardage rapporté
cas 1a**

Cas où le système est posé au-dessus du bardage.
 L'épaisseur du système 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.

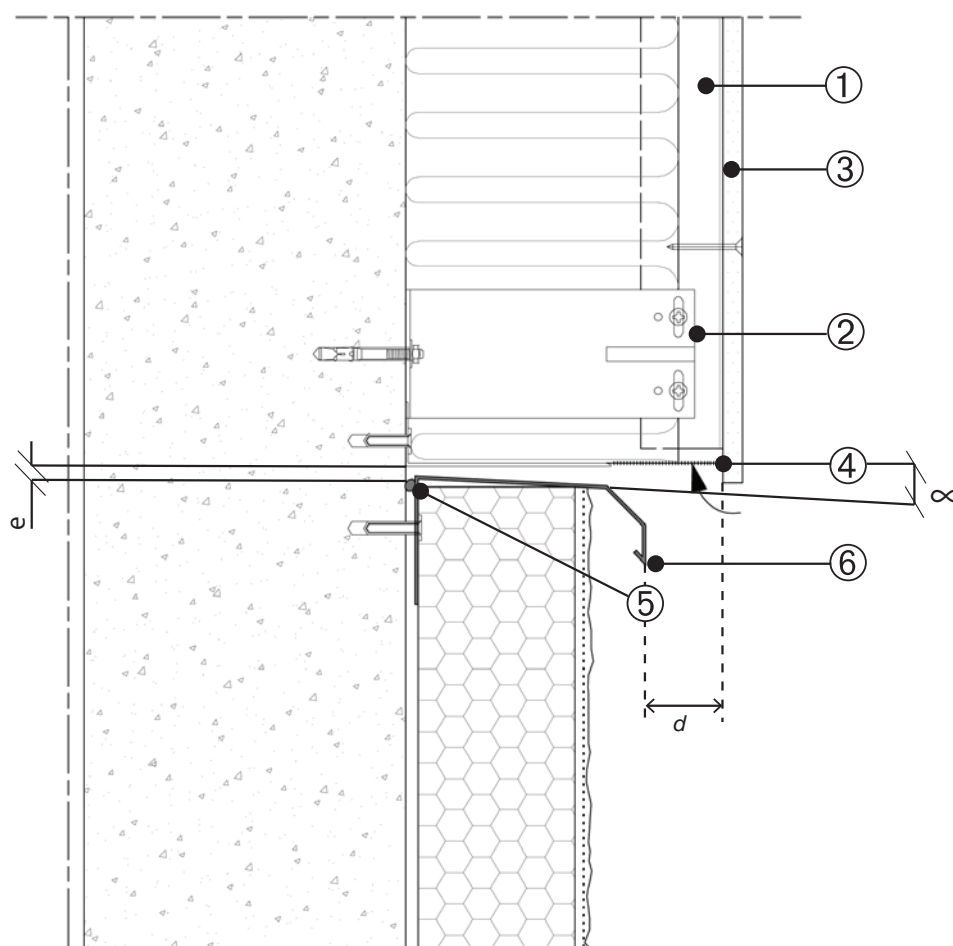


$e \leq 10 \text{ mm}$
 α pente de 2 à 5 %

- 1 : ossature verticale du bardage
- 2 : patte équerre
- 3 : parement de bardage
- 4 : 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 E1.2 – Raccordement avec un bardage rapporté
cas 1b**

Cas où le système est posé en dessous du bardage.
 L'épaisseur du système 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).

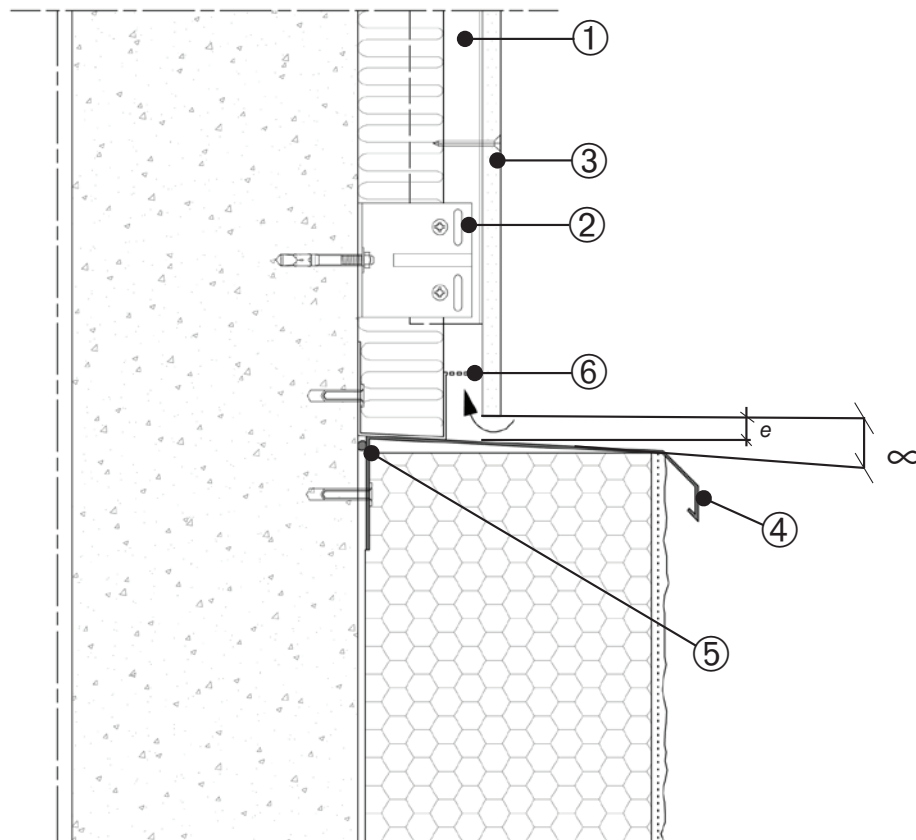


$e \leq 10 \text{ mm}$
 α pente de 2 à 5 %

- 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 E1.3 – Raccordement avec un bardage rapporté
cas 2a**

Cas où le système est posé en dessous du bardage.
 L'épaisseur du système 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.



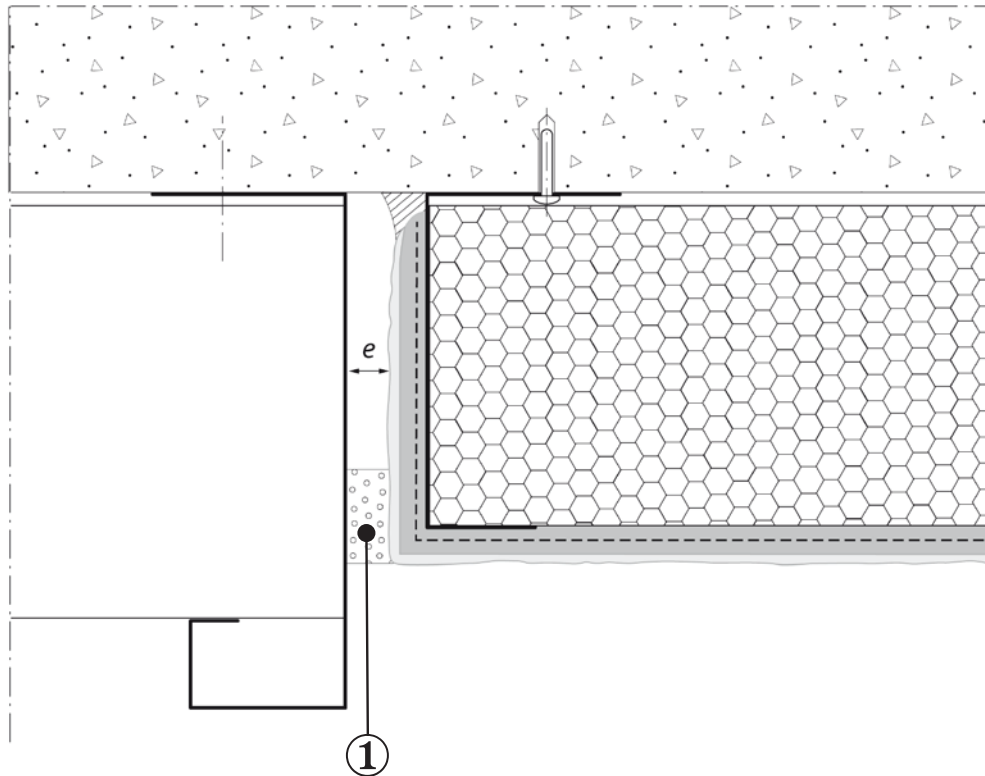
e compris entre 10 et 20 mm
 α pente de 2 à 5 %

- 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 E1.4 – Raccordement avec un bardage rapporté
cas 2b**

Cas où le système est posé en premier ; on ignore si un autre système d'isolation thermique extérieure va être posé à côté. Cas analogue à la figure B1.4.

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



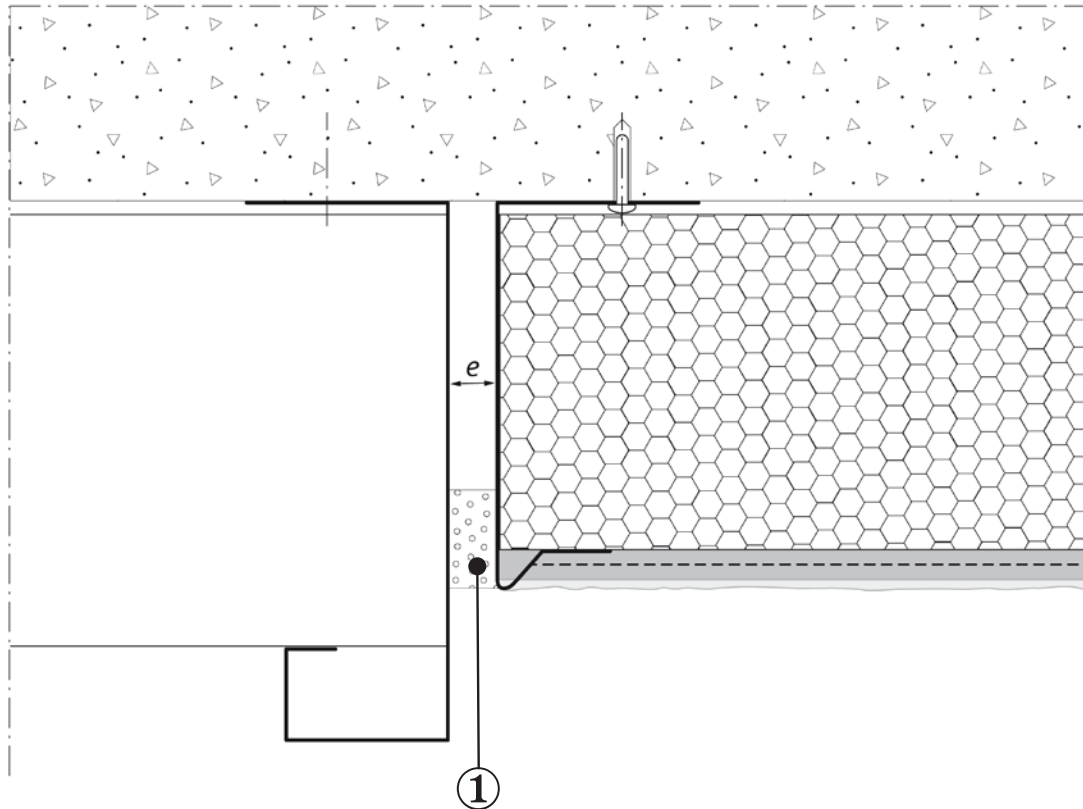
$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : bande de mousse imprégnée

**Figure E2.1 – Raccordement avec un autre système d'isolation thermique extérieure
cas 1a
(coupe horizontale)**

Cas où le système 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 ou un profilé de raccord.



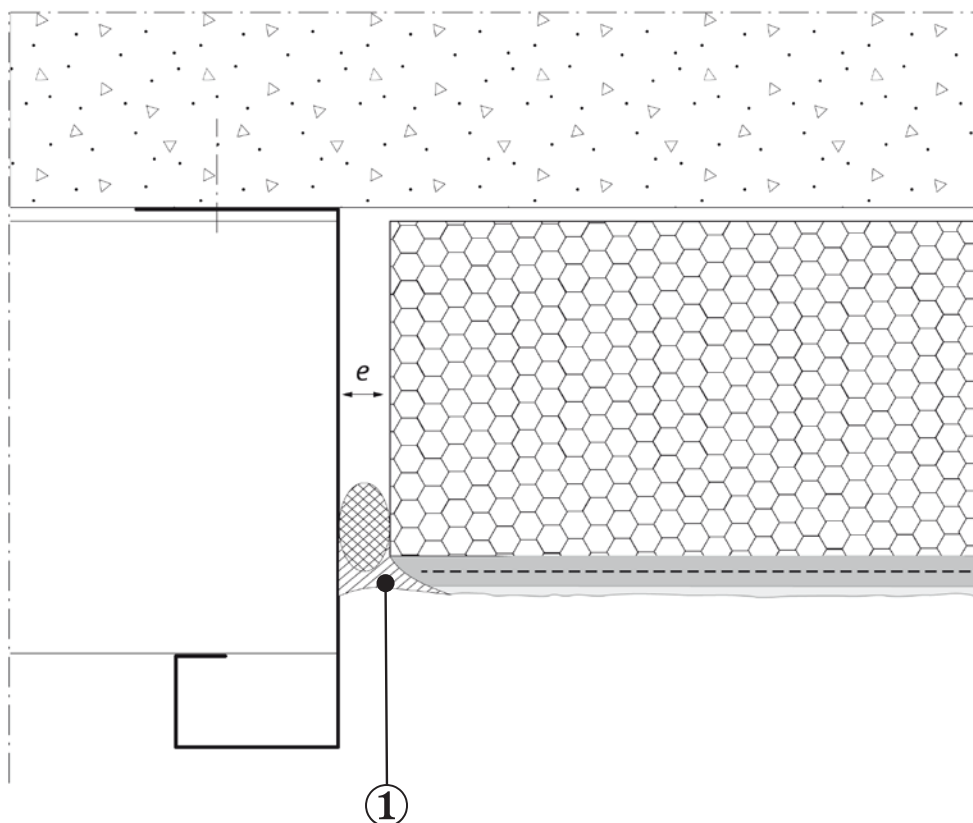
$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : bande de mousse imprégnée

**Figure E2.2 – Raccordement avec un autre système d'isolation thermique extérieure
cas 1b
(coupe horizontale)**

Cas où le système 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 ou un profilé de raccord.

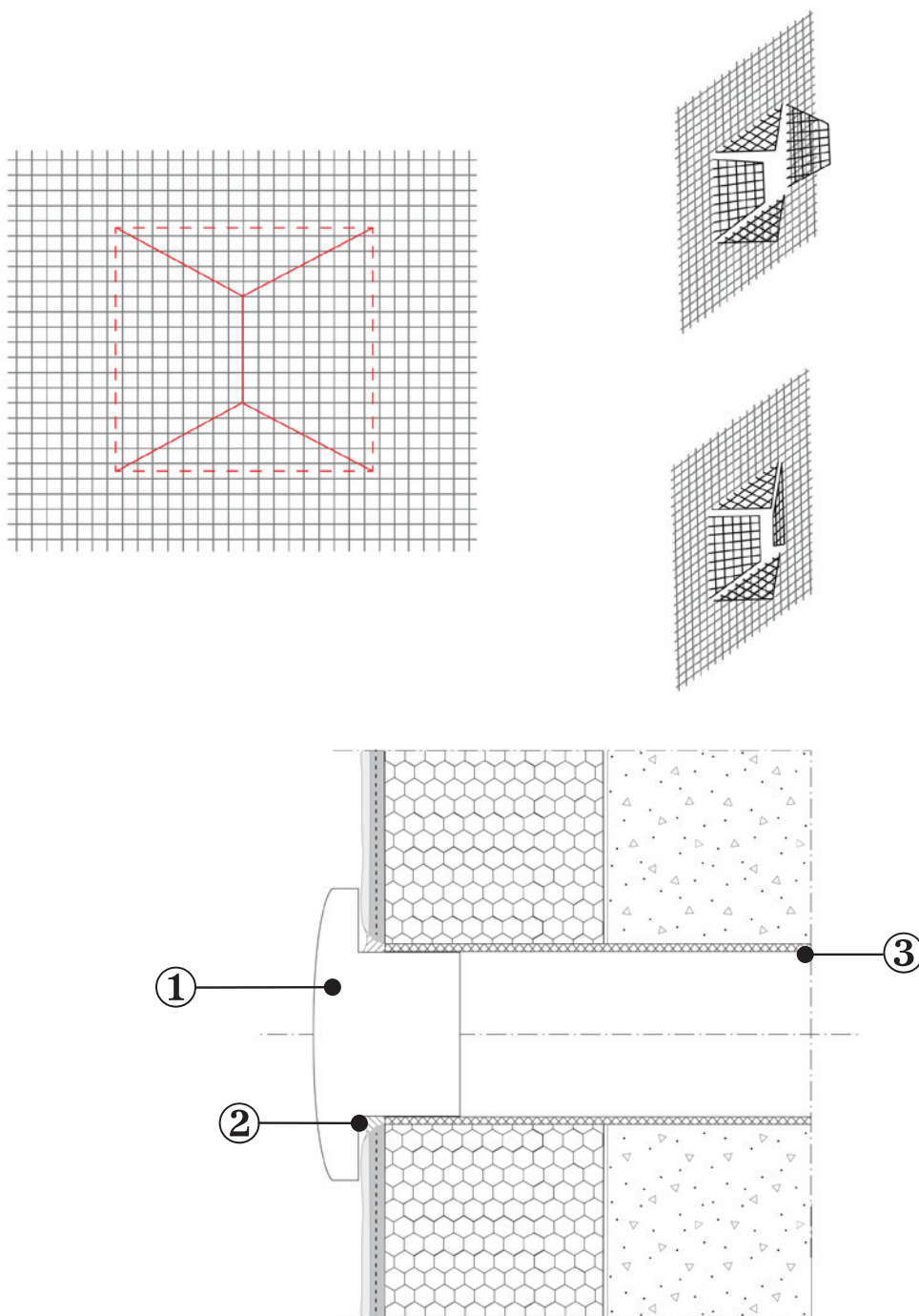


$e \geq 5 \text{ mm}$ en tout point

1 : mastic sur fond de joint

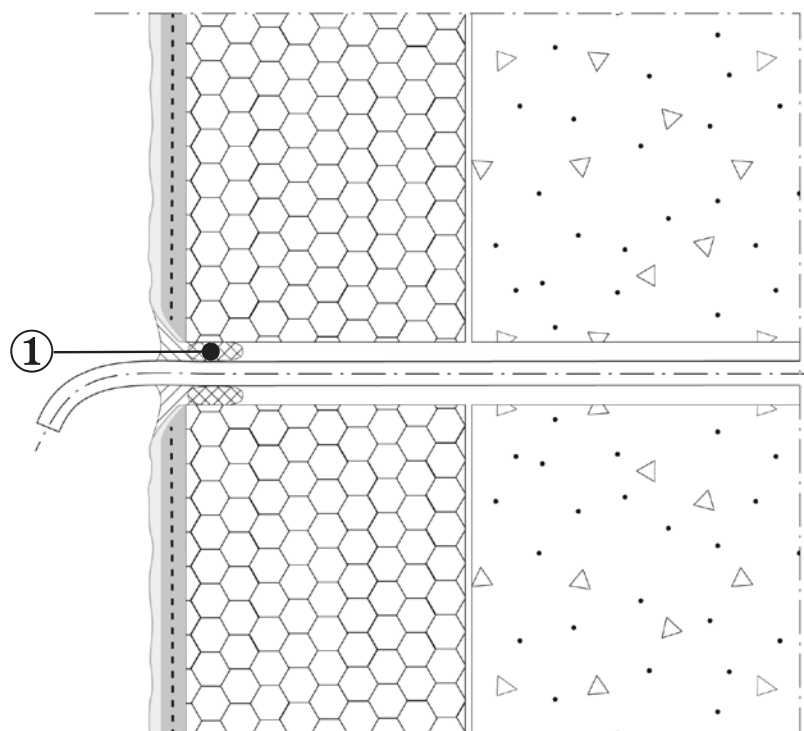
**Figure E2.3 – Raccordement avec un autre système d'isolation thermique extérieure
cas 2
(coupe horizontale)**

F. Raccordements avec des équipements



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

Figure F1 – Orifice de ventilation



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

Figure F2 – Passage de câbles

6. Entretien et rénovation, réfection des dégradations, surisolation

Comme tous les revêtements de façade exposés aux sollicitations climatiques, les systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé nécessitent un entretien.

L'entretien normal comporte notamment le nettoyage des micro-organismes (algues, champignons, etc.) et autres dépôts (voir *paragraphe 6.1* ci-dessous), 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 systèmes détériorés par un usage anormal (voir *paragraphe 6.2* ci-dessous).

Après chaque période de l'ordre de 10 ans, une rénovation d'aspect de ces systèmes s'avère généralement nécessaire, variable en fonction du relief de la façade (modénatures, etc.), de la texture du revêtement 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 système sont notamment à proscrire. L'élimination des végétations ne doit pas être réalisée sous l'action de la flamme.

6.1 Entretien et rénovation

L'entretien et la rénovation des systèmes 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 ».

6.2 Réfection des dégradations

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

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

6.2.1 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.

6.2.2 Réfection des chocs importants mais localisés

Des dégradations sur des surfaces plus importantes nécessitent un remplacement local du système.

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 l'enduit et l'isolant et retirer le système complet jusqu'au support. Nettoyer le support, éliminer toutes traces de collages, plots, etc. Entailler l'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 système.
- 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 grossièrement 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 le produit d'impression (le cas échéant) et l'enduit de finition.

Ces réfections permettent de traiter techniquement les désordres, mais aussi soignée soit-elle, 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.

6.3 Surisolation

La « surisolation » consiste à mettre en œuvre le système sur un mur déjà revêtu d'une isolation thermique extérieure par enduit sur isolant. Cela permet d'améliorer l'isolation thermique de la paroi en évitant de générer d'importants déchets de chantier (pas de dépose du système existant).

La « surisolation » est applicable aux systèmes présentant des défauts de types I à V (voir *paragraphe 6.1* ci-dessus).

La reconnaissance et la préparation du support, ainsi que les conditions d'emploi et de mise en œuvre, sont spécifiées dans le DTA ou l'AT du système.

7. Informations sur le comportement des systèmes

La fabrication des différents composants des systèmes fait l'objet d'un contrôle interne destiné à assurer leur constance de qualité. Pour les systèmes sous ATE et faisant l'objet d'un DTA, les contrôles ou les dispositions prises pour s'assurer de la constance de qualité des composants sont listés dans le plan de contrôle associé à l'ATE.

7.1 Influence des conditions de préparation, d'application et de durcissement des colles et enduits

Les systèmes sont constitués de produits mélangés *in situ* ou prêts à l'emploi. De ce fait, leurs caractéristiques et leur comportement ultérieur peuvent être affectés par les conditions de préparation ou par les conditions atmosphériques (température, humidité, vent) lors de l'application et du durcissement des produits.

Des modifications de caractéristiques peuvent être entraînées par une mauvaise préparation des colles et enduits :

- non-respect des taux de mélange ;
- mélanges non homogènes ;
- ajout d'eau dans les mélanges n'en nécessitant pas.

Appliqués à de faibles températures, les colles et enduits peuvent perdre leurs caractéristiques d'adhérence et de cohésion et devenir friables, du fait :

- soit d'une moins bonne maniabilité (manque de mouillabilité, augmentation de consistance, etc.) ;
- soit d'une exposition au gel en période de durcissement (la nuit notamment).

Appliqués par temps chaud et par vent sec, l'évaporation trop rapide de l'eau peut altérer les caractéristiques mécaniques des enduits. Ce risque est d'autant plus important que l'épaisseur de l'enduit est plus faible.

Les conditions de préparation et de mise en œuvre des colles et enduits peuvent ainsi être à l'origine de décollements, de fissurations ou de cloquages (cf. ci-dessous).

7.2 Comportement affectant la durabilité

7.2.1 Fissuration

Outre les caractéristiques propres des enduits qui déterminent leur sensibilité à la fissuration, les causes de fissuration peuvent être liées à la mise en œuvre :

- instabilité d'ensemble du système liée à une mauvaise fixation de l'isolant au support (voir *paragraphe 7.2.2* ci-dessous) ;
- préparation des enduits et conditions atmosphériques (voir *paragraphe 7.1* ci-dessus) ;
- mise en place des profilés de départ et d'arrêt latéral :
 - profilés accolés sans espacement (dilatation bridée),
 - coïncidence des joints entre panneaux isolants avec les jonctions entre profilés,
 - coïncidence des joints entre panneaux isolants avec les discontinuités du support (joint entre panneaux préfabriqués en béton, par exemple) ;
- débordement de la colle entre les panneaux ;
- joints filants entre panneaux aux angles des baies ;

- variations locales d'épaisseurs importantes de couche de base, qui peuvent résulter :
 - d'un bourrage des joints ouverts entre panneaux isolants,
 - d'une mauvaise planéité de la surface de l'isolant (désaffleurs entre panneaux, trous, etc.),
 - de la présence de chevilles à rosace trop enfoncées ou insuffisamment enfoncées dans l'isolant ;
- épaisseur de la couche de base insuffisante pour enrober correctement l'armature ;
- mauvais positionnement de l'armature dans l'épaisseur de la couche de base (treillis en fibres de verre posé directement sur isolant ou trop en surface) ;
- recouvrement insuffisant des lés d'armature normale ;
- mouchoirs d'armature aux angles de baie inexistant ;
- absence de désolidarisation au niveau des points durs ;
- utilisation, en finition, de coloris foncés ou juxtaposition de coloris trop contrastés (chocs thermiques différentiels) ;
- absence de protection en cas d'utilisation de panneaux en polystyrène expansé gris (à la pose comme au stockage) ;
- temps d'attente trop important entre pose des panneaux isolants et enduisage.

Les fissurations peuvent également être la conséquence d'utilisation de panneaux de polystyrène non conformes aux prescriptions du DTA ou de l'AT (profil d'usage ISOLE de l'ACERMI par exemple). En particulier, une stabilité dimensionnelle insuffisante conduit à des retraits encore notables du polystyrène expansé en place, augmentant ainsi les contraintes aux joints entre panneaux.

7.2.2 Désolidarisation du support

7.2.2.1 Systèmes collés

Le décollement des systèmes complets du support est généralement la conséquence d'une reconnaissance et/ou d'une préparation insuffisantes du support :

- présence de salissures, poussières ;
- présence d'huile de démoulage ou de produit hydrofuge ;
- application sur supports gelés, gorgés d'eau ou surchauffés ;
- décapage insuffisant des anciennes peintures ou revêtements organiques.

Les colles, généralement à base de ciment, sont alors appliquées sur des résidus de revêtements formulés à partir de liants organiques. Il en résulte des réactions chimiques lentes, conduisant généralement au décollement du revêtement existant de son support.

Le décollement peut également résulter des conditions d'application :

- préparation de la colle et conditions atmosphériques (voir *paragraphe 7.1* ci-dessus) :
 - à faible température ou par temps humide, le séchage de la colle peut nécessiter des délais plus importants,
 - une enduction trop rapide peut alors engendrer des décollements partiels et, par conséquent, des perturbations ultérieures ;

- mauvaise répartition de la colle au dos des panneaux isolants et écrasement insuffisant ne permettant pas d'assurer un contact satisfaisant de la colle avec le support ;
- étanchéité insuffisante aux arrêts du système (bavettes, couvertines, etc. inexistantes ou pas assez débordantes, mauvais calfeutrement aux points singuliers) entraînant la pénétration d'eau entre le support et l'isolant.

7.2.2.2 Systèmes fixés mécaniquement

L'instabilité des systèmes fixés mécaniquement résulte principalement des causes suivantes :

- utilisation de chevilles non adaptées au support ;
- mauvais choix des outils de pose et/ou mauvaise mise en œuvre (éclatement des supports en corps creux lors du perçage, trous oblongs, etc.) ;
- densité de chevilles insuffisante en fonction de l'exposition au vent de la façade ;
- longueur de la cheville incorrecte : une cheville choisie trop courte s'expandra dans le revêtement existant et/ou la colle et/ou l'isolant ; une cheville choisie trop longue s'expandra dans le vide à l'arrière des parois des éléments en corps creux.

7.2.3 Décollements d'enduit, cloquages

Ces phénomènes résultent généralement des conditions d'application :

- préparation de l'enduit et conditions atmosphériques (voir *paragraphe 7.1 ci-dessus*) ;
- délais de séchage non respectés ;
- absence de couche d'impression entre la couche de base et le revêtement de finition, si celle-ci est obligatoire comme mentionné dans le DTA ou l'AT ;
- application sur surfaces de polystyrène expansé altérées (jaunissement, poudrage) sans ponçage.

Ces décollements peuvent également apparaître consécutivement à l'apparition d'une microfissure ou d'une fissure, siège d'une pénétration locale d'eau dans le système.

7.3 Comportement d'aspect

La finition décorative des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant est apportée par le revêtement de finition.

Les défauts d'aspect rencontrés, résultant soit d'une mauvaise planéité de la couche de base, soit de l'application de la couche de finition, n'ont généralement aucune incidence sur la durabilité du système.

7.3.1 Salissures

Les salissures peuvent être dues à la pollution atmosphérique ou au rejaillissement de terre en partie basse.

Des désagréments visuels peuvent également être la conséquence du développement de micro-organismes (algues, champignons, lichens, voire mousses) sur les façades ou parties de façades qui restent humides ou sèchent mal et généralement situées à proximité de végétation.

Ces salissures apparaissent plus rapidement sur les revêtements à relief important facilitant leur accrochage.

L'aspect peut parfois être altéré par la présence de toiles d'araignées qu'il est possible d'éliminer par lavage ou brossage.

7.3.2 Défauts d'aspect

On désigne ainsi généralement les variations de couleur ou d'aspect sur une même façade (nuançage), ainsi que les réapparitions des rosaces des chevilles et/ou des joints entre panneaux isolants (« spectres »).

Ces phénomènes résultent généralement des conditions d'application :

- application par temps froid et/ou humide : les revêtements présentent des temps de durcissement et de séchage lents et irréguliers conduisant à des différences de couleur et de ton ;
- application par temps chaud et vent sec : les revêtements sèchent trop rapidement, pouvant conduire à des faïençages ainsi qu'à l'apparition des reprises ;
- absence de couche d'impression avant l'application de la finition, pouvant conduire à une application plus difficile avec, pour conséquence, l'apparition de reprises et une structure hétérogène ;
- application de quantités trop faibles de finition qui ne permettent pas d'atténuer les défauts de planéité de la couche de base ;
- présence de pointes utilisées à titre de maintien provisoire ou utilisation de profilés corrodables (acier, même galvanisé, entre autres) conduisant à l'apparition de taches de rouille.

Les défauts d'aspect peuvent également résulter de l'utilisation de teintes soutenues qui sont susceptibles de passer à la suite de l'action répétée de cycles humidification/séchage auxquelles sont soumises les parties les plus exposées comparativement aux parties protégées (dessous de baie par exemple).

Cela peut également survenir à la suite d'un délavage en cours de travaux lors d'un orage.

Certains défauts d'aspect, préférentiellement visibles au niveau des joints entre panneaux, peuvent aussi provenir de l'application de la finition sur des panneaux en polystyrène qui sont bombés, ne permettant pas de texturer la finition de manière homogène.

Des phénomènes de carbonatation peuvent également être observés lorsque la finition est assurée par un enduit hydraulique (finition projetée, notamment).

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

Des chevilles trop enfoncées ou avec un perçage non perpendiculaire, si elles ne sont pas correctement traitées, peuvent provoquer l'apparition de spectres. Des chevilles mal choisies (conductivité thermique élevée, rosace trop épaisse, etc.) peuvent également conduire à l'apparition de spectres.

8. Annexe 1 : Détermination sur chantier de l'adhérence d'une colle sur un support

8.1 Principe

Lorsque des essais *in situ* d'adhérence d'une colle sont prévus, ils sont exécutés après préparation du support.

Les essais sont réalisés sur deux séries de 5 éprouvettes placées sur des surfaces différentes, représentatives des supports à tester.

Si la surface totale concernée est supérieure à 250 m², les essais d'adhérence doivent être réalisés par un organisme professionnel indépendant du chantier.

8.2 Modalités des essais

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 surfaces circulaires ou carrées, d'environ 20 à 25 cm², correspondant à la surface des pastilles métalliques que l'on collera sur la surface découpée. Après séchage de la colle de la pastille, on réalise les essais d'arrachement par traction à l'aide d'un dynamomètre. Pour chaque essai, on relève la valeur d'arrachement et le mode de rupture.

8.3 Analyse des résultats

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 supérieure à 0,25 MPa ;
- si la rupture est cohésive dans le support, aucune valeur d'arrachement 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 du système, 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.

9. Annexe 2 : Détermination sur chantier de la résistance en traction d'une cheville de fixation dans un support

9.1 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 *paragraphe 3.2.2* du présent document.

Cette *Annexe* tient compte de la procédure relative aux essais sur chantier figurant dans l'ETAG 014. Elle 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 faits ni pour déroger aux règles de bonne construction, ni pour déterminer des caractéristiques supérieures à celles données dans les ATE des chevilles.

Il appartient à la personne ou à l'organisme en charge des essais de s'assurer de la représentativité des déterminations effectuées sur chantier.

9.2 Modalités des essais

9.2.1 Type de support

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 couvertes par l'ATE de la cheville. Dans le cas d'une pose sur béton de granulats courants (catégorie A) revêtu⁽¹⁾, il est impératif que l'ATE de la cheville n'exclue pas expressément la pose sur béton revêtu.

9.2.2 Nombre d'essais et emplacement des chevilles

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 (cf. *Figure 10*).

1. Béton revêtu d'un enduit, de carrelage, de grès cérame, de pâte de verre, etc.

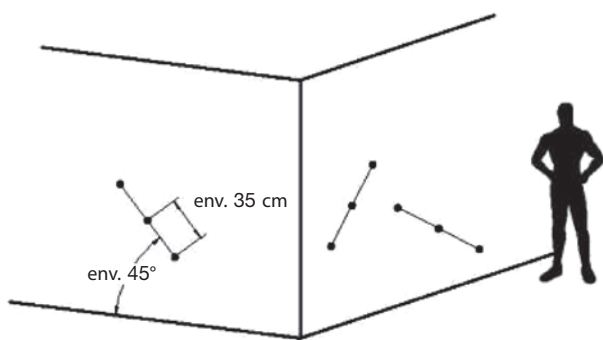


Figure 10 – Exemple d'emplacement des fixations mécaniques dans le support

Ces divers alignements sont répartis de façon à intéresser la plus grande surface possible de support. Dans tous les cas, ils doivent être représentatifs du support considéré.

Les chevilles sont posées conformément aux prescriptions du fournisseur, 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 système d'isolation thermique extérieure.

9.2.3 Exécution de l'essai et mesures effectuées

On utilise un appareil d'arrachement permettant une croissance lente et continue de l'effort exercé⁽²⁾.

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.

Dans le cas où les essais sont à réaliser à travers un système d'enduit sur isolant existant (en vue de réaliser une surisolation), une plaque est placée sous les points d'appui de l'appareil afin de répartir les efforts. Cette plaque doit être suffisamment grande et rigide pour éviter l'enfoncement de l'appareil dans l'isolant en place et garantir ainsi que les mesures ne soient pas faussées.

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⁾.

9.3 Détermination de la résistance caractéristique et de la classe de résistance

La résistance caractéristique N_{Rk1} de la cheville dans le support considéré est donnée par la relation :

$$N_{Rk1} = 0,6 \cdot N_1$$

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 indiquée dans l'ATE de la cheville pour le support considéré, et ne doit pas excéder 1 500 N.

La classe de résistance de la cheville dans le support considéré est celle correspondant à la valeur N_{Rk} donnée dans le *Tableau 1*, qui est immédiatement inférieure ou égale à la valeur N_{Rk1} .

Tableau 1 – Classe de résistance de la fixation mécanique en fonction de la résistance caractéristique dans le support

N_{Rk} (N)	1 500	1 200	900	750	600	500	400	300
Classe	1	2	3	4	5	6	7	8

Par exemple, si $N_{Rk1} = 1\,000$ N, la valeur de résistance caractéristique à considérer est de 900 N : la cheville est donc de classe 3.

9.4 Contenu du rapport d'essais

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 d'ATE, 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.

2. L'appareil d'arrachement doit être régulièrement étalonné, avec une fréquence minimale d'étalonnage égale 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.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS