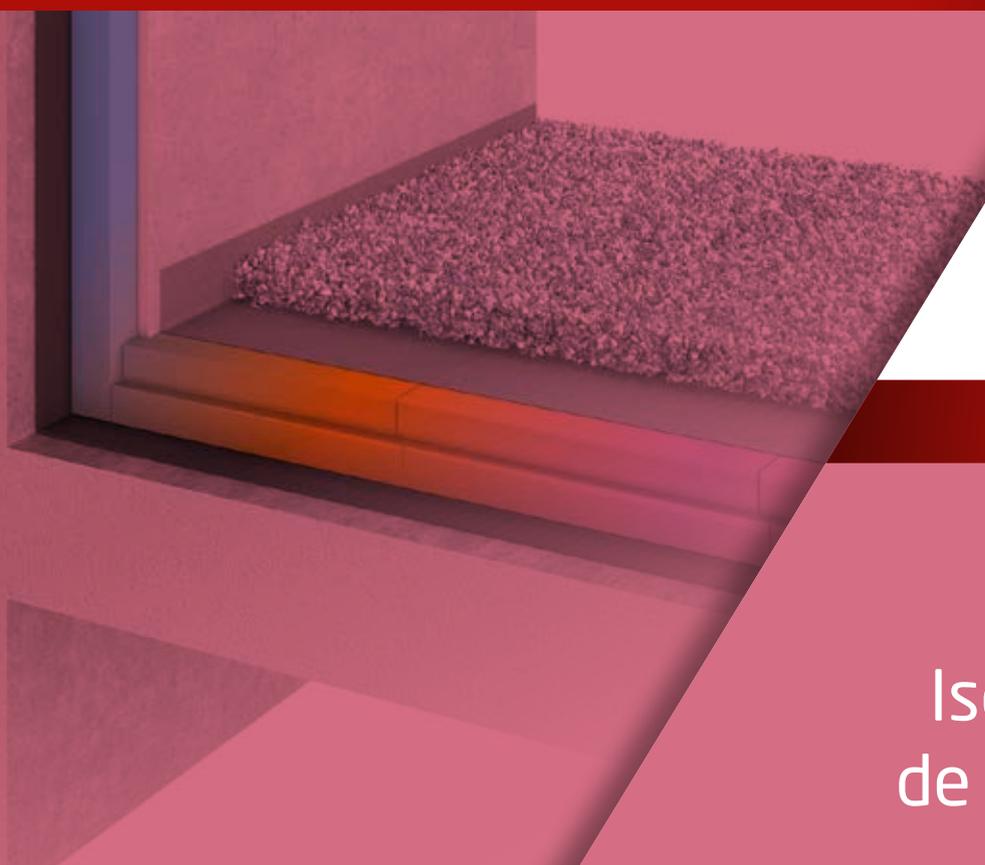


# RÈGLES PROFESSIONNELLES

Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité



## Isolation inversée de toiture-terrasse

Édition juin 2021



PROFESSIONNELS  
DE L'ÉTANCHÉITÉ  
CHAMBRE SYNDICALE FRANÇAISE  
DE L'ÉTANCHÉITÉ



# COMITÉ DE RÉDACTION

## Animatrice :

H. BECHRAOUI

*Présidente de la sous-commission  
Isolation thermique de la CSFE*

## Membres :

M. BOUKOLT

PITTSBURGH CORNING FRANCE

Mme BOUSSERT

CSFE

M. CAMILLATO

KNAUF INSULATION

M. DA SILVA

RECTICEL INSULATION SAS

M. DECORNIQUET

SMAC

M. DHENIN

JACKON INSULATION

Mme GREINER

SITEK INSULATION

M. HABABOU

SIPLAST ICOPAL SAS

M. JORET

SOPREMA SAS

M. LE CŒUR

IKO SAS

M. LE FAUCHEUR

CSFE

Mme MOLLARD

SAINT-GOBAIN ISOVER

Mme PENNEL

HIRSCH ISOLATION

M. PERSUY

KNAUF BATIMENT

Mme QUIN

KNAUF BATIMENT

M. RICHARD

ROCKWOOL FRANCE SAS

Mmes Carole LE BLOAS (QUALICONSULT), Virginie MERLIN (APAVE), MM. Alexis DUBOIS (SOCOTEC) et François MICHEL (BUREAU VERITAS CONSTRUCTION) ont apporté leur expérience professionnelle et leur compétence technique à la relecture critique de ce document. Qu'ils en soient vivement remerciés.

# AVANT-PROPOS

---

En date du 9 juin 2016, la Commission Chargée de formuler les Avis Techniques (CCFAT) a décidé de sortir du domaine d'application de la procédure d'Avis Technique, l'utilisation des panneaux en polystyrène extrudé (XPS) en isolation inversée :

- de toitures inaccessibles et techniques ou à zones techniques ;
- de toitures accessibles aux piétons et séjour ;
- de toitures jardins et végétalisées.

À partir du 30 juin 2021, l'utilisation des panneaux isolants en isolation inversée pour les applications ci-dessus devient une technique traditionnelle, un référentiel consacrant cette traditionalisation est nécessaire.

La CSFE a donc rédigé les présentes Règles professionnelles relatives aux panneaux en polystyrène extrudé en isolation inversée de toiture-terrasse, bénéficiant de la certification ACERMI\* pour les caractéristiques d'aptitude à l'emploi définies à l'annexe B du présent document et issues de l'expérience reconnue et réussie.

Cette certification garantit aux utilisateurs les performances et l'aptitude à l'emploi des isolants dans les ouvrages dans lesquels ils sont mis en œuvre.

Le référentiel de certification ACERMI est disponible à l'adresse suivante :

<https://www.acermi.com/fr/documents-reference/referentiels-acermi>

*\*Le titulaire du marché pourra proposer au maître d'ouvrage des produits qui bénéficient de modes de preuve en vigueur dans d'autres États Membres de l'Espace économique européen, qu'il estime équivalents et qui sont attestés par des organismes bénéficiant de l'accréditation délivrée par des organismes signataires des accords dits "E. A".*

*Dans tous les cas, le titulaire du marché devra alors apporter au maître d'ouvrage les éléments de preuve qui sont nécessaires à l'appréciation de l'équivalence.*

*L'acceptation par le maître d'ouvrage d'une telle équivalence suppose que tous les documents justificatifs de cette équivalence lui soient présentés au moins un mois avant tout acte constituant un début d'approvisionnement. Le maître d'ouvrage dispose d'un délai de trente jours calendaires pour accepter ou refuser l'équivalence du produit ou procédé proposé.*

# SOMMAIRE

Comité de Rédaction	3
Avant-Propos	4
Sommaire	5
<b>1</b> Objet	<b>6</b>
<b>2</b> Domaine d'application	<b>6</b>
<b>3</b> Documents techniques de référence	<b>8</b>
<b>4</b> Matériaux	<b>10</b>
4.1 Isolant	10
4.2 Autres matériaux	10
4.2.1 Revêtement d'étanchéité	10
4.2.2 Écran de désolidarisation à poser sous les panneaux isolants	10
4.2.3 Éléments de l'écran de séparation à poser (sur les panneaux isolants)	11
4.3 Protection lourde	11
<b>5</b> Description de la mise en œuvre en partie courante	<b>16</b>
5.1 Conditions préalables des éléments sous-jacents à l'isolation inversée	16
5.1.1 Élément porteur	16
5.1.2 Revêtement d'étanchéité	16
5.1.3 Isolant non porteur support d'étanchéité	16
5.2 Mise en œuvre des panneaux isolants en partie courante	16
5.3 Mise en œuvre de l'écran de séparation	17
5.3.1 Choix de l'écran de séparation	17
5.3.2 Pose de l'écran de séparation	17
5.4 Mise en œuvre de la protection lourde rapportée	17
5.5 Vérification du panneau isolant sous charge descendante	18
<b>6</b> Description des points singuliers	<b>19</b>
6.1 Relevés	19
6.2 Évacuation des eaux pluviales	19
<b>7</b> Travaux de réfection	<b>20</b>
<b>8</b> Cas particulier du climat de montagne	<b>20</b>
<b>9</b> Cas des toitures-terrasses jardins	<b>20</b>
<b>Annexe A</b> Fiche technique d'un panneau isolant conforme aux Règles professionnelles CSFE « Isolation inversée de toiture-terrasse » - Édition juin 2021 - Informations nécessaires	21
<b>Annexe B</b> Caractéristiques d'aptitude à l'emploi certifiées des panneaux isolants XPS	22
<b>Annexe C</b> Méthode de dimensionnement des lestages	24
<b>Annexe D</b> Détermination de la valeur de majoration $\Delta\lambda_n$	33
<b>Annexe E</b> Détermination du paramètre f.x	37
<b>Annexe F</b> Figures	40

# 1 OBJET

Le présent document traite des caractéristiques et des règles générales de mise en œuvre en toiture-terrasse d'une isolation inversée à l'aide de panneaux plans en mousse de polystyrène extrudé (XPS) conformes à la norme NF EN 13164+A1 et bénéficiant de la certification ACERMI\* pour leurs caractéristiques d'aptitude à l'emploi.

Un écran de séparation spécifique en non-tissé permettant d'améliorer la performance thermique fait partie du système selon les cas. Lorsque cet écran n'est pas employé, le système d'isolation inversée est dit « standard », sinon il est dénommé « spécifique ».

Les panneaux isolants font l'objet d'une fiche technique contenant les informations nécessaires à l'application des présentes Règles professionnelles et définies en annexe A.

Ces panneaux peuvent s'employer en un ou deux lits d'isolation.

Ce document ne reprend pas les exigences des référentiels et réglementations applicables lors de la mise en œuvre des panneaux décrits dans ce document. Ces référentiels et réglementations sont à appliquer.

**NOTE 1 :** par exemple en matière de pente, de destination, de classe d'hygrométrie, d'isolation thermique, etc.

**NOTE 2 :** le présent document ne traite pas des toitures-terrasses accessibles aux véhicules.

# 2 DOMAINE D'APPLICATION

Les présentes Règles professionnelles s'appliquent aux toitures-terrasses avec isolation inversée, avec les éléments porteurs suivants :

- maçonnerie conforme aux NF DTU 20.12 P1, NF DTU 43.1 P1, NF DTU 43.11 ou à un Avis Technique (ATec) visant favorablement l'emploi en élément porteur d'isolation et d'étanchéité ;
- dalles de béton cellulaire autoclavé armé, faisant l'objet d'un Avis Technique (ATec) ou d'un Document Technique d'Application (DTA) pour l'emploi en élément porteur d'isolation et d'étanchéité ;
- panneaux CLT (Bois lamellé-croisé) bénéficiant d'un ATec ou d'un DTA visant favorablement l'utilisation en isolation inversée de toiture-terrasse.

La pente minimale de l'élément porteur est conforme aux référentiels susvisés, la pente maximale est de 5 %.

Sont concernés les travaux neufs réalisés en France métropolitaine en climat de plaine et de montagne, et selon la réglementation sismique en vigueur, pour des bâtiments de catégorie d'importance I, II, III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée) et 4 (moyenne), sur des sols de classe A, B, C, D et E.

Sont également concernés les travaux de réfection réalisés selon le NF DTU 43.5.

Sont visées les destinations de toitures-terrasses suivantes :

- toitures-terrasses inaccessibles, y compris chemins de circulation, sans retenue temporaire des eaux pluviales ;
- toitures-terrasses techniques ou avec zones techniques, y compris les chemins de nacelles sur maçonnerie uniquement ;
- toitures-terrasses accessibles aux piétons et séjour, y compris sous protection par dalles sur plots ;
- toitures-terrasses jardins sur maçonnerie uniquement ;
- terrasses et toitures végétalisées.

\*Voir le renvoi de l'avant-propos.

Les tableaux 1 et 2 récapitulent respectivement pour le climat de plaine et le climat de montagne, les destinations possibles selon l'élément porteur.

Destination toiture-terrasse	Maçonnerie	Dalles de béton cellulaire autoclavé armé	Panneaux CLT
Inaccessible et chemins de circulation associés	oui	oui <sup>(1)</sup>	oui <sup>(1)</sup>
Technique, zones techniques et chemins de circulation associés <sup>(2)</sup>	oui	oui <sup>(1)</sup>	oui <sup>(1)</sup>
Chemin de nacelle sur pneus	oui		
Accessible aux piétons et séjour	oui		oui <sup>(1) (3)</sup>
Jardin	oui		
Végétalisée	oui	oui <sup>(1)</sup>	oui <sup>(1) (3)</sup>

<sup>(1)</sup> Selon les destinations définies dans le Document Technique d'Application de l'élément porteur.

<sup>(2)</sup> Les chemins de circulation sont considérés comme techniques sauf prescription des DPM (Documents Particuliers du Marché).

<sup>(3)</sup> Selon les prescriptions et destinations des A Tec ou DTA des panneaux CLT, terrasses accessibles piétons uniquement avec protection par dalles sur plots.

Les cases  correspondent à des exclusions d'emploi.

**Tableau 1 - Destination de toiture-terrasse selon l'élément porteur en climat de plaine**

Destination toiture-terrasse	Maçonnerie	Dalles de béton cellulaire autoclavé armé	Panneaux CLT
Inaccessible et chemins de circulation associés	oui		oui <sup>(1)</sup>
Technique, zones techniques et chemins de circulation associés <sup>(2)</sup>	oui		oui <sup>(1)</sup>
Chemin de nacelle sur pneus	oui		
Accessible aux piétons et séjour	oui		oui <sup>(1) (3)</sup>
Jardin	oui		
Végétalisée	oui		oui <sup>(1) (3)</sup>

<sup>(1)</sup> Selon les destinations définies dans le Document Technique d'Application de l'élément porteur.

<sup>(2)</sup> Les chemins de circulation sont considérés comme techniques sauf prescription des DPM (Documents Particuliers du Marché).

<sup>(3)</sup> Selon les prescriptions et destinations des Avis Techniques des panneaux CLT, terrasses accessibles piétons uniquement avec protection par dalles sur plots.

Les cases  correspondent à des exclusions d'emploi.

**Tableau 2 - Destination de toiture-terrasse selon l'élément porteur en climat de montagne**

# 3 DOCUMENTS TECHNIQUES DE RÉFÉRENCE

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. C'est la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) qui s'applique.

**NF DTU 13.3** mars 2005, *Dallages - Conception, calcul et exécution - Partie 2 : cahier des clauses techniques des dallages à usage autre qu'industriel ou assimilés (Indice de classement : P11-213-2).*

**NF DTU 20.12**, *Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité (Indice de classement : P10-203).*

**NF DTU 43.1**, *Travaux de bâtiment - Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine (Indice de classement P84-204).*

**NF DTU 43.11**, *Travaux de bâtiment - Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de montagne (Indice de classement : P84-211).*

**NF DTU 43.5**, *Travaux de bâtiment - Réfection des ouvrages d'étanchéité des toitures-terrasses ou inclinées (Indice de classement : P84-208).*

**Règles professionnelles** pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées - Édition n° 3 - mai 2018.

**Recommandations professionnelles RAGE**, « *Toitures-terrasses accessibles aux piétons avec élément porteur en bois et panneaux à base de bois avec revêtement d'étanchéité* ».

**NF EN 822**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la longueur et de la largeur.*

**NF EN 823**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'épaisseur.*

**NF EN 824**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'équerrage.*

**NF EN 825**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la planéité.*

**NF EN 826**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination du comportement en compression.*

**NF EN 1109**, *Feuilles souples d'étanchéité - Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses - Détermination de la souplesse à basse température.*

**NF EN 1339**, *Dalles en béton - Prescriptions et méthodes d'essai.*

**NF EN 1606**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination du fluage en compression.*

**NF EN 1607**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la résistance à la traction perpendiculairement aux faces.*

**NF EN 1848-2**, *Feuilles souples d'étanchéité - Détermination de la longueur, de la largeur, de la rectitude et de la planéité - Partie 2 : feuilles d'étanchéité de toiture plastiques et élastomères.*

**NF EN 1928**, *Feuilles souples d'étanchéité - Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses, plastiques et élastomères - Détermination de l'étanchéité à l'eau.*

**NF EN 1991-1-4**, *Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent (Indice de classement : P06-114-1).*

**NF EN 1991-1-4/NA**, *Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 (Indice de classement : P06-114-1/NA).*

**NF EN 12087** mai 2013, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'absorption d'eau à long terme - Essai par immersion.*

**NF EN 12088** mai 2013, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'absorption d'eau à long terme - Essai par diffusion.*

**NF EN 12091**, *Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la résistance aux effets du gel-dégel.*

**NF EN 12311-1**, *Feuilles souples d'étanchéité - Partie 1 : Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses - Détermination des propriétés en traction.*

**NF EN 12467**, *Plaques planes en fibres-ciment - Spécifications du produit et méthodes d'essai.*

**NF EN 12620+A1**, *Granulats pour béton.*

**NF EN 13164+A1**, *Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) - Spécification (Indice de classement : P75-405).*

**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 - Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : Classement à partir des données d'essais de réaction au feu.*

**NF EN ISO 811**, *Textiles - Détermination de la résistance à la pénétration de l'eau - Essai sous pression hydrostatique.*

**NF EN ISO 6946**, *Composants et parois de bâtiments - Résistance thermique et coefficient de transmission thermique - Méthodes de calcul.*

**NF EN ISO 10456**, *Matériaux et produits pour le bâtiment - Propriétés hygrothermiques - Valeurs utiles tabulées et procédures pour la détermination des valeurs thermiques déclarées et utiles.*

**NF EN ISO 12572**, *Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau - Méthode de la coupelle.*

**Cahier CSTB 3741\_V2**, *Isolation thermique des relevés d'étanchéité sur acrotères en béton des toitures accessibles, inaccessibles, techniques, terrasses et toitures végétalisées, jardins sur éléments porteurs en maçonnerie - Cahier des Prescriptions Techniques.*

**Cahier CSTB 3814**, *Étanchéité de toitures-terrasses sur élément porteur en panneaux structurels bois faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application relevant de l'une des deux familles : - Panneau bois à usage structurel – mur et plancher, - Plancher à caisson en bois – Cahier des prescriptions techniques de conception et de mise en œuvre.*

**Référentiels d'essais** Règles professionnelles *Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde* et Règles professionnelles *Isolation inversée de toiture-terrasse.*

# 4 MATÉRIAUX

## 4.1 ISOLANT

Le produit se présente sous forme de panneaux en mousse de polystyrène extrudé (XPS) dont le gaz d'expansion utilisé en usine est à base de HFO (Hydrofluoroléfine) ou de CO<sub>2</sub>, de dimensions maximales 1 250 mm x 600 mm (voir figure F.1 en annexe F), faisant l'objet d'un marquage CE conformément à la norme NF EN 13164+A1 et bénéficiant de la certification ACERMI\* pour les caractéristiques d'aptitude à l'emploi certifiées.

Les tableaux B.1 et B.2 de l'Annexe B annoncent :

- les « classes » ou les « performances » selon la norme NF EN 13164+A1 ;
- les spécifications propres à une utilisation en isolation inversée.

Le certificat indique également les paramètres  $\Delta\lambda$  et  $\Delta\lambda_{\text{int2tiss}}$  déterminés selon les règles Th-bat et l'annexe D. En cas de solution avec écran non-tissé spécifique, le paramètre f.x associé, défini selon l'annexe E, est indiqué sur la fiche technique, il doit bénéficier d'un rapport d'essais réalisé par tierce partie.

L'utilisation du non-tissé spécifique en tant qu'écran de séparation permet d'améliorer la performance thermique du système.

Sans cet écran, une épaisseur plus importante d'isolant est nécessaire pour obtenir le même coefficient de déperdition thermique de la paroi.

## 4.2 AUTRES MATÉRIAUX

### 4.2.1 REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ

Les revêtements d'étanchéité sont :

- des membranes bitumineuses ;
- des membranes synthétiques ;
- des asphaltes et des systèmes mixtes en asphalte et membrane en bitume modifié ;
- des systèmes d'étanchéité liquide ;

définis dans des DTA ou ATec visant leur mise en oeuvre en toiture inversée sous les panneaux isolants cités à l'article 4.1.

### 4.2.2 ÉCRAN DE DÉSOLIDARISATION À POSER SOUS LES PANNEAUX ISOLANTS

Lorsque nécessaire, cet écran a pour fonction de réaliser l'indépendance des panneaux isolants vis-à-vis du revêtement d'étanchéité.

Il est constitué par :

- un non-tissé synthétique d'au moins 170 g/m<sup>2</sup>, conforme au NF DTU 43.1 ;
- tout autre dispositif visé pour cet emploi par le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

\*Voir le renvoi de l'avant-propos.

### 4.2.3 ÉLÉMENTS DE L'ÉCRAN DE SÉPARATION À POSER (SUR LES PANNEAUX ISOLANTS)

L'écran de séparation a pour fonction de réaliser l'indépendance de la protection rapportée vis-à-vis des panneaux isolants et d'éviter le passage de particules dans l'isolation. Il est perméable à la vapeur d'eau.

Il est obligatoire sauf dans le cas d'une protection par dalles sur plots pour laquelle il est facultatif.

Il est fonction du type de protection, du climat et du niveau de performance thermique souhaité (voir 5.3.1) :

- a)** Écran non-tissé spécifique, cité dans la fiche technique du fabricant, utilisé en procédé dit « spécifique » car il permet d'optimiser les performances thermiques de la paroi. Il est obligatoire en climat de montagne.

Ses caractéristiques minimales sont indiquées dans le tableau 3 ci-après.

Caractéristiques	Référentiel d'essai	Exigence
Dimensions	NF EN 1848-2	Largeur $\geq 1,5$ m
Résistance à la pénétration de l'eau avant et après vieillissement artificiel <sup>(1)</sup>	NF EN 1928	W1 (2 h - 200 mm de colonne d'eau)
	ou NF EN ISO 811	$> 1\ 000$ mm
Résistance à la traction (L et T) avant et après vieillissement artificiel <sup>(1)</sup>	NF EN 12311-1	$\geq 100$ N/5 cm
Allongement à la rupture (L et T)	NF EN 12311-1	$\geq 5$ %
Transmission de la vapeur d'eau ( $s_d$ )	NF EN ISO 12572	$s_d < 0,1$ m
Souplesse à basse température à - 30 °C	NF EN 1109	Pas de déchirure

<sup>(1)</sup> 336 h UV et 90 jours à 70 °C.

**Tableau 3 - Caractéristiques minimales de l'écran de séparation spécifique**

- b)** Non-tissé synthétique de 170 g/m<sup>2</sup> au minimum défini dans le NF DTU 43.1, utilisé en procédé dit « standard ».

## 4.3 PROTECTION LOURDE

Les protections lourdes sont définies dans les tableaux 4, 4 bis et 4 ter selon la destination et l'élément porteur de la toiture-terrasse. Elles sont identiques quels que soient le type d'écran de séparation utilisé (courant ou spécifique) et la zone climatique de l'ouvrage (climat de plaine ou de montagne).

Destination de la toiture-terrasse	Nature de la protection associée	Mode de pose	Dimensionnement
Inaccessible et chemins de circulation associés	Protection meuble en granulats de granulométrie minimale 8 mm ou 16 mm (le diamètre des granulats correspond à la dimension inférieure d du tamis selon la norme NF EN 12620+A1). La granulométrie supérieure est limitée à 2/3 de l'épaisseur, soit 33 mm avec une protection de 50 mm d'épaisseur. Exemples de granulométries adaptées : 8/22, 12/20, 15/30 à 16/32. Lorsque des dalles en béton sont nécessaires en rive pour certaines typologies de bâtiments, elles sont conformes à la norme NF EN 1339 et de classe minimale S4. Les chemins de circulation sont réalisés à l'aide de dalles en béton définies dans les NF DTU 43.1 et NF DTU 43.11, conformes à la norme NF EN 1339, de 40 mm d'épaisseur minimale	Granulats mis en place sur écran de séparation.  Dalles en béton pour les chemins de circulation posées directement sur l'écran de séparation ou sur les granulats.	La résistance aux effets du vent de la protection doit être déterminée selon l'annexe C en fonction de la localisation et de la hauteur du bâtiment.
Technique, zones techniques et chemins de circulation associés, hors chemin de nacelle	Dalles préfabriquées en béton définies dans les NF DTU 43.1 et NF DTU 43.11, conformes à la norme NF EN 1339 et de classe minimale S4.	Posées à sec sur l'écran de séparation, ou posées sur la protection meuble de toiture-terrasse inaccessible.	La résistance aux effets du vent de la protection doit être déterminée selon l'annexe C en fonction de la localisation et de la hauteur du bâtiment.  Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.
Technique avec chemin de nacelle	Dallage en béton armé coulé sur une largeur limitée à 2 m environ	Pose et fractionnement conformes au NF DTU 43.1.	Le dimensionnement est réalisé selon le NF DTU 20.12, à l'aide des valeurs Rcs et ds du panneau, définies dans le tableau B.2.
Accessible aux piétons et au séjour avec dalles posées à sec <sup>(3)</sup>	Dalles préfabriquées en béton définies dans le NF DTU 43.1, conformes à la norme NF EN 1339 et de classe minimale S4, épaisseur des dalles selon C.2.2.	Pose à sec sur un lit de granulats 3/15 d'épaisseur $\geq 3$ cm <sup>(2)</sup> .	Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible définie dans le tableau B.2.
Accessible aux piétons et au séjour avec dalles sur plots	Dalles en béton définies dans les NF DTU 43.1 et NF DTU 43.11, conformes à la norme NF EN 1339, de classe T7 ou T11.	Pose sur isolant ou sur écran de séparation.	L'épaisseur des dalles est déterminée conformément au C.2.2 afin d'obtenir une résistance aux effets du vent. Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.
Accessible aux piétons et au séjour avec revêtement de sol dur <sup>(3)</sup>	Chape de mortier armé selon le NF DTU 43.1 associée à un revêtement de sol dur scellé ou collé.	Coulée sur un lit de gravillons 3/8 d'épaisseur $\geq 3$ cm surmonté d'un nontissé $\geq 170$ g/m <sup>2</sup> <sup>(2)</sup> .	Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible définie dans le tableau B.2.
Accessible aux piétons et au séjour avec pavés en béton <sup>(3)</sup>	Pavés autobloquants ou non en béton définis dans le NF DTU 43.1.	Pose sur un lit de sable d'épaisseur moyenne 6 cm.	Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible définie dans le tableau B.2.

Destination de la toiture-terrasse	Nature de la protection associée	Mode de pose	Dimensionnement
Accessible aux piétons et au séjour avec béton coulé en place	<p>Dalle en béton</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>cas d'une surface avec <math>S &gt; 500 \text{ m}^2</math> et <math>R \geq 2 \text{ m}^2.\text{K/W}</math> : dalle en béton selon le NF DTU 13.3 - Partie 2, fractionnée conformément au NF DTU 43.11<sup>(1)</sup></li> <li>cas d'une surface avec <math>S &lt; 500 \text{ m}^2</math> ou <math>R &lt; 2 \text{ m}^2.\text{K/W}</math> : dalle en béton selon NF DTU 43.1 - 6.6.3.4.2, fractionnée par des joints de largeur minimale 2 cm réalisés tous les 4 à 5 m dans les 2 sens en partie courante ainsi qu'en bordure des reliefs et des émergences<sup>(1)</sup>.</li> </ul>	Dalle en béton coulée sur un non-tissé complété d'un lit de gravillons 3/15 d'épaisseur $\geq 3 \text{ cm}$ surmonté d'un non-tissé $\geq 170 \text{ g/m}^2$ <sup>(2)</sup> .	<p>Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>cas d'une surface avec <math>S &gt; 500 \text{ m}^2</math> et <math>R \geq 2 \text{ m}^2.\text{K/W}</math> : avec les valeurs <math>R_{cs}</math> et <math>d_s</math> du panneau définies dans le tableau B.2.</li> <li>cas d'une surface avec <math>S &lt; 500 \text{ m}^2</math> ou <math>R &lt; 2 \text{ m}^2.\text{K/W}</math> : à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.</li> </ul>
Jardin	Terre végétale selon le NF DTU 43.1 ou mélange de plantations selon le NF DTU 43.11.	Mise en œuvre sur une couche drainante et une couche filtrante selon le NF DTU 43.1 ou le NF DTU 43.11.	Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.
Végétalisée	Végétalisation selon l'Avis Technique du procédé.	Pose conforme à l'Avis Technique du procédé de végétalisation sur écran de séparation.	<p>Les limites au vent sont définies dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation. Il convient de vérifier que le type de matériaux de la zone stérile prévu dans l'Avis Technique est conforme à l'annexe C.</p> <p>Il n'y a pas lieu de prendre en compte la largeur de la bande de rive telle que définie dans l'annexe C.</p> <p>Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.</p>

<sup>(1)</sup> Joint de fractionnement réalisé sur toute l'épaisseur du dallage et garni d'un dispositif imputrescible.

<sup>(2)</sup> Cette couche de désolidarisation peut être remplacée par une nappe de désolidarisation drainante sous Avis Technique visant ce domaine d'emploi.

<sup>(3)</sup> Uniquement en climat de plaine.

L'Avis Technique de certains systèmes de drainage peut indiquer une pente minimale de 2 % au minimum.

**Tableau 4 - Protections lourdes admises selon la destination sur élément porteur en maçonnerie en climat de plaine et de montagne**

Destination de la toiture-terrasse	Nature de la protection associée	Mode de pose	Dimensionnement
Inaccessible et chemins de circulation associés <sup>(1)</sup>	Protection meuble en granulats de granulométrie minimale 8 mm ou 16 mm (le diamètre des granulats correspond à la dimension inférieure d du tamis selon la norme NF EN 12620+A1). La granulométrie supérieure est limitée à 2/3 de l'épaisseur, soit 33 mm avec une protection de 50 mm d'épaisseur. Exemples de granulométries adaptées : 8/22, 12/20, 15/30 à 16/32. Lorsque des dalles en béton sont nécessaires en rive pour certaines typologies de bâtiment, elles sont conformes à la norme NF EN 1339 et de classe minimale S4. Les chemins de circulation sont réalisés à l'aide de dalles en béton définies dans les NF DTU 43.1 et NF DTU 43.11, conformes à la norme NF EN 1339, de 40 mm d'épaisseur minimale.	Granulats mis en place sur écran de séparation.  Dalles en béton pour les chemins de circulation posées directement sur l'écran de séparation ou sur les granulats.	La résistance aux effets du vent de la protection doit être déterminée selon l'annexe C en fonction de la localisation et de la hauteur du bâtiment.
Technique, zones techniques et chemins de circulation associés, hors chemin de nacelle <sup>(1)</sup>	Dalles préfabriquées en béton définies dans les NF DTU 43.1 et NF DTU 43.11, conformes à la norme NF EN 1339 et de classe minimale S4.	Posées à sec sur l'écran de séparation, ou posées sur la protection meuble de la toiture-terrasse inaccessible.	La résistance aux effets du vent de la protection doit être déterminée selon l'annexe C en fonction de la localisation et de la hauteur du bâtiment. Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.
Accessible aux piétons et au séjour avec dalles sur plots <sup>(1)</sup>	Dalles béton définies dans les NF DTU 43.1 et NF DTU 43.11, conformes à la norme NF EN 1339, de classe T7 ou T11.	Pose sur isolant ou sur écran de séparation.	L'épaisseur des dalles est déterminée conformément au C.2.2 afin d'obtenir une résistance aux effets du vent. Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.
Végétalisée <sup>(1)</sup>	Végétalisation selon l'Avis Technique du procédé.	Pose conforme à l'Avis Technique du procédé de végétalisation sur écran de séparation.	Les limites au vent sont définies dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation. Il convient de vérifier que le type de matériaux de la zone stérile prévu dans l'Avis Technique est conforme à l'annexe C. Il n'y a pas lieu de prendre en compte la largeur de la bande de rive telle que définie dans l'annexe C. Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/valeur de calcul définie dans le tableau B.2.

<sup>(1)</sup> Selon les prescriptions techniques et destinations définies l'Avis Technique de l'élément porteur en panneaux CLT.

**Tableau 4 bis - Protections lourdes admises selon la destination sur élément porteur en panneaux CLT en climat de plaine et de montagne**

Destination de la toiture-terrasse	Nature de la protection associée	Mode de pose	Dimensionnement
Inaccessible et chemins de circulation associés <sup>(1)</sup>	<p>Protection meuble en granulats de granulométrie minimale 8 mm ou 16 mm (le diamètre des granulats correspond à la dimension inférieure d du tamis selon la norme NF EN 12620+A1).</p> <p>La granulométrie supérieure est limitée à 2/3 de l'épaisseur, soit 33 mm avec une protection de 50 mm d'épaisseur.</p> <p>Exemples de granulométries adaptées : 8/22, 12/20, 15/30 à 16/32.</p> <p>Lorsque des dalles en béton sont nécessaires en rive pour certaines typologies de bâtiment, elles sont conformes à la norme NF EN 1339 et de classe minimale S4.</p> <p>Les chemins de circulation sont réalisés à l'aide de dalles en béton définies dans le NF DTU 43.1, conformes à la norme NF EN 1339, de 40 mm d'épaisseur minimale.</p>	<p>Granulats mis en place sur écran de séparation.</p> <p>Dalles en béton pour les chemins de circulation posées directement sur l'écran de séparation ou sur les granulats.</p>	La résistance aux effets du vent de la protection doit être déterminée selon l'annexe C en fonction de la localisation et de la hauteur du bâtiment.
Technique, zones techniques et chemins de circulation associés, hors chemin de nacelle <sup>(1)</sup>	Dalles préfabriquées en béton définies dans le NF DTU 43.1, conformes à la norme NF EN 1339 et de classe minimale S4.	Posées à sec sur l'écran de séparation, ou posées sur la protection meuble de la toiture-terrasse inaccessible.	<p>La résistance aux effets du vent de la protection doit être déterminée selon l'annexe C en fonction de la localisation et de la hauteur du bâtiment.</p> <p>Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible/contrainte de calcul définie dans le tableau B.2.</p>
Végétalisée <sup>(1)</sup>	Végétalisation selon l'Avis Technique du procédé.	Pose conforme à l'Avis Technique du procédé de végétalisation sur écran de séparation.	<p>Les limites au vent sont définies dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation. Il convient de vérifier que le type de matériaux de la zone stérile prévu dans l'Avis Technique est conforme à l'annexe C. Il ne tient pas lieu de prendre en compte la largeur de la bande de rive telle que définie dans l'annexe C.</p> <p>Le dimensionnement sous charges descendantes s'effectue à l'aide de la contrainte admissible définie dans le tableau B.2.</p>

<sup>(1)</sup> Selon les destinations définies dans le Document Technique d'Application de l'élément porteur en béton cellulaire autoclavé armé.

**Tableau 4 ter - Protections lourdes admises selon la destination sur élément porteur en dalles de béton cellulaire autoclavé armé en climat de plaine**

# 5 DESCRIPTION DE LA MISE EN ŒUVRE EN PARTIE COURANTE

## 5.1 CONDITIONS PRÉALABLES DES ÉLÉMENTS SOUS-JACENTS À L'ISOLATION INVERSÉE

Un ouvrage d'isolation inversée en panneaux XPS est réalisé sur un revêtement d'étanchéité mis en œuvre sur un élément porteur (maçonnerie, panneaux CLT ou dalles de béton cellulaire autoclavé) ou sur un isolant support d'étanchéité.

### 5.1.1 ÉLÉMENT PORTEUR

L'élément porteur en maçonnerie est réalisé conformément aux dispositions du NF DTU 20.12 P1.

La pente de l'élément porteur en maçonnerie est conforme au NF DTU 20.12 P1.

Pour les autres éléments porteurs, il convient de se reporter aux dispositions prévues par l'Avis Technique du procédé pour connaître les dispositions spécifiques de mise en œuvre.

### 5.1.2 REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ

Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément aux dispositions de son Document Technique d'Application.

### 5.1.3 ISOLANT NON PORTEUR SUPPORT D'ÉTANCHÉITÉ

Dans le cas où le revêtement d'étanchéité est appliqué sur un isolant non porteur support d'étanchéité, l'isolant doit être visé par une Règle professionnelle ou un DTA qui vise la pose sous protection lourde pour le même domaine d'emploi.

## 5.2 MISE EN ŒUVRE DES PANNEAUX ISOLANTS EN PARTIE COURANTE

Les panneaux sont posés en indépendance sur le revêtement d'étanchéité. Cette indépendance est obtenue en déroulant l'écran de désolidarisation, avec un recouvrement d'au moins 10 cm, sur le revêtement d'étanchéité. Cet écran n'est pas requis si le revêtement d'étanchéité est en asphalte coulé ou autoprotégé par paillettes ou granulats.

Les panneaux sont posés libres, en quinconce et jointifs en un ou deux lits (voir figures F.2a, F.2b et F.2c).

Dans le cas de pose en deux lits, les joints du lit supérieur sont décalés par rapport à ceux du lit inférieur.

L'épaisseur minimale est de 30 mm et maximale de 320 mm (en un ou deux lits).

En deux lits, l'épaisseur des panneaux constituant le lit inférieur doit être supérieure ou égale à celle des panneaux du second lit conformément au tableau 5. Elle doit être d'au moins 100 mm et d'au plus 160 mm.

En deux lits, l'utilisation de la couche de spécifique au procédé selon le 4.2.3.a) sur les panneaux, est obligatoire.

Épaisseur totale (mm)	Épaisseur du lit inférieur (mm)	Épaisseur lit supérieur (mm)
130 à 200	100	30 à 100
135 à 210	105	30 à 105
140 à 220	110	30 à 110
145 à 230	115	30 à 115
150 à 240	120	30 à 120
155 à 250	125	30 à 125
160 à 260	130	30 à 130
165 à 270	135	30 à 135
170 à 280	140	30 à 140
175 à 290	145	30 à 145
180 à 300	150	30 à 150
185 à 310	155	30 à 155
190 à 320	160	30 à 160

**Tableau 5 - Pose en deux lits - Configurations possibles**

**NOTE :** le stockage des panneaux peut être effectué en extérieur sur des aires de stockage spécialement aménagées.

## 5.3 MISE EN ŒUVRE DE L'ÉCRAN DE SÉPARATION

L'écran de séparation, choisi parmi ceux décrits au 4.2.3, est posé librement sur les panneaux en XPS.

### 5.3.1 CHOIX DE L'ÉCRAN DE SÉPARATION

En fonction du type de protection, du climat, du nombre de lits et de la performance thermique à atteindre, l'écran de séparation à mettre en œuvre est défini dans le tableau 6.

Nature de la protection	Climat		
	Plaine		Montagne
	Pose en un ou deux lits	Pose en un lit uniquement	Pose en un ou deux lits
	Système spécifique avec performance thermique améliorée <sup>(1)</sup>	Système standard avec performance thermique classique <sup>(2)</sup>	Système spécifique avec performance thermique améliorée <sup>(1)</sup>
<b>Protection meuble, protection lourde dure, système de végétalisation, terre végétale ou mélange de plantations</b>	Non-tissé spécifique (selon 4.2.3a)	Non-tissé $\geq 170$ g/m <sup>2</sup> (selon 4.2.3b)	Non-tissé spécifique (selon 4.2.3a)
<b>Dalles sur plots</b>		Eventuellement non-tissé $\geq 170$ g/m <sup>2</sup> (selon 4.2.3b)	

<sup>(1)</sup> Paramètre f.x faible pour le calcul thermique (voir fiche technique du panneau isolant).

<sup>(2)</sup> Paramètre f.x = 0,04.

**Tableau 6 - Type d'écran de séparation, selon le climat et le type de protection**

### 5.3.2 POSE DE L'ÉCRAN DE SÉPARATION

Les écrans de séparation non-tissés sont posés libres avec un recouvrement entre lés (voir figure F.5) :

- d'au moins 10 cm pour le non-tissé 170 g /m<sup>2</sup> courant ;
- d'au moins 15 cm pour l'écran spécifique au fabricant.

Quand l'élément porteur est penté, les recouvrements des lés se font dans le sens du flux d'eau.

Ces écrans doivent remonter le long des relevés et des émergences d'une hauteur égale à l'épaisseur de la protection rapportée (sauf avec une protection par dalles sur plots) majorée de 2 cm.

Dans le cas d'une protection rapportée par dalles sur plots, la majoration de 2 cm se mesure à partir du dessus des panneaux isolants.

## 5.4 MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION LOURDE RAPPORTÉE

Les protections lourdes rapportées décrites au 4.3 sont mises en œuvre selon leur document de référence (NF DTU ou Document Technique d'Application ou Avis Technique).

Dans le cas de la mise en œuvre de dalles sur plots, la contrainte admissible ou la valeur de calcul sur le panneau isolant, au droit de chaque plot, est indiquée dans le certificat ACERMI dans la limite d'une déformation maximale de 2 mm (essais de comportement sous charge maintenue en température).

Dans le cas des chemins de nacelles, les valeurs de Rcs et ds indiquées dans le certificat ACERMI permettent de dimensionner l'ouvrage en béton.

Dans le cas des terrasses techniques ou à zones techniques, des dalles posées à sec, des revêtements de sols durs, des pavés et des toitures jardins, la contrainte admissible en climat de plaine ou la valeur de calcul en climat de montagne sur le panneau isolant correspond à la valeur issue de l'essai de fluage en compression selon la norme NF EN 1606 (2 % à 50 ans), affectée d'un coefficient de sécurité de 2. À défaut, la valeur issue des essais de comportement sous charge maintenue en température pour les dalles sur plots peut être employée.

Les matériaux sont provisionnés à l'avancement avec des petits engins de chantier roulant sur des planches de répartition des charges.

## 5.5 VÉRIFICATION DU PANNEAU ISOLANT SOUS CHARGE DESCENDANTE

Selon le climat et la destination de la terrasse, le dimensionnement de l'isolant sous charge descendante est à vérifier.

La charge descendante appliquée sur l'isolant doit être inférieure ou égale à la contrainte admissible ou la charge de calcul indiquée dans le certificat ACERMI de l'isolant pour l'usage envisagé.

Elle est calculée selon les référentiels à appliquer à l'élément porteur et/ou à la destination de la toiture (voir tableau 7).

Élément porteur	Climat	Destination toiture-terrasse	Charge descendante	
			Référentiel de calcul	Limite de la charge descendante
Maçonnerie	Plaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technique ou avec zones techniques</li> <li>• Accessible avec protection sur plots</li> <li>• Jardin</li> </ul>	NF DTU 43.1-P1-1 - 5.3	Contrainte admissible
		Chemins de nacelles sur pneus	NF DTU 43.1-P1-1 + NF DTU 20.12-annexe D	Contrainte admissible
		TTV	RP TTV-V3 - 6.1.1.1	Contrainte admissible
	Montagne	Toutes destinations selon tableau 4	NF DTU 43.11-P1-1 - 6.3	Valeur de calcul
Dalles de béton cellulaire autoclavé armé	Plaine	Technique ou avec zones techniques	NF DTU 43.1-P1-1 - 5.3	Contrainte admissible
		TTV	RP TTV-V3 - 6.1.1.1	Contrainte admissible
	Montagne			
Panneaux CLT	Plaine	Technique ou avec zones techniques	NF DTU 43.4- P1-1 – 6.1.1	Contrainte admissible
		Accessible avec protection sur plots	Recommandations professionnelles RAGE « Toitures-terrasses accessibles aux piétons avec élément porteur en bois et panneaux à base de bois avec revêtement d'étanchéité » - annexe B - B4	Valeur de calcul
		TTV	RP TTV-V3 - 6.1.1.1	Contrainte admissible
	Montagne	Toutes destinations selon tableau 4 bis	NF DTU 43.11-P1-1 - 6.3	Valeur de calcul

Les cases  correspondent à des exclusions d'emploi.

**Tableau 7 - Vérification des isolants sous charge descendante - Référentiels de calcul**

# 6 DESCRIPTION DES POINTS SINGULIERS

---

Les points singuliers, reliefs, joints de dilatation, pénétrations, traversées de toiture sont traités conformément aux prescriptions des NF DTU 43.1, 43.11, du Cahier CSTB 3741\_V2, des ATec ou DTA de l'élément porteur visant son utilisation en isolation inversée de toiture-terrasse et du système de végétalisation (voir figures F.6 à F.10).

Dans le cas particulier des toitures-terrasses avec protection par dalles sur plots et dalles situées au-dessus du haut du relevé d'étanchéité, la hauteur du relevé est à compter à partir du dessus des panneaux isolants de partie courante (voir figure F.3).

## 6.1 RELEVÉS

Lorsque les relevés sont isolés thermiquement par des panneaux en polystyrène extrudé et lorsqu'ils sont visibles (pas toujours le cas avec une protection type dalles sur plots), ils doivent être protégés des rayons UV. Cette protection est réalisée à l'aide d'un dispositif ajouté sur chantier ou est directement intégrée en usine sur le panneau (voir figure F.4).

Dans le cas de terrasse accessible, la protection aux UV assure également la protection mécanique.

Les protections in situ par plaques planes en fibres-ciment d'épaisseur 6 mm conformes à la norme NF EN 12467, de catégorie A et de classe 2 sont réputées satisfaisantes en toiture inaccessible et technique si la mise en œuvre est réalisée avec une colle en cordon à base de polyuréthane mono composant sans solvant.

Le cordon doit être placé sur toute la périphérie de la plaque et former un W en son centre. Un jeu de 5 mm entre deux plaques est à préserver. Le joint doit être comblé par un cordon de mastic-colle cité dans la fiche technique du panneau de polystyrène extrudé.

L'ensemble est maintenu en tête par un étrier par panneau et en pied par la protection rapportée.

Les plaques en fibres-ciment peuvent également être collées directement en usine.

Dans le cas de toiture-terrasse accessible aux piétons, il convient d'utiliser une protection par contre-bardage ou de prévoir la mise en place de bande solin adaptée à la destination et présentant un débord compatible avec l'épaisseur d'isolant.

## 6.2 ÉVACUATION DES EAUX PLUVIALES

L'eau est évacuée à deux niveaux (voir figures F.9a à F.9c) :

- au niveau de l'étanchéité posée sur l'élément porteur ;
- au niveau de la surface des panneaux isolants en XPS.

Le dimensionnement des E.E.P. (évacuations des eaux pluviales) est réalisé conformément :

- aux NF DTU 43.1 en plaine et NF DTU 43.11 en montagne pour les éléments porteurs en maçonnerie ;
- au Cahier CSTB 3814 pour les éléments porteurs en CLT ;
- aux prescriptions de leur Avis Technique pour les autres éléments porteurs.

Les trop-pleins d'alerte sont rehaussés de 20 mm. Ils sont munis d'un garde-grève (voir figure F.10).

Une maintenance est nécessaire, à la charge du maître d'ouvrage. Elle doit être faite au minimum une fois par an et chaque fois que nécessaire, lors des visites d'entretien de la toiture-terrasse (par exemple, après de grands vents et/ou de fortes précipitations).

## 7 TRAVAUX DE RÉFECTION

---

Les travaux de réfection sont réalisés selon les dispositions du NF DTU 43.5.

L'étude des ouvrages existants, réalisée à partir des critères de conservation et de préparation des anciens revêtements d'étanchéité et des autres éléments de toiture (élément porteur, pare-vapeur, isolant thermique, protection) définis dans le NF DTU, permet de déterminer les solutions constructives relatives aux nouveaux ouvrages d'étanchéité.

S'il est envisagé de conserver la protection rapportée existante, il convient de vérifier qu'elle est conforme aux prescriptions du 4.3.

Les panneaux XPS sont mis en œuvre sur le nouveau revêtement d'étanchéité selon les prescriptions de l'article 5.

## 8 CAS PARTICULIER DU CLIMAT DE MONTAGNE

---

En climat de montagne, l'écran de séparation entre les panneaux isolants et la protection est obligatoirement constitué du non-tissé spécifique, préconisé par le fabricant des panneaux XPS.

La mise en œuvre du revêtement d'étanchéité est conforme à son Document Technique d'Application (§ Climat de montagne).

Compte tenu de la présence d'une protection lourde rapportée, la mise en œuvre de porte-neige n'est pas obligatoire. Il convient de se reporter au NF DTU 43.11 dans le cas d'un support en maçonnerie et à l'ATec ou au DTA des panneaux CLT et autres éléments porteurs, visant favorablement leur utilisation en isolation inversée en climat de montagne.

## 9 CAS DES TOITURES-TERRASSES JARDINS

---

Les revêtements d'étanchéité doivent bénéficier d'un Document Technique d'Application ou d'un Avis Technique visant leur emploi en toiture-terrasse jardin.

La couche drainante est directement mise en œuvre sur les panneaux isolants.

L'écran non-tissé spécifique est placé directement au-dessus des panneaux isolants, sous la couche drainante.

Les matériaux de drainage et la terre sont provisionnés à l'avancement avec des petits engins de chantier roulant sur des planches de répartition des charges. Ces matériaux sont répandus à la main pour éviter le poinçonnage et la détérioration des panneaux isolants.

# ANNEXE A

## FICHE TECHNIQUE D'UN PANNEAU ISOLANT CONFORME AUX RÈGLES PROFESSIONNELLES CSFE « ISOLATION INVERSÉE DE TOITURE-TERRASSE » ÉDITION JUIN 2021 - INFORMATIONS NÉCESSAIRES

### Panneaux en polystyrène extrudé (XPS) conformes aux Règles professionnelles CSFE « Isolation inversée de toiture-terrasse » - Édition juin 2021

- Nom commercial du panneau : \_\_\_\_\_
- Nom commercial de l'écran spécifique et valeur f.x associée : \_\_\_\_\_
- Nom commercial du mastic-colle pour protection en relevés : \_\_\_\_\_
- Nom du fabricant ou du distributeur : \_\_\_\_\_
- Domaine d'emploi : \_\_\_\_\_
- Numéro du certificat ACERMI du panneau : \_\_\_\_\_
- Valeur de majoration(s) thermique(s)  $\Delta\lambda_n$  et  $\Delta\lambda_{\text{inf2lits}}$ , déterminée(s) selon les règles Th-bat en vigueur et l'annexe D en fonction éventuellement de la variation de conductivité thermique suivant les plages d'épaisseurs.

Destination de la toiture-terrasse	Inaccessible	Technique, zones techniques, y compris avec chemin de nacelle	Toiture-terrasse accessible aux piétons et au séjour		Jardin	Végétalisée
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dalles préfabriquées posées à sec</li> <li>• Dalles sur plots</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revêtement de sol dur</li> <li>• Pavés en béton</li> <li>• Béton coulé en place</li> </ul>		
Majoration $\Delta\lambda_n$ (W/(m.K))	Valeur protection ouverte <sup>(1)</sup>	Valeur protection ouverte <sup>(1)</sup>	Valeur protection fermée	Valeur protection fermée		

<sup>(1)</sup> cas des planchers chauffants avec température du revêtement d'étanchéité < 30 °C :  $\Delta\lambda_n$  = valeur protection fermée

**Tableau A.1 - Majoration de conductivité thermique  $\Delta\lambda_n$  selon la nature de la protection, ouverte ou fermée**

- Date d'édition et numéro de version de la fiche technique : \_\_\_\_\_
- Date de validité : cinq ans.
- Tableau de caractéristiques d'aptitude à l'emploi certifiées : \_\_\_\_\_  
(Établi selon la nature de l'isolant, à partir des tableaux de caractéristiques d'aptitude à l'emploi certifiées de l'annexe B).

# ANNEXE B CARACTÉRISTIQUES D'APTITUDE À L'EMPLOI CERTIFIÉES DES PANNEAUX ISOLANTS XPS

Les caractéristiques d'aptitude à l'emploi certifiées sont définies dans les tableaux B.1 et B.2 ci-dessous.

Caractéristiques		Valeurs spécifiées	Unités	Référentiels d'essais	
Dimensions	Longueur L	≤ 1 250 Tolérance ± 6	mm mm	NF EN 822	
	Largeur l	≤ 600 Tolérance ± 6	mm mm	NF EN 822	
	Classe de tolérance d'épaisseur	T1	mm	NF EN 823	
	Tolérance de planéité	≤ 6	mm	NF EN 825	
	Tolérance d'équerrage	≤ 5	mm/m	NF EN 824	
Mécaniques	Contrainte minimale de compression pour un écrasement à 10 %	CS(10\Y) 300	kPa	NF EN 826	
	Classe de compressibilité	Classe C <sup>(3)</sup>	/	Référentiels d'essais - Règles professionnelles Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde et Règles professionnelles Isolation inversée de toiture-terrasse	§3
	Résistance à la traction perpendiculaire aux faces <sup>(1)</sup>	TR200	kPa	NF EN 1607	
Stabilité dimensionnelle	Variations dimensionnelles à l'état libre de déformation (60 °C)	≤ 0,5 5 <sup>(4)</sup>	% mm sur panneaux entiers	Référentiels d'essais - Règles professionnelles Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde et Règles professionnelles Isolation inversée de toiture-terrasse	§4
	Incurvation sous l'effet d'un gradient thermique (60 °C)	≤ 10 <sup>(2)</sup>	mm		§5
Comportement à l'eau	Absorption d'eau à long terme par immersion totale - WL(T)	≤ 0,7	% volumique	NF EN 12087	
	Absorption d'eau à long terme par diffusion - WD(V)	≤ 3	% volumique	NF EN 12088	
	Absorption d'eau additionnelle due au gel - dégel - FTCD	1	% volumique	NF EN 12088 NF EN 12091	
Réaction au feu		E	Euroclasse	NF EN 13501-1	

<sup>(1)</sup> Pour les produits multicouches selon NF EN 13164+A1.

<sup>(2)</sup> Épaisseur testée : minimale ou épaisseur moyenne ou 100 mm, au choix du fabricant.

<sup>(3)</sup> Épaisseurs testées : mini et maxi en 1 ou 2 lits.

<sup>(4)</sup> Épaisseurs testées : mini et maxi.

**Tableau B.1 - Panneaux XPS en isolation inversée de toiture-terrasse inaccessible - Caractéristiques d'aptitude à l'emploi certifiées**

Accessibilité de la toiture	Caractéristiques	Unités/spécificité	Référentiels d'essais	Valeur de calcul ou contrainte admissible <sup>(5)</sup>
Technique avec chemin de nacelle Accessible aux piétons et au séjour avec béton coulé en place : cas d'une surface avec $S > 500 \text{ m}^2$ et $R \geq 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	Résistance de service en compression $R_{cs}$  Déformation de service $ds_{\text{mini}}$  Déformation de service $ds_{\text{max}}$	kPa  %  %	Référentiels d'essais - Règles professionnelles Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde et Règles professionnelles Isolation inversée de toiture-terrasse  §8	$R_{cs}$ et $E_s$ <sup>(1)</sup>
Accessible aux piétons avec dalles sur plots	Comportement sous charge maintenue pour un tassement $\leq 2 \text{ mm}$	Épaisseur maxi en 1 ou 2 lits	Référentiels d'essais - Règles professionnelles Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde et Règles professionnelles Isolation inversée de toiture-terrasse  §6	$\frac{Q^{(2)}}{2}$
Accessible aux piétons (protections autres que dalles sur plots et autres que béton coulé en place dans le cas d'une surface avec $S > 500 \text{ m}^2$ et $R \geq 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) Technique Végétalisée Jardin	Fluage en compression sous une charge et extrapolé à 50 ans <sup>(4)</sup>	kPa	NF EN 1606	$\frac{CC(2/1,5/50) \sigma^{(3)}}{2}$

<sup>(1)</sup>  $E_s$  : module d'élasticité égal à  $0,6 \times R_{cs} / ds_{\text{moyen}}$ .

<sup>(2)</sup>  $Q$  : contrainte d'essai.

<sup>(3)</sup> Contrainte de fluage en compression.

<sup>(4)</sup> À défaut, la caractéristique de comportement sous charge maintenue pour l'accessibilité avec dalles sur plots peut être utilisée.

<sup>(5)</sup> Valeur de calcul selon le NF DTU 43.11 et contrainte admissible selon le NF DTU 43.1.

**Tableau B.2 - Panneaux XPS en isolation inversée de toiture-terrasse technique, accessible piétons, jardin ou végétalisée**  
- Caractéristiques d'aptitude à l'emploi certifiées additionnelles

# ANNEXE C MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT DES LESTAGES

Cadre de validité de la méthode :

- il n'y a pas lieu de prendre en compte des effets dynamiques du vent sur la structure ( $c_s \cdot c_d = 1$  selon la norme NF EN 1991-1-4 - § 6) ;
- le coefficient d'orographie ( $c_o(z)$ ) induit par la présence de collines, falaises, etc. est pris par hypothèse égal à 1 (NF EN 1991-1-4 - § 4.3.3). L'orographie est toutefois à prendre en compte lorsque nécessaire ;
- $c_{prob} = 1$  selon NF EN 1991-1-4 ;
- bâtiment de 50 m de hauteur maximale.

**NOTE :** cette méthode permet de calculer le lestage de manière forfaitaire sans tenir compte de la hauteur de l'acrotère.

## C.1 PREMIÈRE ÉTAPE : LOCALISATION DU CHANTIER

### C.1.1 ZONE DE VENT

La zone de vent doit être reprise des pièces du marché ou définie selon la clause 4.2(1)P NOTE 2 de l'annexe nationale à la norme NF EN 1991-1-4. Cette présente annexe est valable pour les zones de vent 1 à 4 (France métropolitaine).

### C.1.2 RUGOSITÉ

Les Documents Particuliers du Marché préciseront la rugosité (catégorie de terrain) retenue selon la clause 4.3.2(1) de l'annexe nationale à la norme NF EN 1991-1-4 (voir tableau C.1). À défaut, on peut prendre en compte par simplification, les catégories de terrains suivantes selon la topographie du site de l'ouvrage :

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

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

**Tableau C.1 - Définitions des catégories de terrain**

### C.1.3 HAUTEUR DE TOITURE

Dans la méthode, la hauteur de la toiture correspond à la hauteur de référence pour le bâtiment, sans tenir compte de l'acrotère, soit la hauteur  $h$  déterminée en conformité avec la norme NF EN 1991-1-4 (Eurocode 1 - partie 1-4).

## C.2 DEUXIÈME ÉTAPE : CHOIX DE LA PROTECTION

### C.2.1 TOITURES-TERRASSES INACCESSIBLES ET TECHNIQUES

#### C.2.1.1 IDENTIFICATION DES SOLUTIONS ADMISSIBLES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DU BÂTIMENT

Le tableau C.2 indique le niveau de performance (P1 à P6) minimal à utiliser pour le lestage des panneaux isolants en isolation inversée, en fonction de la hauteur du bâtiment et des paramètres du site (zone de vent et rugosité).

P1 est le premier niveau de résistance au vent, P6 est le type de protection offrant la résistance au vent la plus forte.

Classe de terrain	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 1	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 2	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 3	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 4						
Classe 0	0-4	P2A/P2B	0-5	P3A/P3B	0-4	P4	0-4	P5A/P5B						
	≤ 10	P3A/P3B	≤ 8	P4	≤ 8	P5A/P5B	≤ 9	P6A/P6B						
			≤ 19	P5A/P5B	≤ 18	P6A/P6B								
	≤ 15	P4												
	≤ 50	P5A/P5B					≤ 50	P6A/P6B						
			≤ 45	P6A/P6B										
	≤ 50		≤ 50											
Classe II	0-6	P1	0-4	P1	0-10	P3A/P3B	0-6	P3A/P3B						
			≤ 6	P2A/P2B										
	≤ 11	P2A/P2B	≤ 19	P3A/P3B	≤ 16	P4	≤ 11	P4						
									≤ 32	P3A/P3B	≤ 26	P4	≤ 20	P5A/P5B
	≤ 46	P4	≤ 40	P5A/P5B	≤ 39	P6A/P6B								
							≤ 50	P6A/P6B						
	≤ 50	P5A/P5B	≤ 50	P6A/P6B	≤ 50									

Classe de terrain	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 1	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 2	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 3	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 4
Classe IIIa	0-15	P1	0-8	P1	0-8	P1	0-6	P1
			0-11	P1	≤ 22	P3A/P3B	≤ 14	P3A/P3B
			≤ 13	P2A/P2B				
	≤ 23	P2A/P2B	≤ 38	P3A/P3B	≤ 38	P4	≤ 23	P4
			≤ 50	P3A/P3B	≤ 50	P4	≤ 40	P5A/P5B
	P4	≤ 50				P6A/P6B		
	≤ 50						≤ 50	
Classe IIIb	0-29	P1	0-21	P1	0-16	P1	0-12	P1
			0-21	P1	≤ 40	P3A/P3B	≤ 26	P3A/P3B
			≤ 24	P2A/P2B				
	≤ 41	P2A/P2B	≤ 50	P3A/P3B	≤ 50	P5A/P5B	≤ 43	P4
			≤ 50	P3A/P3B	≤ 50		≤ 50	P6A/P6B
Classe IV	0-48	P1			0-35	P1	0-27	P1
			0-35	P1	≤ 28	P2A/P2B	≤ 45	P3A/P3B
			≤ 43	P2A/P2B	≤ 50	P3A/P3B		
			≤ 50	P3A/P3B				
	≤ 50	P2A/P2B	≤ 50		≤ 50	P4		

Les cases   correspondent aux cas non visés par la méthode.

**Tableau C.2 - Niveau minimal de performance du lestage suivant la zone de vent et la rugosité**

## C.2.1.2 CHOIX DE LA SOLUTION PARMIS LES NIVEAUX DE PERFORMANCES IDENTIFIÉS AU C.2.1.1

Niveau de performance	Protection en zone de rive <sup>(1)</sup>	Protection en zone centrale <sup>(1)</sup>	Système
P1	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 8 mm mini.	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 8 mm mini.	P1 (voir figure C.1)
P2	Dalle béton 40 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 8 mm mini.	P2A (voir figure C.2a)
	Dalle béton 40 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	Dalle béton 40 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	P2B (voir figure C.2b)
P3	Dalle béton 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 8 mm mini.	P3A (voir figure C.3a)
	Dalle béton 40 mm à sec	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 8 mm mini.	P3B (voir figure C.3b)
P4	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 16 mm mini.	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 16 mm mini.	P4 (voir figure C.4)
P5	Dalle béton 40 mm à sec	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 16 mm mini.	P5A (voir figure C.5a)
	Dalle béton 40 mm à sec	Dalle béton 40 mm à sec	P5B (voir figure C.5b)
P6	2 x Dalle béton 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	Granulats 50 mm d'épaisseur Ø 16 mm mini.	P6A (voir figure C.6a)
	2 x Dalle 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	2 x Dalle béton 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	P6B (voir figure C.6b)

<sup>(1)</sup> Les zones de rive et centrale sont définies au C.2.1.3.

**Tableau C.3 - Type de protection suivant la zone considérée et le niveau de performance du lestage en toiture-terrasse inaccessible**

Niveau de performance	Protection en zone de rive <sup>(1)</sup>	Protection en zone centrale <sup>(1)</sup>	Système
P2	Dalle béton 40 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm min.	Dalle béton 40 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	P2B (voir figure C.2b)
P3	Dalle béton 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm min.	Dalle béton 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	P3C (voir figure C.3c)
P5	Dalle béton 40 mm à sec	Dalle béton 40 mm à sec	P5B (voir figure C.5b)
P6	2 x Dalle 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm min.	2 x Dalle béton 50 mm sur 50 mm de granulats Ø 8 mm mini.	P6B (voir figure C.6b)

<sup>(1)</sup> Les zones de rive et centrale sont définies au C.2.1.3.

**Tableau C.3 bis - Type de protection suivant la zone considérée et le niveau de performance du lestage en toiture-terrasse technique**

**NOTES :**

- les dalles en béton bénéficient de la marque NF 187 « Dalles de voirie et toiture en béton ».
- les dalles ne doivent pas être recoupées. Dans le cas de coupe localisée, la dalle doit être liaisonnée aux dalles voisines.
- le diamètre des granulats (Ø) correspond à la dimension inférieure d du tamis selon la norme NF EN 12620+A1.

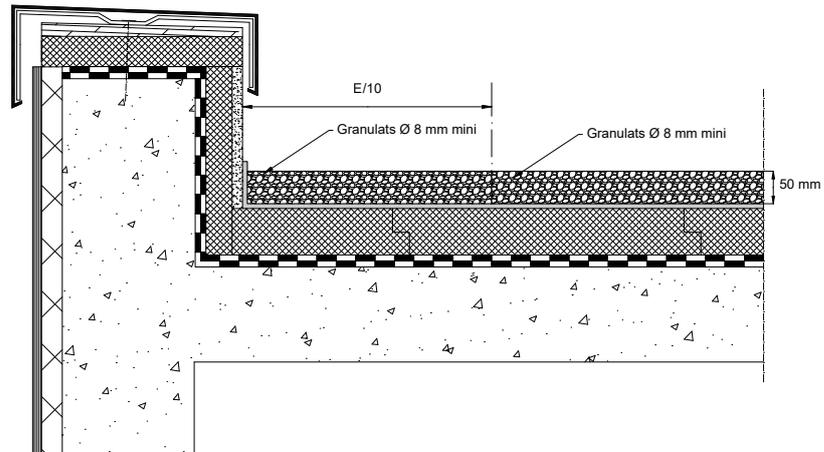


Figure C.1 - Protection P1

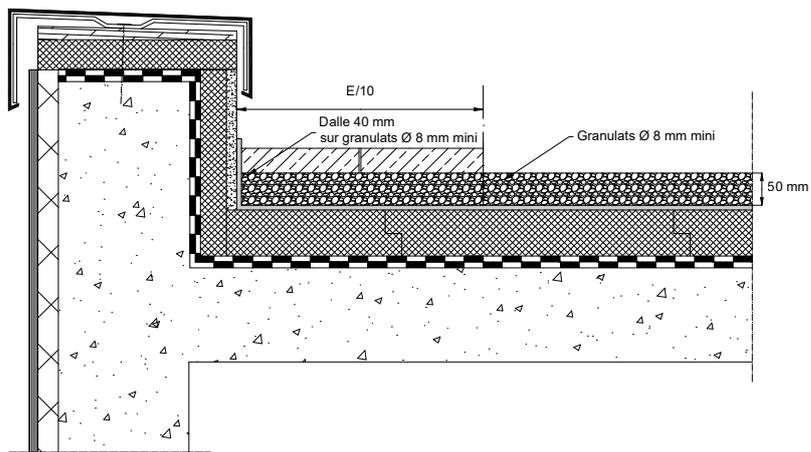


Figure C.2a - Protection P2A

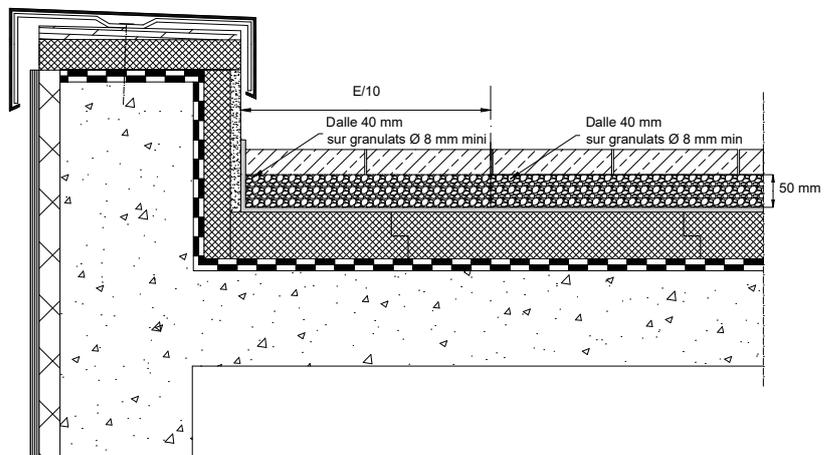


Figure C.2b - Protection P2B

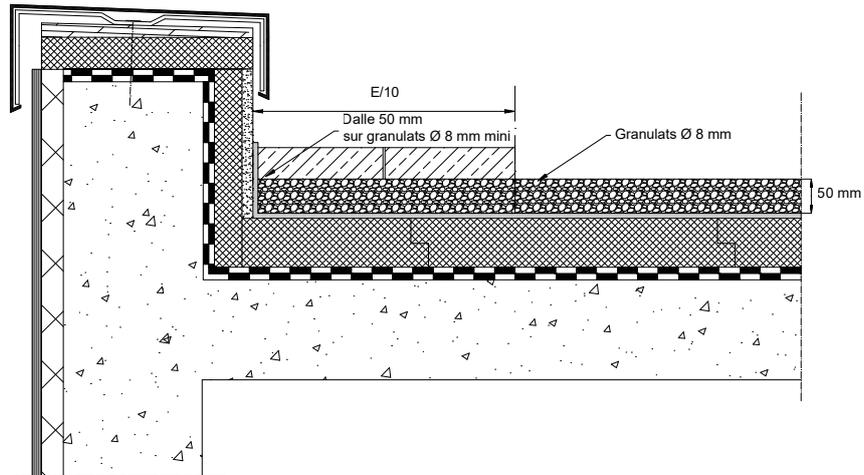


Figure C.3a - Protection P3A

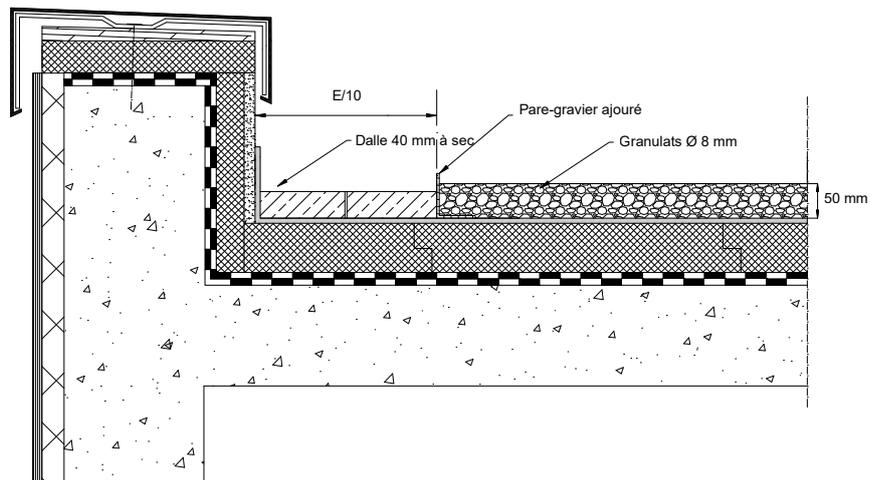


Figure C.3b - Protection P3B

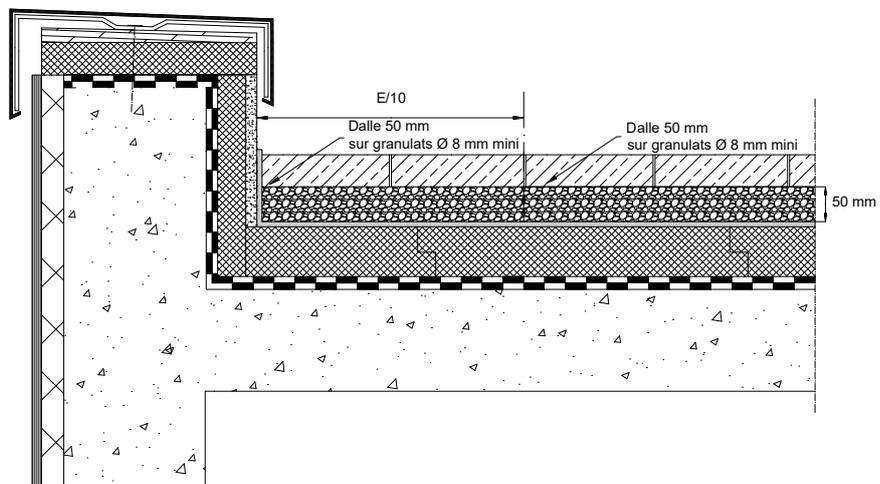


Figure C.3c - Protection P3C

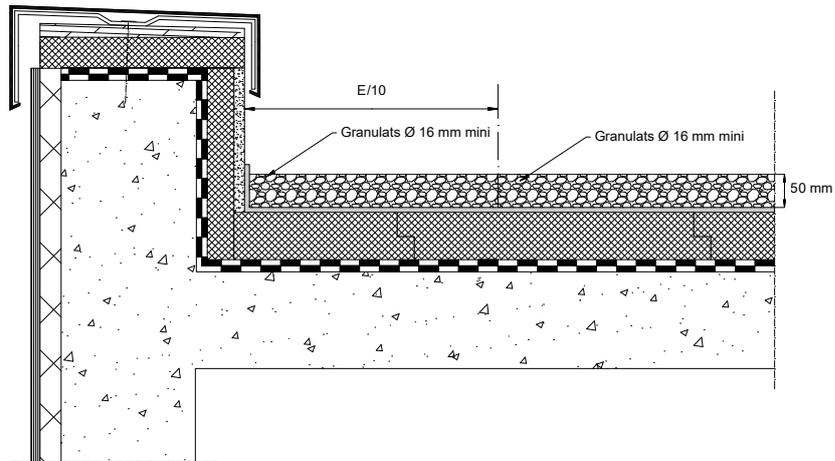


Figure C.4 - Protection P4

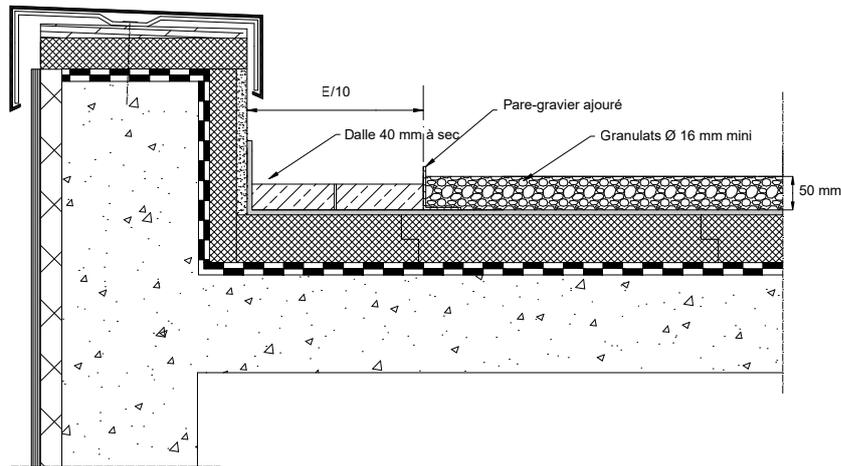


Figure C.5a - Protection P5A

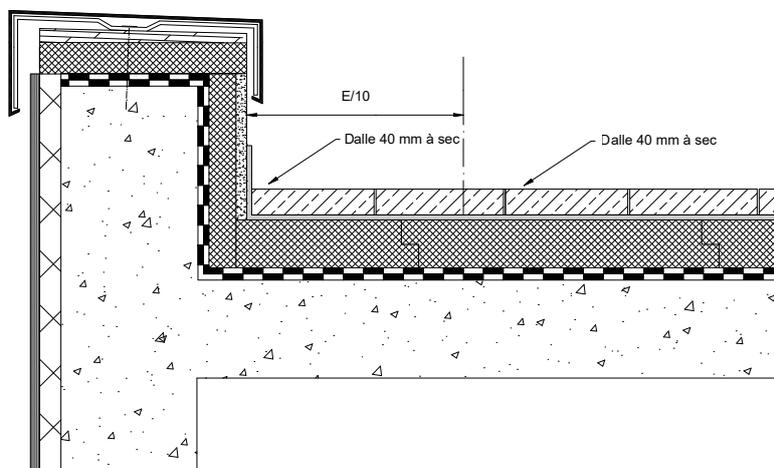


Figure C.5b - Protection P5B

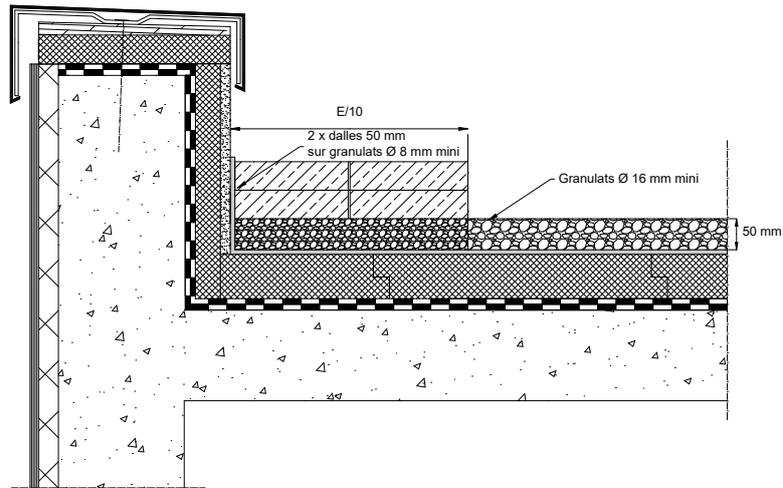


Figure C.6a - Protection P6A

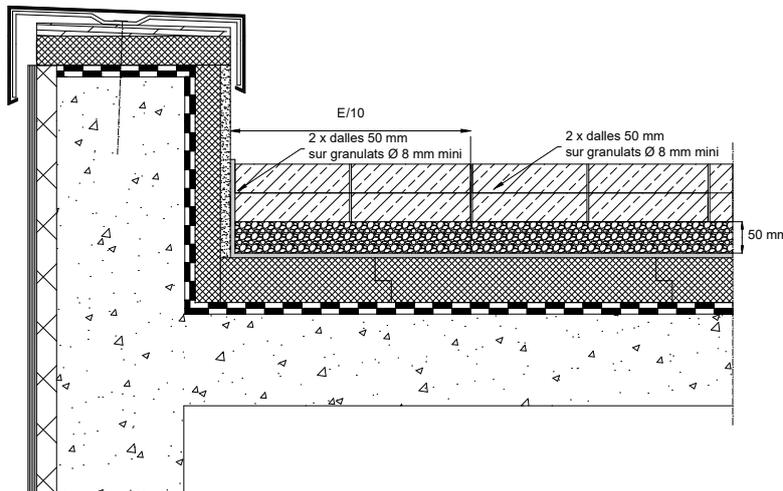
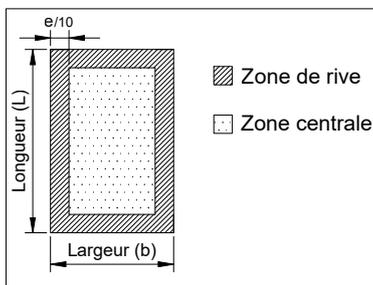


Figure C.6b - Protection P6B

### C.2.1.3 DIMENSIONNEMENT DE LA BANDE DE RIVE ET ANGLES POUR LES SYSTÈMES P2A, P3A, P3B, P5A, P6A

#### C.2.1.3.1 Zone de rive



La toiture est divisée en deux parties, la zone de rive (angles et pourtour de la toiture) et la zone centrale.

#### C.2.1.3.2 Largeur de la bande de rive

La largeur de la bande de rive, nécessitant plus de lestage que la partie centrale, est calculée en fonction des dimensions du bâtiment.

Largeur de la bande de rive =  $e/10$

$e$  étant le minimum entre la longueur ( $L$ ) de la toiture et 2 fois sa hauteur  $h$ .

Dans tous les cas, la bande de rive ne pourra être d'une largeur inférieure à 1 m.

### C.2.2 TOITURES-TERRASSES ACCESSIBLES AVEC DALLES SUR PLOTS OU POSÉES À SEC : CHOIX DE L'ÉPAISSEUR MINIMALE SELON LA LOCALISATION ET LA HAUTEUR DU BÂTIMENT

Classe de terrain	Hauteur toiture (m)	Zone de vent 1	Zone de vent 2	Zone de vent 3	Zone de vent 4
Classe 0	0-6	40 mm	40 mm	50 mm	50 mm
	≤ 9		50 mm		
	≤ 15				
	≤ 18	50 mm	50 mm		
	≤ 45				
	≤ 50				
Classe II	0-5	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
	≤ 9			50 mm	50 mm
	≤ 16		50 mm		
	≤ 20			50 mm	50 mm
	≤ 32				
	≤ 39				
	≤ 50	50 mm	50 mm		
Classe IIIa	≤ 12	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
	≤ 19			50 mm	50 mm
	≤ 32				
	≤ 41		50 mm	50 mm	
	≤ 50				
Classe IIIb	≤ 22	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
	≤ 34			50 mm	50 mm
	≤ 50				
Classe IV	≤ 39	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
	≤ 50			50 mm	50 mm

Les cases  correspondent aux cas non visés par la méthode.

**Tableau C.4 - Épaisseur minimale suivant la localisation et la hauteur du bâtiment**

**NOTE :** les dalles en béton bénéficient de la marque NF 187 « Dalles de voirie et toiture en béton ». Elles ne doivent pas être recoupées. Dans le cas de coupe localisée, la dalle doit être liaisonnée aux dalles voisines.

# ANNEXE D DÉTERMINATION DE LA VALEUR DE MAJORATION $\Delta\lambda_h$

Pour l'usage en isolation inversée de toiture-terrasse, il convient de tenir compte d'une correction de la valeur de conductivité thermique déclarée des panneaux isolants XPS. En effet, la conductivité thermique déclarée au sens de la norme NF EN 13164+A1 représente la valeur attendue du produit avec un vieillissement de 25 ans dans des conditions standards (isolation par l'intérieur par exemple). Puisque l'usage des panneaux en isolation inversée se réalise dans des conditions plus sévères que la normale, il convient d'évaluer la pénalité à appliquer pour obtenir la conductivité thermique utile ( $\lambda_{\text{utile}}$ ) dans cette application.

$$\lambda_{\text{utile}} = \lambda_D + \Delta\lambda_h$$

$\lambda_{\text{utile}}$  : conductivité thermique utile ;

$\lambda_D$  : conductivité thermique certifiée selon la NF EN 13164 et certifiée ACERMI. Dans le cas où le produit ne bénéficie pas d'une valeur de conductivité thermique certifiée par ACERMI ou par un système de vérification de la constance de performance thermique de niveau équivalent à un marquage CE de système 1+, il conviendra de multiplier la valeur déclarée de conductivité thermique par 1,15.

$\Delta\lambda_h$  : majoration de conductivité thermique suivant le type de protection, exprimée en W/m.

**NOTE :** la majoration de conductivité thermique est arrondie par excès à 0,0005 W/m·K.

Les différentes valeurs de la majoration suivant les types de protection sont indiquées sur le certificat ACERMI. Elles peuvent être établies par ACERMI sans essais spécifiques suivant D.1.1 ou avec essais spécifiques suivant D.1.2.

## D.1 MAJORATION DE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE $\Delta\lambda_h$

### D.1.1 VALEUR DE MAJORATION DE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE $\Delta\lambda_h$ SANS ESSAIS SPÉCIFIQUES POUR LA DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE CONVERSION

Si le panneau isolant n'a pas fait l'objet d'essais spécifiques, alors le coefficient de conversion standard de 2,5 (selon NF EN ISO 10456) est retenu et les valeurs tabulées suivantes s'appliquent. Elles sont fonction de la conductivité thermique certifiée des produits et de la protection, ouverte ou fermée.

Conductivité thermique $\lambda_D$	Majoration de conductivité thermique (W/m·K)	
	Protection ouverte	Protection fermée
0,027	0,0015	0,003
0,028	0,0015	0,003
0,029	0,0015	0,0035
0,03	0,002	0,0035
0,031	0,002	0,0035
0,032	0,002	0,0035
0,033	0,002	0,0035
0,034	0,002	0,004
0,035	0,002	0,004
0,036	0,002	0,004
0,037	0,002	0,004
0,038	0,002	0,004
0,039	0,002	0,0045
0,04	0,0025	0,0045
0,041	0,0025	0,0045
0,042	0,0025	0,0045
0,043	0,0025	0,005
0,044	0,0025	0,005
0,045	0,0025	0,005

Tableau D.1 - Valeurs tabulées de majoration de conductivité thermique  $\Delta\lambda_h$ 

### D.1.2 VALEUR DE MAJORATION DE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE $\Delta\lambda_h$ AVEC ESSAIS SPÉCIFIQUES POUR LA DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE CONVERSION

Dans ce cas, la formule suivante est appliquée :

$$\Delta\lambda_h = \lambda_D \cdot F_m - \lambda_D$$

avec  $F_m = e \cdot f_\psi \cdot \Psi_{cor}$

$\lambda_D$  conductivité thermique certifiée selon la NF EN 13164+A1 et certifiée ACERMI. Dans le cas où le produit ne bénéficie pas d'une valeur de conductivité thermique certifiée par ACERMI ou par un système de vérification de la constance de performance thermique de niveau équivalent à un marquage CE de système 1+, il conviendra de multiplier la valeur déclarée de conductivité thermique par 1,15 ;

$F_m$  facteur de conversion lié à l'humidité ;

$f_\psi$  coefficient de conversion relatif à la teneur en humidité volumique de l'isolant selon D.2 ;

$\Psi_{cor}$  teneur en humidité volumique : 0,02 pour les protections ouvertes sans plancher chauffant, 0,04 pour les protections fermées ou ouvertes avec plancher chauffant.

## D.2 ESSAIS SPÉCIFIQUES DE DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE CONVERSION RELATIF À LA TENEUR EN HUMIDITÉ VOLUMIQUE DE L'ISOLANT

Le coefficient de conversion lié à l'humidité  $f_{\psi}$  peut être déterminé par essais selon l'EAD 040650-00-1201, réalisés par un laboratoire indépendant.

### D.2.1 PRINCIPE

Le coefficient de conversion lié à l'humidité  $f_{\psi}$  est déterminé à partir de la mesure de la conductivité thermique du produit isolant à différentes conditions d'humidité. Le conditionnement en humidité des échantillons est réalisé par application de l'essai d'absorption d'eau par diffusion (NF EN 12088).

### D.2.2 MATÉRIELS

- Banc d'essai d'absorption d'eau par diffusion ;
- Conductimètre de type fluxmètre (à un seul échantillon) ;
- Film polyéthylène permettant d'ensacher de façon étanche les éprouvettes.

### D.2.3 ÉPROUVETTES

- Cinq éprouvettes de dimensions latérales 500 mm x 500 mm et d'épaisseur 50 mm, issues de différents lots de production.

**NOTE :** si l'épaisseur minimale de la gamme commercialisée est supérieure à 50 mm, alors l'épaisseur minimale disponible sera utilisée pour les essais.

### D.2.4 PROTOCOLE

- Les éprouvettes sont séchées à 70 °C jusqu'à masse constante, à savoir, jusqu'à ce que la variation de masse de l'éprouvette soit inférieure à 0,1 % de la masse initiale entre deux pesées hebdomadaires.
- La conductivité thermique est déterminée à la température moyenne de  $10 \pm 3$  °C selon la norme NF EN 12667 à l'aide d'un conductimètre de type fluxmètre dont l'écart de température entre la plaque chaude et la plaque froide est compris entre 10 et 15 °C.
- La valeur moyenne  $\lambda_{10dry}$  est exprimée à 0,0001 W/(m.K) près.
- L'absorption d'eau des éprouvettes est forcée en appliquant un essai d'absorption d'eau par diffusion selon la NF EN 12088, jusqu'à ce que celle-ci atteigne une valeur comprise entre 1 et 2 % en volume. Si besoin, la période d'essai de 28 jours sera prolongée pour atteindre la plage d'absorption requise.
- L'éprouvette est retournée tous les 7 jours.
- L'essai est stoppé si le niveau d'absorption d'eau de 1 à 2 % n'est pas atteint après 84 jours. Dans ce cas, les éprouvettes ayant subi l'essai pendant 84 jours seront utilisées pour les étapes suivantes du protocole.
- Les éprouvettes sont enveloppées dans un film polyéthylène ou placées dans un sac étanche scellé puis conditionnées à  $23 \pm 5$  °C pendant 3 semaines pour homogénéiser la distribution de l'humidité absorbée pendant l'essai préalable.
- La mesure de conductivité thermique des éprouvettes est réalisée à la température moyenne de  $10 \pm 3$  °C selon la norme NF EN 12667 avec un conductimètre de type fluxmètre dont l'écart de température entre la plaque chaude et la plaque froide est compris entre 4 et 6 °C. Les éprouvettes sont scellées dans une enveloppe étanche pour éviter les pertes d'humidité pendant la mesure. La plaque inférieure du conductimètre est utilisée comme plaque chaude et la plaque supérieure comme plaque froide. Le sens du flux et le faible écart de température permettent de limiter la migration d'humidité au sein de l'éprouvette pendant la mesure.

- L'étape suivante consiste à placer à nouveau les éprouvettes dans le banc d'absorption d'eau jusqu'à ce que celles-ci absorbent 3 à 5 % d'eau en volume. L'essai d'absorption d'eau sera prolongé au delà de 28 jours si besoin pour atteindre la plage souhaitée.
  - L'éprouvette est retournée tous les 7 jours.
  - L'essai est stoppé si le niveau d'absorption d'eau de 3 à 5 % n'est pas atteint après 84 jours. Dans ce cas, les éprouvettes ayant subi l'essai pendant 84 jours seront utilisées pour les étapes suivantes du protocole.
  - Le coefficient de conversion lié à l'humidité calculé est applicable uniquement jusqu'au taux d'absorption d'eau atteint lors de l'essai.
- Les éprouvettes sont enveloppées dans un film polyéthylène ou placées dans un sac étanche scellé puis conditionnées à  $23 \pm 5$  °C pendant 3 semaines pour homogénéiser la distribution de l'humidité absorbée pendant l'essai préalable.
- La mesure de conductivité thermique est réalisée selon les dispositions précédentes avec un écart de température de 4 à 6 °C.
- La pente moyenne de la courbe est déterminée par régression.
- $\lambda_{10\psi}$  correspond à la valeur de la conductivité thermique déterminée à partir de la courbe à une teneur en humidité  $\psi$  après l'étape d'absorption à 3-5 %.
- Le coefficient de conversion lié à l'humidité ( $f_\psi$ ) est déterminé conformément à la norme NF EN ISO 10456 :

$$f_\psi = \frac{\ln \frac{\lambda_{10\psi}}{\lambda_{10dry}}}{\psi}$$

- $f_\psi$  coefficient de conversion relatif à la teneur en humidité volumique de l'isolant ;
- $\lambda_{10dry}$  conductivité thermique de l'isolant à l'état sec ;
- $\lambda_{10\psi}$  conductivité thermique de l'isolant après absorption d'eau par diffusion ;
- $\psi$  teneur en humidité volumique correspondant à  $\lambda_{10\psi}$ .
- Restrictions concernant l'application de la méthode :
  - si l'absorption d'eau de l'éprouvette n'a pas atteint 3-5 %, le calcul du coefficient  $f_\psi$  est applicable uniquement jusqu'à la teneur en humidité atteinte ;
  - la valeur calculée  $f_\psi$  ne sera pas inférieure à 1,5 et/ou 60 % des coefficients de conversion liés à l'humidité mentionnée dans la norme NF EN ISO 10456 (la valeur numérique la plus élevée sera utilisée) <sup>(1)</sup>.

**NOTE 1 :** les restrictions mentionnées ci-dessus sont nécessaires pour éviter les erreurs d'extrapolation, une mauvaise interprétation de la méthode, de façon à limiter le risque de mesures inexactes.

**NOTE 2 :** le coefficient de conversion  $f_\psi$  est arrondi à 0,1 près.

<sup>(1)</sup> Si la valeur est inférieure à 1,5 et/ou 60 % des coefficients de conversions mentionnés dans la norme NF EN ISO 10456, alors la valeur est prise égale à 1,5 et/ou 60 % (la valeur numérique la plus élevée sera utilisée).

# ANNEXE E DÉTERMINATION DU PARAMÈTRE F.X

Cette Annexe définit la méthode de détermination du paramètre  $f.x$ , caractérisant l'infiltration d'eau entre les panneaux XPS d'une toiture en isolation inversée.

## E.1 PRINCIPE

Le principe consiste à mesurer la quantité d'eau passant à travers l'isolation inversée pour différents débits.

## E.2 MATÉRIELS

- un cadre support, de taille minimale 3,6 m x 2,4 m ;
- un dispositif de pulvérisation d'eau permettant de contrôler le débit d'eau. Les buses de pulvérisation sont positionnées à 1,5 m au-dessus de la surface de l'échantillon. Le type et le nombre de buses sont tels que la pulvérisation doit être répartie de façon égale sur toute la surface de l'échantillon. Par exemple, pour une surface en pente de 3,6 x 2,4 m<sup>2</sup>, quatre buses sont disposées en rectangle, à 1 m des bords latéraux et 0,30 m du bord supérieur, et l'écartement entre deux buses situées d'un même côté est de 1 m ;
- un dispositif de gouttière nécessaire pour recueillir l'eau aux points de sortie du dispositif ;
- un dispositif pour mesurer l'eau à partir des points de collecte, soit à l'aide d'un débitmètre, soit par pesée.

## E.3 ÉPROUVETTE

La taille minimale de la surface testée est de 3,6 x 2,4 m<sup>2</sup><sup>(1)</sup>. Elle est montée dans le cadre avec une pente de 2,5 % (1,4 °). L'essai peut être réalisé avec une pente nulle pour les systèmes revendiquant une telle pose. Une modification appropriée du système de collecte doit dans ce cas être apportée (c'est-à-dire collecte sur les quatre côtés et rideau résistant à l'eau positionné autour de l'échantillon pour empêcher la « sur-pulvérisation »).

La maquette est constituée d'un support approprié tel que par exemple, un bac acier standard sur lequel est fixé un panneau de contreplaqué. Le panneau de contreplaqué est recouvert d'une membrane d'étanchéité dont les extrémités sont reliées en périphérie à une première gouttière.

L'isolation thermique est posée en quinconce, conformément à la pratique normale (voir figure E.1), sur la membrane. Une bande de polyéthylène est ensuite liée au bord supérieur des panneaux d'isolation, à l'extrémité inférieure de l'échantillon. Cette bande tombe dans une deuxième gouttière. Si un écran filtrant ou résistant au passage de l'eau est préconisé, celui-ci est ensuite posé sur les panneaux et tombe également dans la deuxième gouttière. L'écran est positionné en respectant a minima un recouvrement dans chaque direction sur la surface (voir figure E.2).

Une couche de 50 mm de graviers (diamètre de 16 à 32 mm) est disposée au-dessus.

L'essai doit être effectué sur l'épaisseur minimale d'isolation thermique revendiquée.

<sup>1)</sup> La taille minimale de 3,6 x 2,4 m<sup>2</sup> s'applique à la dimension standard des panneaux (1 200 mm x 600 mm). Pour des panneaux de dimensions supérieures, la surface d'essai doit être augmentée en conséquence.

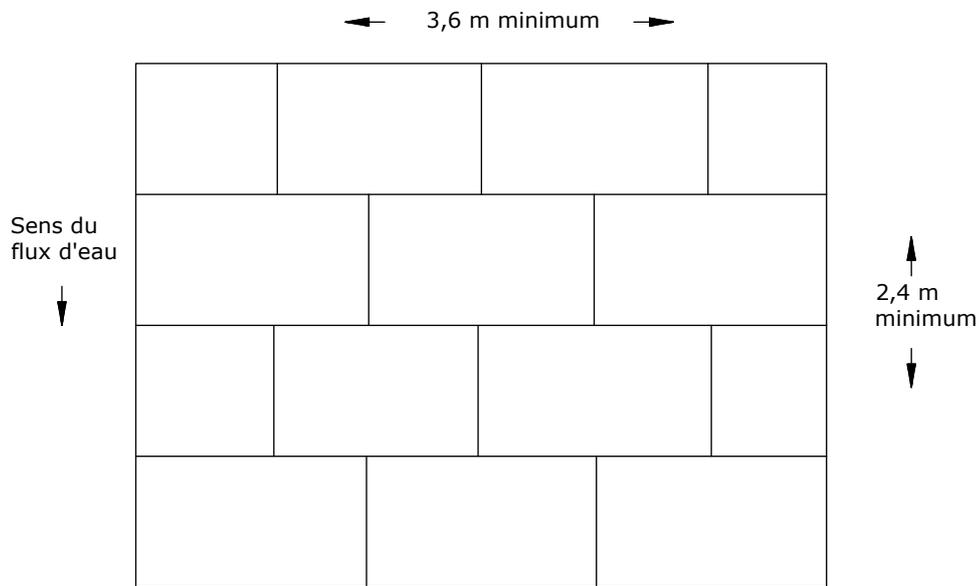


Figure E.1 - Exemple de positionnement des panneaux

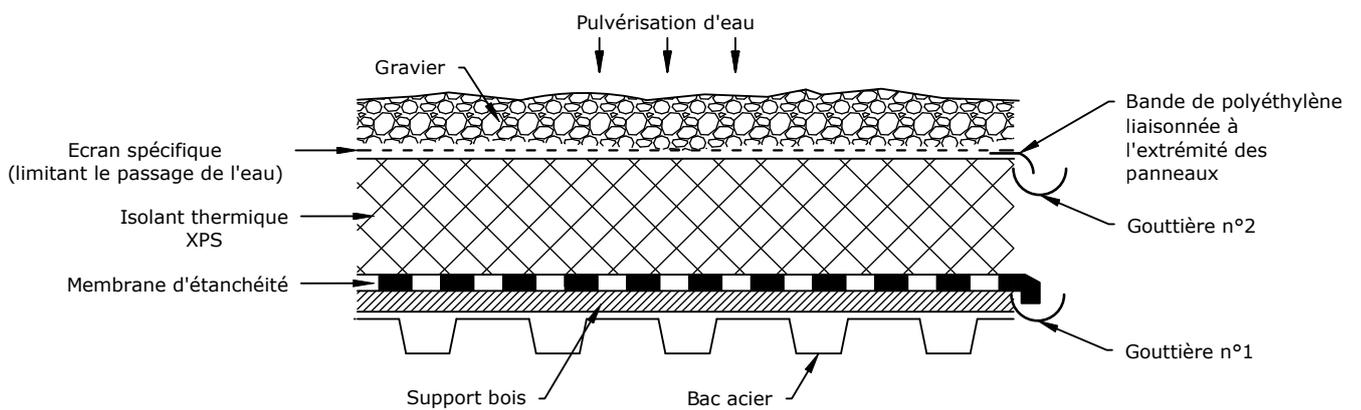


Figure E.2 - Schéma en coupe du montage

## E.4 PROTOCOLE

Préalablement à la réalisation de la mesure, de l'eau est pulvérisée sur la toiture, à la vitesse donnée ci-dessous, jusqu'à ce qu'un écoulement d'eau uniforme se produise dans la gouttière n° 1.

L'essai est ensuite effectué à des débits décroissants. Pour chaque débit, l'eau est pulvérisée sur l'ensemble du toit pendant une heure. Le débit est mesuré à la gouttière n° 1 (l'eau de ruissellement de l'étanchéité) et enregistré lorsqu'un débit régulier est atteint. La mesure de l'eau doit être réalisée soit en utilisant des débitmètres dans la ligne de vidange, soit par pesée en fonction du temps.

Le débit nominal initial est égal à  $0,5 \text{ l.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$ , à une température de  $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

La procédure est répétée à des débits de  $0,4$ ,  $0,3$  et  $0,2 \text{ l.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$ . Les débits résultants sont enregistrés puis les mesures sont réalisées de nouveau dans l'ordre ascendant jusqu'à  $0,5 \text{ l.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$ .

Les données suivantes sont enregistrées :

- $W_T$  = taux de pulvérisation total ;
- $W_1$  = débit d'eau collecté dans la gouttière n° 1 (l'eau de ruissellement de l'étanchéité) ;
- $W_2$  = débit d'eau collecté dans la gouttière n° 2 (l'eau de ruissellement à la surface de l'isolation) ;
- $W_{1(\text{ave})}$  = moyenne de  $W_1$  pour toutes les mesures ;
- $W_{2(\text{ave})}$  = moyenne de  $W_2$  pour toutes les mesures.

L'analyse est basée sur les hypothèses suivantes :

Pour la valeur  $f \cdot x = 0,04$  donnée dans la norme NF EN ISO 6946 dans le pire des cas (jointé bout à bout) :

- $f$  (facteur de drainage) = 1 ;
- $x$  est une constante =  $0,04 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  basée sur la capacité thermique massique de l'eau ( $4190 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ), la densité de l'eau ( $1000 \text{ kg.m}^{-3}$ ) et un facteur de correction basé sur les caractéristiques de débit  $0,864 \text{ mm.jour}^{-1}$ . Les caractéristiques de l'écoulement saturé concernent la facilité avec laquelle l'eau peut traverser la construction.

$$(x = 4190 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1} \times 1000 \text{ kg.m}^{-3} \times (0,864 / (1000 \times 86400)) \text{ m.s}^{-1} = 0,04 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1})$$

$f$  = facteur de drainage donnant la fraction de précipitation atteignant la membrane d'étanchéité

$W_{1(\text{ave})} / W_T$  = débit moyen au niveau de l'étanchéité/débit total sur le toit

$$\text{Donc : } f = W_{1(\text{ave})} / (W_{1(\text{ave})} + W_{2(\text{ave})}) \text{ ou } W_{1(\text{ave})} / W_T$$

## E.5 RAPPORT D'ESSAI

Le rapport d'essai doit rassembler les informations suivantes :

- la référence à la présente annexe E ;
- le nom du laboratoire qui a réalisé l'essai ;
- la date/période de l'essai ;
- une description des panneaux testés : dimensions (longueur, largeur, épaisseur), géométrie des bords de panneaux, caractéristiques thermiques, pente, les différentes couches constituant la maquette incluant le type et l'épaisseur de gravier, les caractéristiques de l'écran et le nombre de recouvrements ;
- $W_T$ ,  $W_1$  pour chaque débit,  $W_2$  pour chaque débit,  $W_{1(\text{ave})}$  et  $W_{2(\text{ave})}$  ;
- tous les détails non spécifiés dans cette annexe, ainsi que les éventuels incidents susceptibles d'avoir influencé le protocole d'essai.

# ANNEXE F FIGURES

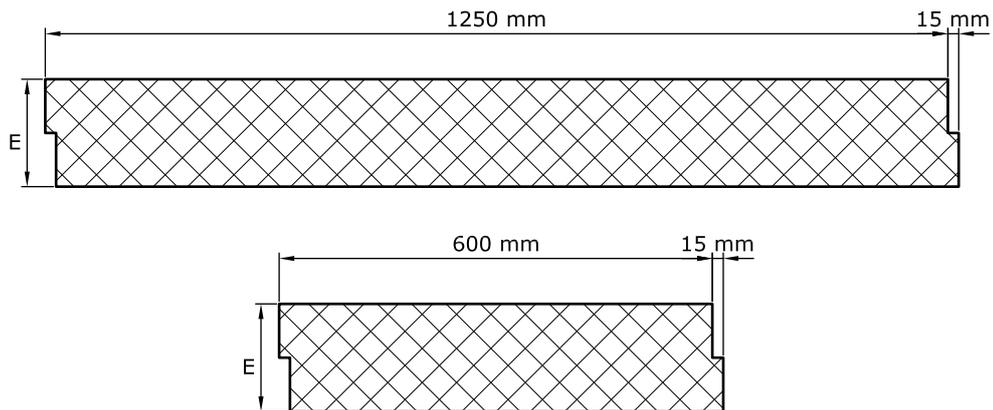


Figure F.1 - Vue en coupe d'un panneau XPS type

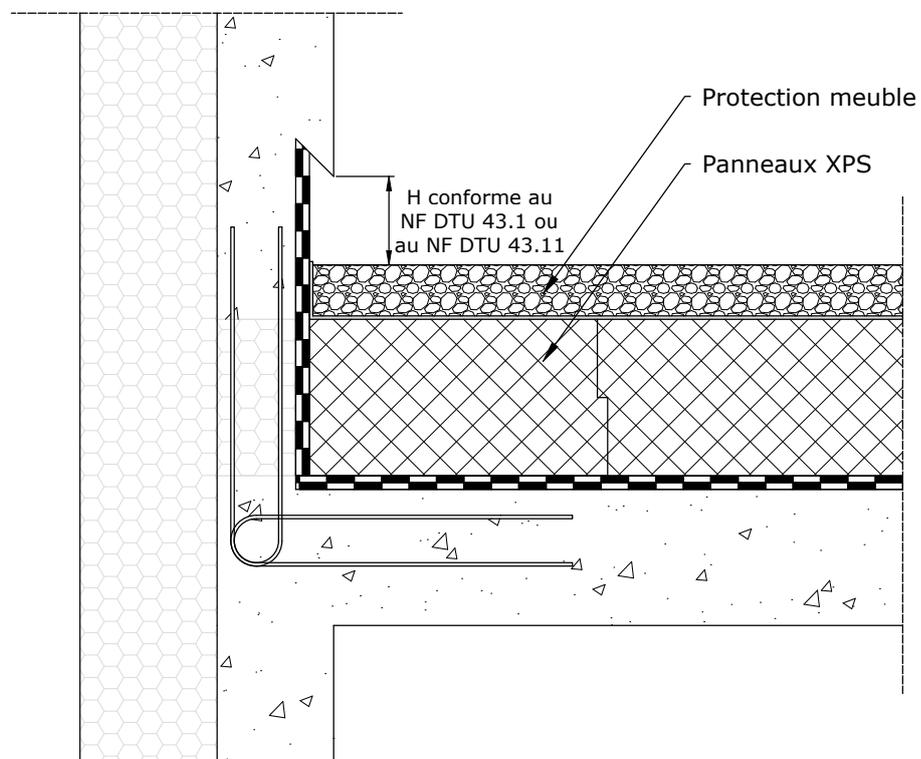


Figure F.2a - Toiture-terrasse inaccessible - Isolant XPS - Pose en un lit - Exemple

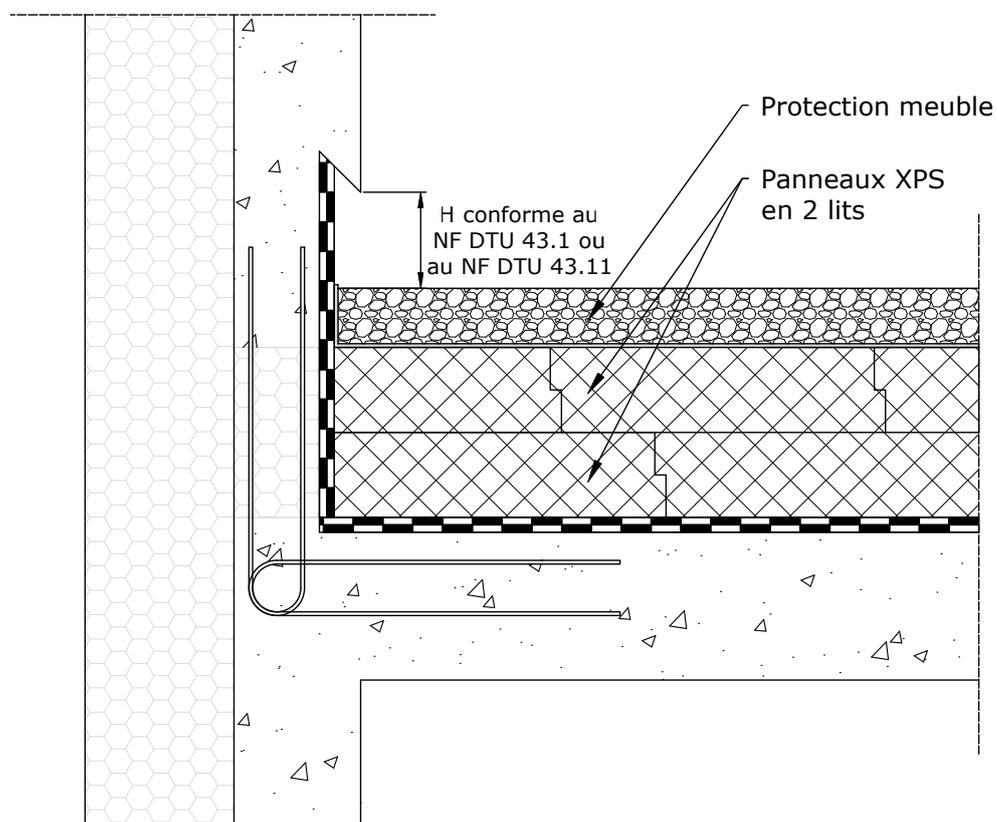


Figure F.2b - Toiture-terrasse inaccessible - Isolant XPS - Pose en deux lits - Exemple

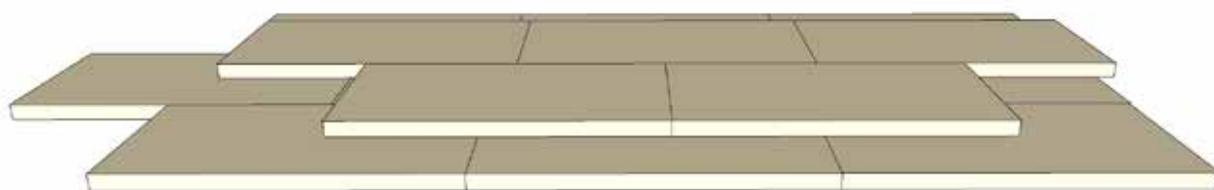


Figure F.2c - Toiture-terrasse - Isolant XPS - Pose en deux lits - Vue en plan

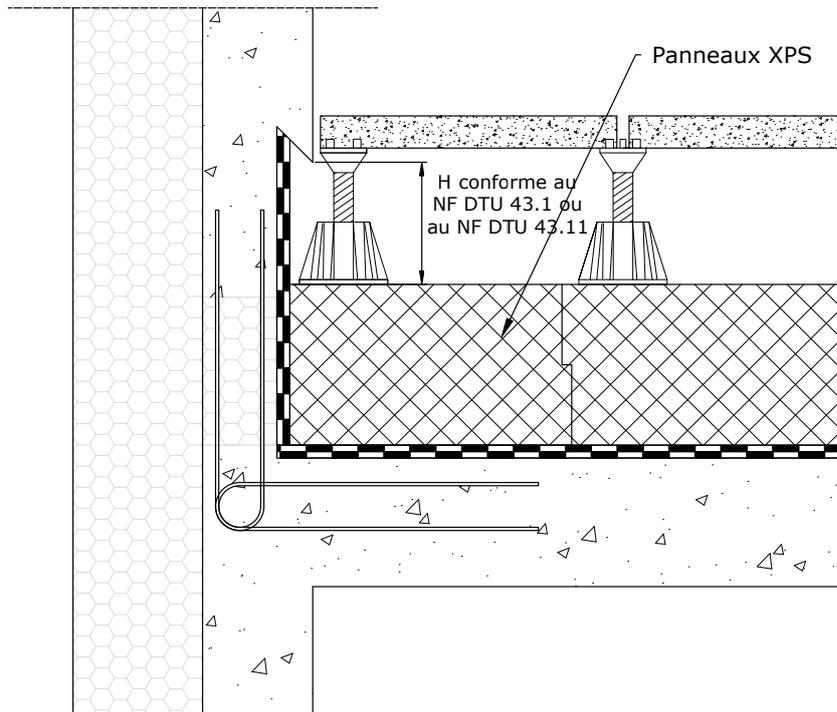


Figure F.3 - Toiture-terrasse accessible aux piétons avec protection par dalles sur plots - Exemple

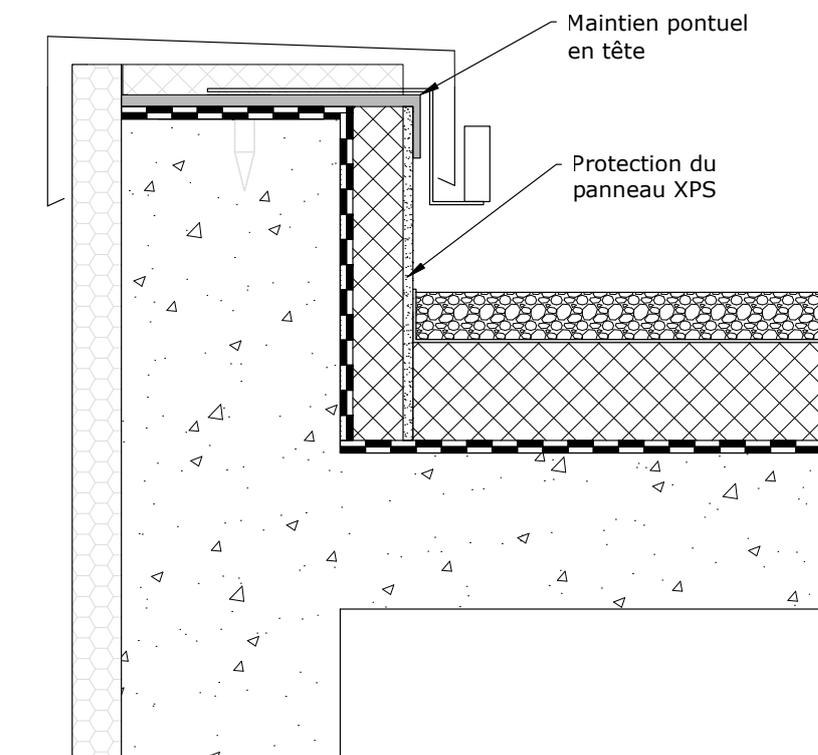


Figure F.4 - Toiture-terrasse inaccessible ou technique - Exemple

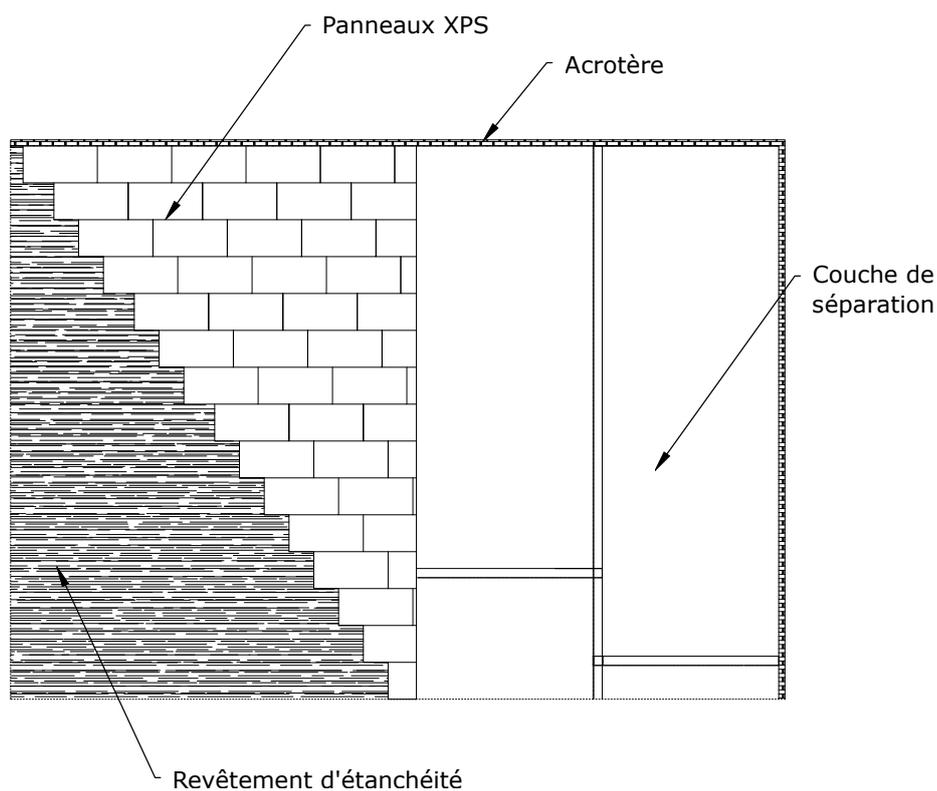


Figure F.5 - Pose du non-tissé

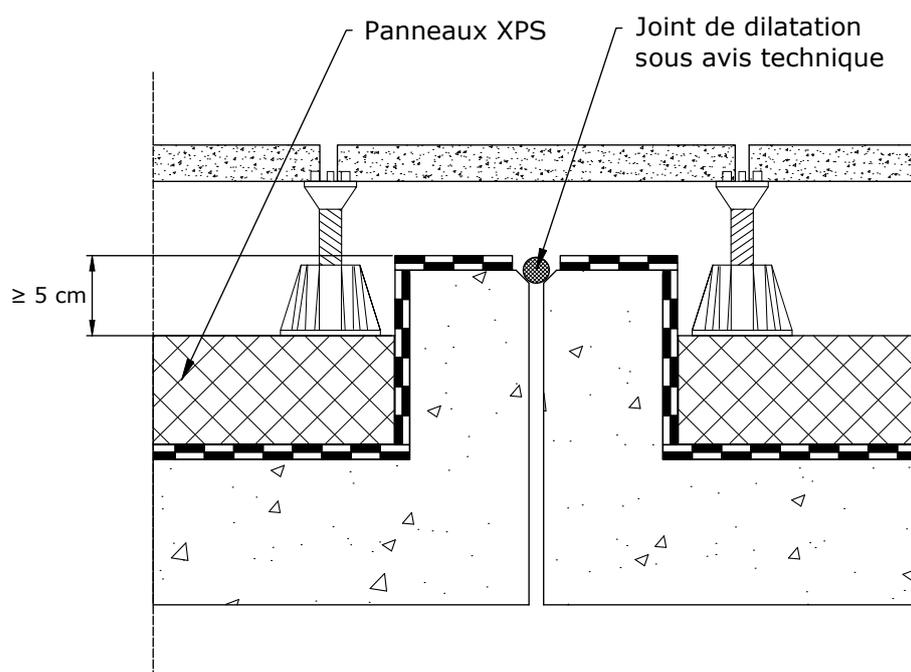


Figure F.6 - Toiture-terrasse accessible aux piétons avec protection par dalles sur plots - Joint plat surélevé - Exemple

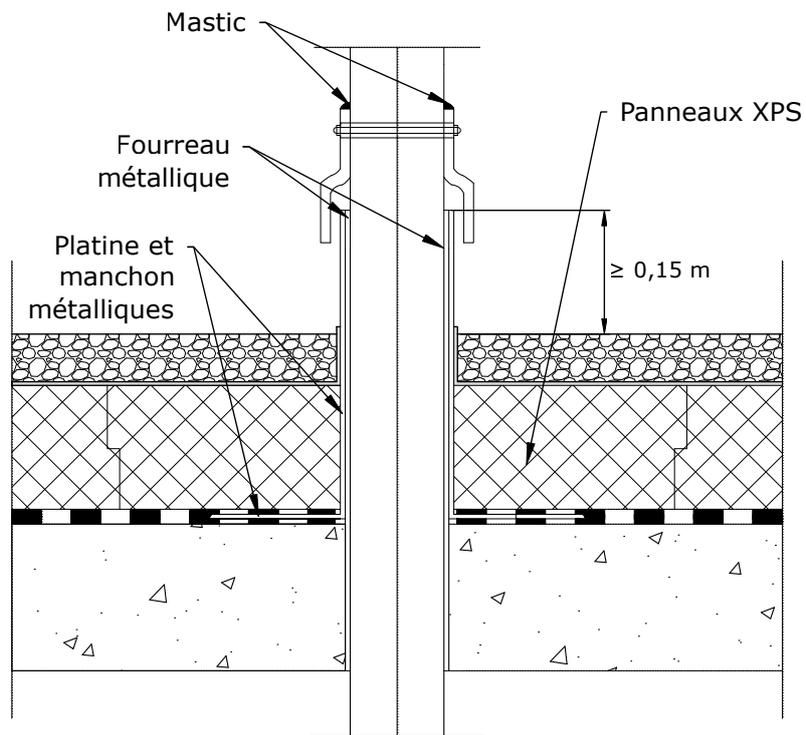


Figure F.7 - Traversée de ventilation - Exemple de solution

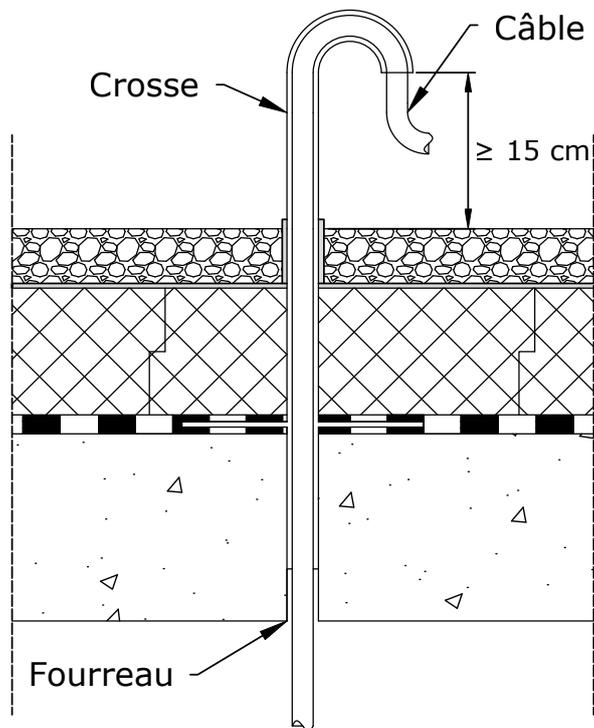


Figure F.8 - Passage de câble d'alimentation - Exemple de solution

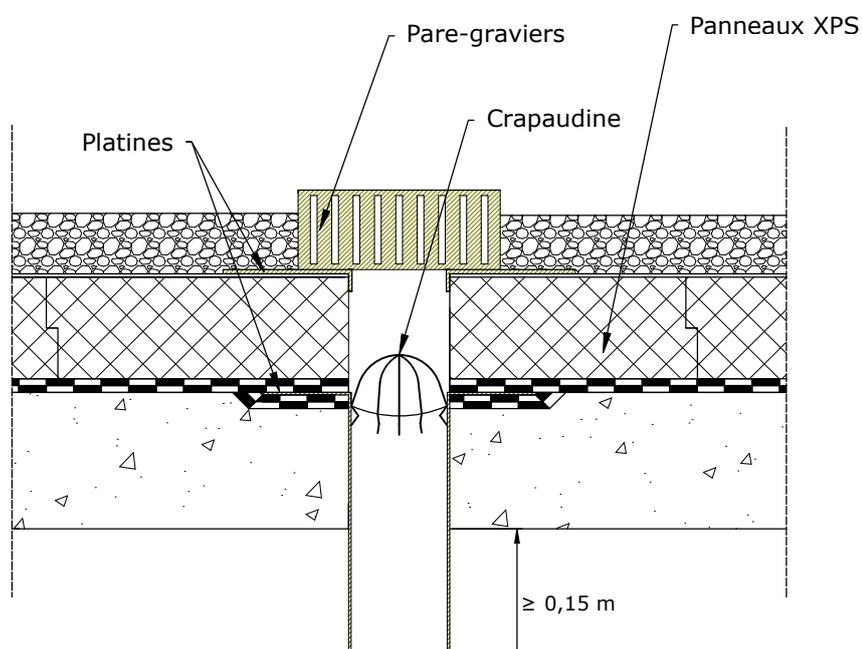


Figure F.9a - E.E.P.- Toiture inaccessible - Exemple de solution

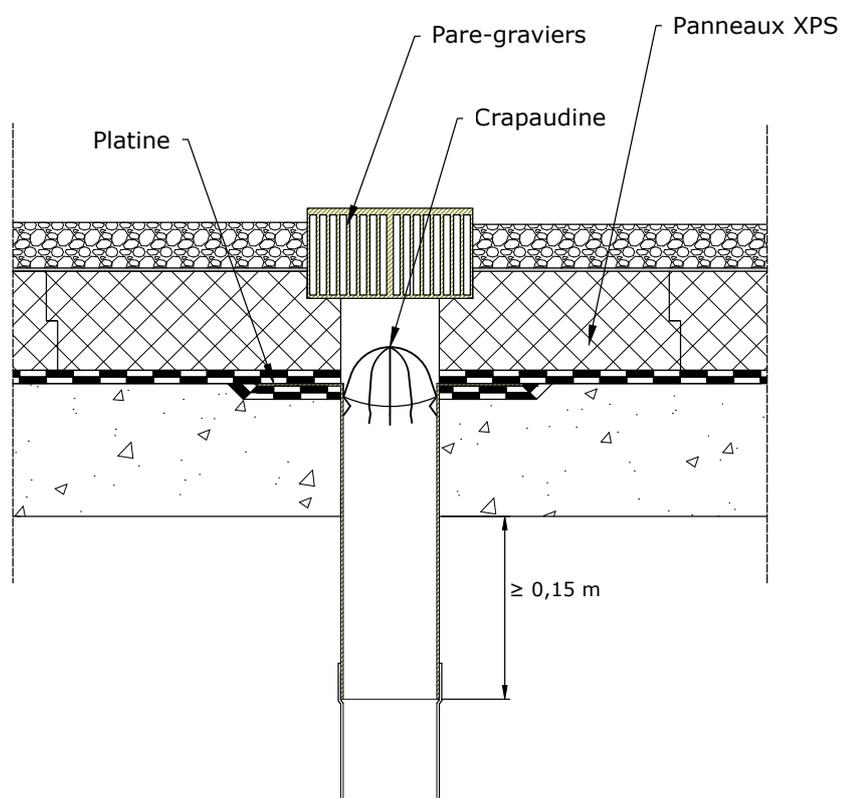


Figure F.9a bis - E.E.P. – Toiture inaccessible - Exemple de solution – Variante 1

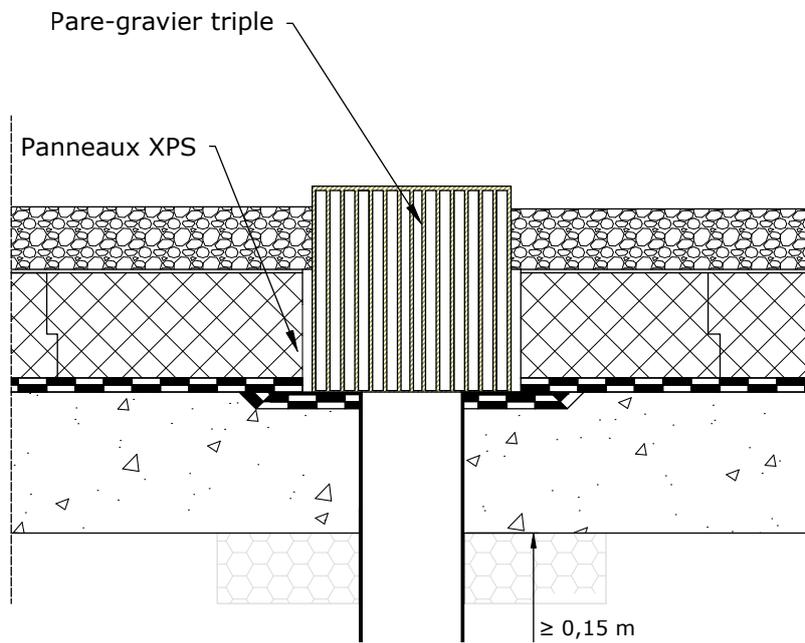


Figure F.9a ter - E.E.P. - Toiture inaccessible - Exemple de solution - Variante 2

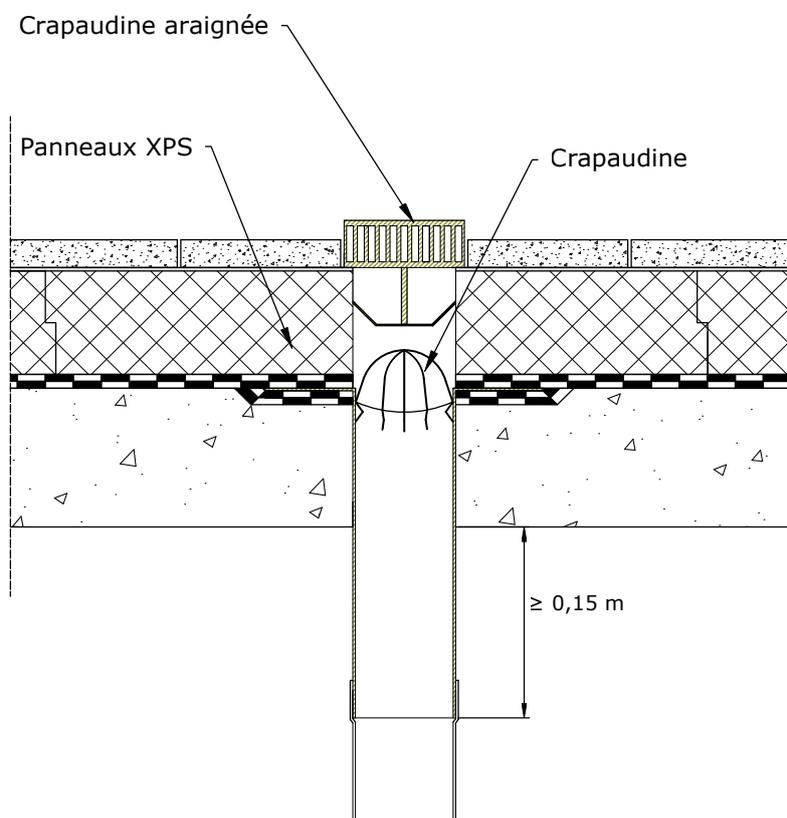


Figure F.9b - E.E.P. - Toiture technique - Exemple de solution

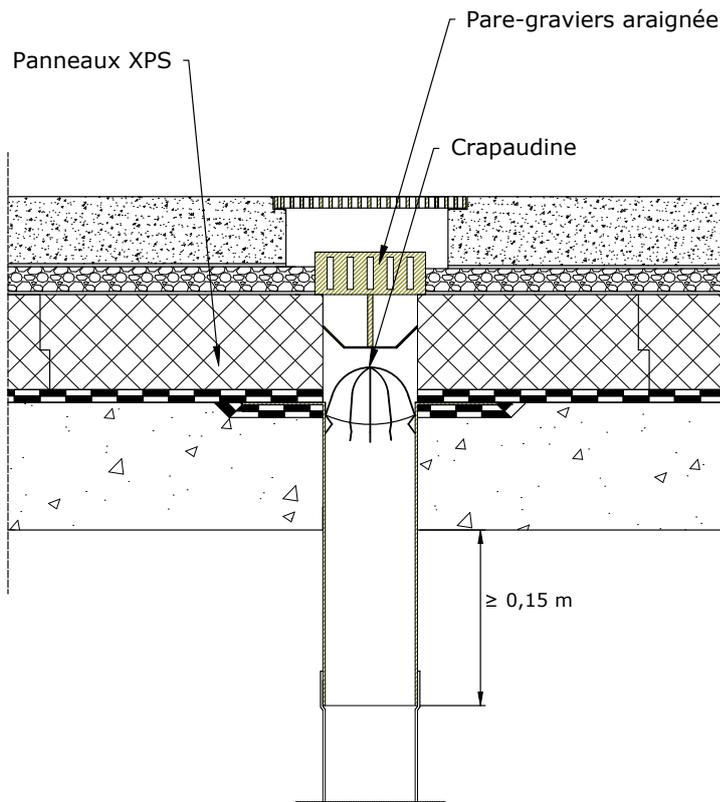


Figure F.9c - EEP - Toiture accessible - Exemple de solution

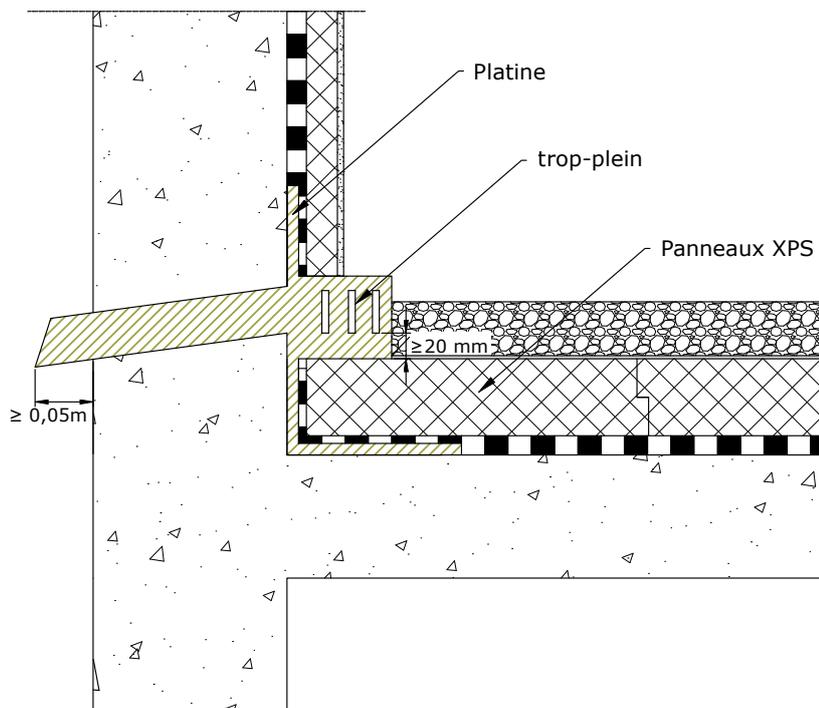


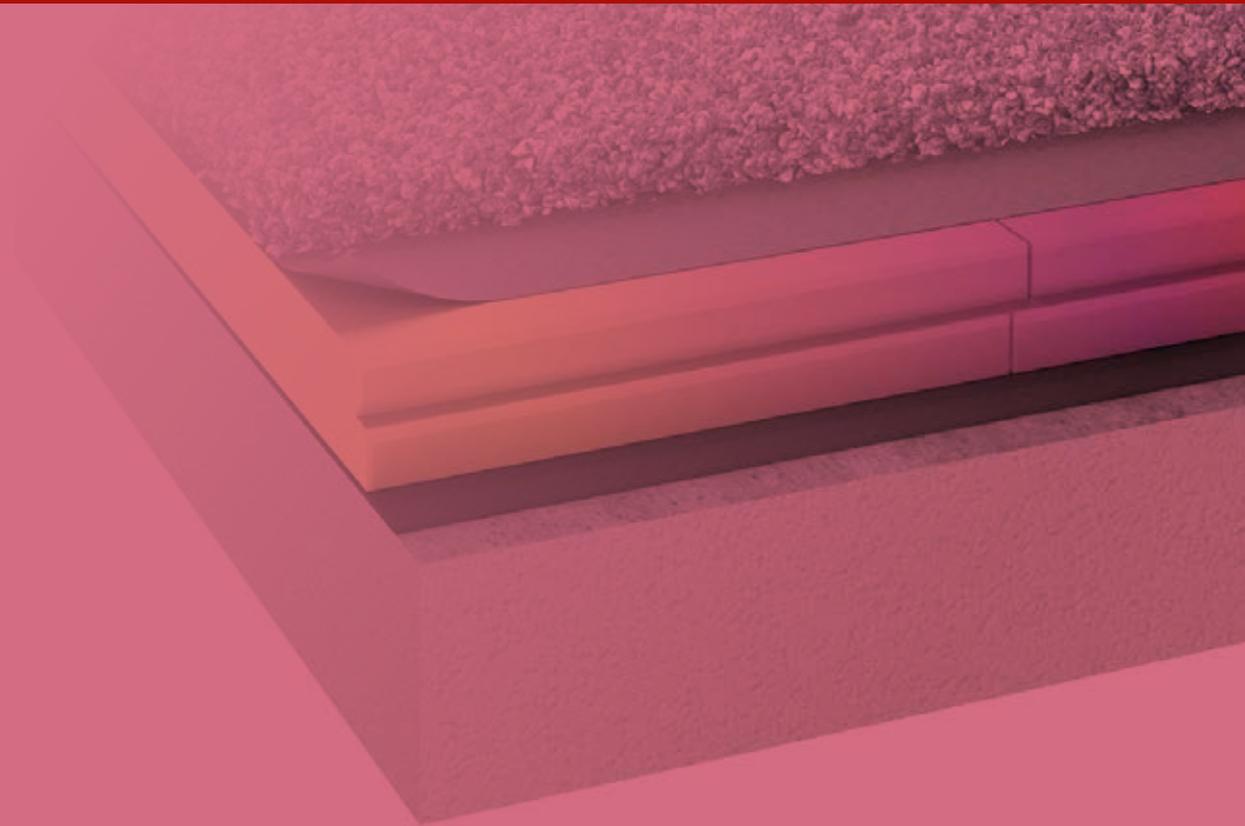
Figure F.10 - Toiture-terrasse inaccessible - Trop plein - Exemple











## **CSFE**

6-14 rue La Pérouse 75784 • PARIS CEDEX 16  
Tél : 01 56 62 13 20 • Fax : 01 56 62 13 21

[contact@csfe.ffbatiment.fr](mailto:contact@csfe.ffbatiment.fr)

[www.etancheite.com](http://www.etancheite.com)

Publications CSFE disponibles sur : [kiosque-etancheite-bardage.com](http://kiosque-etancheite-bardage.com)

