

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **5/11-2224**

Annule et remplace l'Avis Technique 5/04-1780
avec Extension *01 Ext
et Modificatifs *02 *03 *04 *05 Mod

*Panneaux isolants non porteurs en polystyrène extrudé (XPS)
pour toiture-terrasse inversée*

*Isolation inversée
pour toitures-terrasses*

*Inverted insulation
for terrace roofs*

Umkehrdach

Polyfoam LJ

Relevant de la norme

NF EN 13164

Titulaire : Knauf Insulation Sprl
Rue de Maëstricht 95
BE-4600 Visé (Belgique)

Tél. : (32) 0800 90 52 36
Fax : (32) 0800 91 24 25
Internet : www.knaufinsulation.fr

Usine : Knauf Insulation Artix SAS
FR-64170 Artix (Pyrénées Atlantiques)

Distributeur : Knauf Insulation Sprl
Rue de Maëstricht 95
BE-4600 Visé (Belgique)

Tél. : (32) 0800 90 52 36
Fax : (32) 0800 91 24 25
Internet : www.knaufinsulation.fr

Knauf SAS
Zones d'activités
FR-68600 Wolfgantzen
(Haut Rhin)

Tél. : 03 89 72 11 12
Fax : 03 89 72 11 15
Internet : www.knauf.fr
Courriel : info.knauf.fr

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 5

Toitures, couvertures, étanchéités

Vu pour enregistrement le 19 décembre 2011



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 5 « Toitures, Couvertures, Étanchéités » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 11 juillet 2011, la demande relative au procédé isolant de toiture inversée Polyfoam LJ, fabriqué et distribué par la société Knauf Insulation. Le présent document, auquel est annexé le dossier technique établi par le demandeur, transcrit l'avis formulé par le Groupe Spécialisé n° 5 « Toitures, Couvertures, Étanchéités » sur les dispositions de mise en œuvre proposées pour l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi visé et dans les conditions de la France européenne. Ce document annule et remplace l'Avis Technique 5/04-1780.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Panneaux isolants non porteurs en polystyrène extrudé à bords feuillus, de dimensions utiles :

- 1 250 mm x 600 mm,
- épaisseurs de 30 à 100 mm pour le POLYFOAM C350A LJ, et de 30 à 120 mm pour le POLYFOAM D350A LJ.

Les isolants sont disposés au-dessus de l'étanchéité de toiture plate et lesté par une protection en gravier avec ou sans dalles, ou coulée, ou par éléments préfabriqués sur couche de séparation, ou dalles en béton sur plots de poids adapté à l'épaisseur de l'isolant, et plus lourde que les protections rapportées usuelles.

Le système s'emploie sur éléments porteurs maçonnerie. Il intéresse :

- Les ouvrages neufs et la réfection de toitures de pente 0 à 5 %, conformes aux normes NF P 10-203 - NF P 84-204 et NF P 84-208 (réf. DTU 20.12, DTU 43.1 et DTU 43.5), situés en climat de plaine ;
- Toiture-terrasse :
 - inaccessible, y compris chemin de circulation,
 - technique, y compris chemin de roulement d'équipement d'entretien de façade,
 - accessible aux piétons et séjour, y compris dalles sur plots,
 - jardin.

La pression maximum d'utilisation est 6 N/cm² (0,6 daN/cm²), appliquée sur l'isolant, pouvant être réduite à 4 N/cm² (0,4 daN/cm²) lorsqu'il est fait usage de dalles sur plots (cf. *paragraphe 4.222* du Dossier Technique).

Dans la solution Polyfoam Slimline, le procédé se différencie des isolations inversées classiques par sa performance thermique améliorée, ceci grâce à l'interposition, dans le système, d'un voile non-tissé SLIMLINE.

Une protection lourde meuble au-dessus des panneaux Polyfoam LJ est admise en tout site et toute zone de vent, jusqu'à une dépression au vent extrême d'au plus 4712 Pa en zones 3 et 4 (cf. Règles V 65 modifiées).

1.2 Mise sur le marché

Les produits relevant de la norme NF EN 13164 sont soumis, pour leur mise sur le marché, aux dispositions de l'arrêté du 22 février 2002 portant application pour les produits d'isolation thermique manufacturés pour le bâtiment du décret n° 92-647 du 8 juillet 1992 modifié, concernant l'aptitude à l'emploi des produits de construction.

1.3 Identification

L'étiquetage des colis comporte le nom commercial, l'usine d'origine, la référence du lot, les dimensions, le nombre de panneaux, la résistance thermique ainsi que les niveaux d'aptitude à l'emploi certifiés ACERMI éventuels, et le numéro d'Avis Technique.

L'impression « POLYFOAM - date de fabrication » est appliquée sur chaque panneau.

Les panneaux sont de couleur orange.

Les produits mis sur le marché portent le marquage CE accompagné des informations visées par l'annexe Z de la norme NF EN 13164.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Identique au domaine proposé par le Dossier Technique, à l'exception de l'emploi en réhabilitation thermique sans réfection d'étanchéité qui donne lieu à une appréciation réservée.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Aptitude à l'emploi

Sécurité au feu

Dans les lois et règlements en vigueur, les dispositions à considérer pour les toitures proposées ont trait à la tenue au feu venant de l'extérieur et de l'intérieur.

À cet égard, on peut estimer que les toitures sous protection lourde sont susceptibles d'un classement M0 de réaction au feu.

Les toitures sous protection meuble définies au Dossier technique satisfont aux exigences vis-à-vis du feu extérieur (art. 5 de l'arrêté du 14 février 2003).

Les panneaux POLYFOAM C350A LJ et POLYFOAM D350A LJ sont de classe (Euroclasse) : E.

Protection de l'environnement

Le produit est expansé avec un mélange gazeux CO₂/HFC pour le POLYFOAM C350A LJ, et HFC pour le POLYFOAM D350A LJ.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Elle peut être normalement assurée.

Isolation thermique

Le calcul des performances thermiques permet de vérifier la conformité du procédé à la réglementation concernant la construction neuve, à condition que l'épaisseur du panneau isolant soit suffisante. La vérification est à effectuer selon la Réglementation thermique 2005 en utilisant la méthode de calcul du procédé acceptée par le C.T.A.T. (Comité Thermique de l'Avis Technique) le 17 septembre 2003, complétée le 12 octobre 2004, et dont la procédure générale est indiquée au *chapitre 9* du Dossier Technique.

Il appartiendra cependant à l'utilisateur de vérifier que le Certificat ACERMI est toujours valide ; faute de quoi, il y aurait lieu de prendre en compte la valeur du coefficient de conductivité thermique de la couche isolante exposée aux intempéries conforme aux Règles Th-U majoré, (λ_{DTU}) ou la valeur du coefficient de conductivité thermique déclarée (λ_D) multiplié par 1,15 (cf. Règles Th-U fascicule 2/5).

Dans tous les cas, le coefficient de transmission U_0 est à corriger à l'aide du coefficient de transmission thermique de la toiture prenant en compte le drainage (ΔU_r).

Le principe de la solution « Polyfoam Slimline », dans les conditions d'emploi validées par le C.T.A.T. a fait l'objet de la décision n° 83 du C.T.A.T., le 2 avril 2007.

Les panneaux de faibles épaisseurs ne peuvent être mis en œuvre que sur les ouvrages où la réglementation thermique n'est pas applicable.

Accessibilité de la toiture

Les panneaux Polyfoam LJ utilisés au-dessus d'un revêtement d'étanchéité, conforme à la norme NF P 84-204 (réf. DTU 43.1) dans le cas de l'asphalte traditionnel ou selon les dispositions prévues aux Avis Techniques particuliers aux revêtements, et sous une protection lourde rapportée, convient aux toitures-terrasses :

- inaccessibles, y compris avec chemin de circulation ;
- techniques, avec leurs chemins d'accès ;
- accessibles aux piétons et au séjour ;
- accessibles avec protection par dalles en béton sur plots, la pression admise sur l'isolant sous chaque plot étant, soit de 4 N/cm² (0,6 daN/cm²), soit de 6 N/cm² (0,6 daN/cm²) conformément aux dispositions du Dossier Technique (sauf POLYFOAM D350A LJ en épaisseur 30 mm) ;
- jardins, le poids des terres et du drainage étant limité à 6 t/m².

Emploi en climat de montagne

L'emploi en climat de montagne n'est pas proposé.

2.22 Durabilité – entretien

Dans le domaine d'emploi proposé :

- a) Cas d'application en ouvrage neuf, ou de réfection le revêtement d'étanchéité ayant été refait (c'est-à-dire un nouveau revêtement) :

La durabilité du système d'isolation inversée utilisant les panneaux Polyfoam LJ sur un revêtement traditionnel en asphalte coulé, ou sur un revêtement lorsque l'Avis Technique particulier au revêtement en accepte l'emploi, peut être appréciée comme satisfaisante.

- b) Cas des renforcements d'isolation sur toiture ancienne dont le revêtement existant est conservé sans réfection :

La conservation de la couche d'isolation inversée proprement dite n'étant pas en cause, la durabilité d'ensemble de la toiture est essentiellement fonction de la qualité de l'étanchéité ancienne ; elle ne peut donc pas faire dans ces conditions l'objet d'une évaluation favorable de manière générale. Les dispositions indiquées dans le Cahier des Prescriptions Techniques (paragraphe 2.32) peuvent toutefois conduire à une évaluation spécifique favorable, cas par cas.

- c) Cas des revêtements d'étanchéité sous Avis Technique :

L'Avis Technique de ces revêtements précise les conditions d'emploi d'une isolation inversée, et notamment pour ce qui concerne la compatibilité chimique.

Entretien

Cf. les normes NF P 84-204 et NF P 84-208 (réf. DTU 43.1, DTU 43.5), et *chapitre 1* du Dossier technique.

Les fluides caloporteurs de capteurs solaires peuvent poser des problèmes spécifiques, voir ce chapitre.

2.23 Fabrication

Effectuée en usine, elle comprend l'autocontrôle nécessaire.

2.24 Mise en œuvre

La mise en œuvre est faite par les entreprises d'étanchéité qualifiées. Sous cette condition, elle ne présente pas de difficulté particulière.

La société Knauf Insulation apporte une assistance technique sur demande.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 Cas de la réfection

Il est rappelé qu'il appartient au Maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF P 84-208 (réf. DTU 43.5) vis à vis des risques d'accumulation d'eau.

2.32 Conditions de mise en œuvre

- a) Cas d'application sur des toitures existantes, le revêtement d'étanchéité ayant été refait (c'est-à-dire sur un nouveau revêtement) : les dispositions concernant la réfection des revêtements d'étanchéité doivent être respectées selon la norme NF P 84-208 (réf. DTU 43.5).
- b) Cas des renforcements d'isolation sur toiture ancienne dont le revêtement existant est conservé sans réfection : l'Avis Technique est réservé dans ce cas, voir paragraphe 2.22 - Durabilité ci-dessus.
- c) Cas de la protection allégée en graviers : il est rappelé que ce système nécessite des trop-pleins d'alerte complémentaires, et une inspection plus fréquente du bon fonctionnement des entrées pluviales.

2.33 Cas de la protection allégée en graviers - Entretien

Il est rappelé que ce système nécessite de la part du Maître d'ouvrage :

- Un contrôle annuel, et chaque fois que nécessaire, de la mise en place de la protection meuble rapportée ;
- Une inspection plus fréquente du bon fonctionnement des entrées d'eaux pluviales.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. le *paragraphe 2.1*) et complété par le Cahier des Prescriptions Techniques, est appréciée favorablement en cas d'ouvrage neuf ou de réfection complète du revêtement.

Cependant, une réserve est faite sur l'emploi du procédé Polyfoam LJ dans le cas d'une réhabilitation thermique sur ancien revêtement non refait.

Validité

Trois venant à expiration le 31 juillet 2014.

Pour le Groupe Spécialisé n° 5
Le Président
C. DUCHESNE

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

- a) Pour raisons administratives, le Document Technique d'Application de la société Knauf Insulation Sprl a été renouvelé (à l'identique) sans opérer de modifications, ni dans les références des produits, ni dans les référentiels de conception et de mise en œuvre.

Dans le cadre du renouvellement (à l'identique), il n'a pas pu être procédé à l'évaluation d'éléments techniques tels que ceux demandés par le Groupe Spécialisé n° 5 pour justifier de la capacité de rétention temporaire des eaux pluviales. Cette destination d'emploi n'a donc pas été retenue au Dossier Technique.

Durant la période de validité du présent Avis, le titulaire pourra, s'il le souhaite, actualiser les conditions d'emploi de son procédé (ou produit) et apporter de nouveaux éléments techniques dans le cadre d'une procédure complémentaire d'Additif-Modificatif.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 5
S. GILLIOT

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Procédé d'isolation thermique inversée de toitures à base de panneaux en polystyrène extrudé (XPS), posé en un lit indépendant sur revêtements d'étanchéité de :

- Toitures-terrasses :
 - inaccessibles, y compris les chemins de circulation,
 - techniques avec ou sans chemin de nacelle,
 - accessibles à la circulation piétonnière et au séjour avec protection rapportée, y compris par dalles sur plots,
 - jardin ;
- Sur les éléments porteurs en maçonnerie conformes à la norme NF P 10-203 (DTU 20.12), pente minimum 0 % et ≤ 5 %, en climat de plaine.

Le procédé protège le revêtement contre les écarts de température et contre le poinçonnement.

La solution membrane « Polyfoam Slimline » se différencie d'une isolation classique par l'interposition entre la couche isolante Polyfoam LJ et la protection rapportée d'un géotextile appelé SLIMLINE.

L'imperméabilité à l'eau de la membrane SLIMLINE réduit le ruissellement de l'eau à travers l'isolation ce qui se traduit par des performances thermiques accrues de l'isolation.

Il s'utilise en ouvrage neuf ou en réfection, et pour la réhabilitation thermique des toitures existantes (*).

Entretien des toitures

L'entretien est conforme aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1).

Les désherbants doivent être compatibles avec Polyfoam LJ et avec le revêtement. D'une manière générale, les poudres mouillables en dispersion dans l'eau (1 g/l) à base de simazine, amino triazole (amitrole), atrazine, bromacyl, diuro dalapon, acide 2.4 dichlorophénoxyacétique, acide 2.4.5 trichlorophénoxyacétique, sont compatibles. La liste commerciale est disponible chez le distributeur. Éviter les produits contenant des aldéhydes, amines aromatiques, esters, éthers polyglycol, hydrocarbures (solvants), cétones (solvants), huiles essentielles.

Lors des visites d'entretien, on prendra un soin particulier à vérifier que les systèmes d'évacuation d'eau pluviale ne soient pas obstrués. Il est également indispensable de maintenir en place le système de protection. Si celui-ci devait être déplacé, le remettre rapidement en place.

Les préconisations précédentes s'appliquent également aux emplois avec des dalles sur plots. Pour ce cas particulier, on veillera à la propreté des interstices entre les dalles, ainsi qu'à l'élimination des déchets pouvant s'accumuler sous les dalles. Il conviendra, dans ce cas, de les éliminer par un lavage au jet sous pression.

Assistance technique

La société Knauf Insulation fournit une assistance technique sur demande.

2. Destination

Voir *tableau 1* en fin de Dossier Technique.

3. Prescriptions au sous-jacent

3.1 Éléments porteurs

Éléments porteurs monolithes ou fractionnés en maçonnerie conformes aux prescriptions de la norme NF P 10-203 (DTU 20.12). La forme de pente éventuelle sera dure et bien dressée. La pente nulle est admise pour les terrasses inaccessibles, techniques, accessibles avec protection par dalles sur plots, et jardins.

3.2 Revêtement d'étanchéité

Les revêtements d'étanchéité traditionnels en asphalte sont conformes aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1). Le classement FIT des revêtements en asphalte est de type A en inaccessible, et de type « A » en terrasse accessible avec dalles sur plots posées sur l'isolant et protection par asphalte gravillonné ou « P » sans cette protection asphalte gravillonné.

Les revêtements d'étanchéité sous Avis Technique sont conformes aux prescriptions de leur Avis Technique particulier, qui précise les conditions d'emploi sous isolation inversée. Leur classement « I » selon FIT est au moins : « I3 » pour les bicouches, « I4 » pour les monocouches et « I5 » en terrasses jardins.

4. Mise en œuvre de l'isolation inversée, cas des ouvrages neufs

4.1 Pose des panneaux Polyfoam LJ

Cf. figures 1 et 2

Les panneaux sont posés en un seul lit, en indépendance sur le revêtement, en quinconce et jointifs. Les bords feuillurés se recouvrent par demi-épaisseur.

L'indépendance est obtenue par déroulage à sec d'une couche de désolidarisation, à recouvrements de 10 cm (*cf.* § 8.22). L'emploi de cette couche n'est pas requis :

- sur un revêtement en asphalte coulé,
- sur un revêtement autoprotégé par paillettes ou granulats,
- dans les autres cas, se reporter à l'Avis Technique du revêtement.

4.2 Pose de la membrane SLIMLINE pour la solution Polyfoam Slimline

cf. figure 11

4.21 Cas général

La membrane Polyfoam Slimline est posée librement sur l'isolation constituée de panneaux Polyfoam LJ. Les lès sont posés autant que possible à angle droit à la pente. La continuité des lès successifs se fait par recouvrement de 30 cm et les recouvrements se font dans le sens du flux d'eau ou à pente nulle dans le sens donné par la plus proche évacuation pluviale.

La membrane doit remonter le long des relevés et émergences. La membrane est pliée aux droits des relevés (acrotères, lanterneaux...) de manière à se terminer à 2 cm au-dessus de la protection rapportée.

4.22 Cas particulier

Selon la configuration de la terrasse (forme remontée en partie singulière ex. : lanterneaux, cheminée,...), l'exigence de continuité de la membrane implique localement de découper, superposer ou assembler entre elles des morceaux de membrane. Si la pièce de membrane a une dimension inférieure à 1 m, alors elle doit être collée à l'aide d'une colle mastic souple, d'un ruban double face ou ruban adhésif simple face (ex : Adhésif Dupont Tyvek 2060B).

4.23 Réparation de la membrane SLIMLINE

Si la membrane est endommagée ou perforée, elle doit être réparée par réalisation d'une large rustine, c'est-à-dire un morceau de membrane superposé à la membrane endommagée.

Si une pièce de réparation ou d'adaptation est d'une surface inférieure à 1 m², elle doit être collée sur les adjacents par un cordon préformé du type mastic souple

4.3 Protection rapportée

Cf. tableau 1

Une protection rapportée est obligatoire, quelle que soit le système d'application du revêtement. Elle est mise en œuvre à l'avancement de la pose des panneaux.

(*) L'AVIS est réservé dans ce cas.

4.31 Protection meuble

Elle est utilisée en toiture inaccessible et dans les zones non circulées des toitures techniques.

4.311 1^{ère} solution

Protection par couche de graviers de granulométrie supérieure à 10 mm (par exemple : 10/18 à 15/30), directement sur les panneaux. Une granulométrie plus fine que 10 entraîne l'interposition d'une couche de séparation en membrane SLIMLINE. L'épaisseur de la protection est égale à celle de l'isolant, avec un minimum de 5 cm.

4.312 2^{ème} solution

Protection par couche de gravillons avec interposition d'une couche de séparation déroulée à recouvrements de 15 cm, et remontée sur l'épaisseur de la protection, le long des relevés et émergences.

L'épaisseur de la protection est fonction de l'épaisseur de l'isolant :

- isolant 3 à 8 cm : graviers 6 cm,
- isolant 9 à 10 cm : graviers 8 cm,
- isolant 11 à 12 cm (POLYFOAM D350A LJ) : graviers 10 cm.

Au moins un trop-plein supplémentaire par surface collectée complète les entrées pluviales normales ; la section de ce trop-plein d'alerte est au minimum de 28 cm² (cf. norme NF P 84-204 - DTU 43.1). Les trop-pleins d'alerte affleurent la surface de l'isolant en cas de pente, et sont rehaussés en pente nulle ; les trop-pleins sont munis d'un garde-grève. Leur fonctionnement signale une défaillance du système d'évacuation des EP, qui doit alors être inspecté.

Une maintenance spécifique de ces toitures-terrasses doit être prévue (vérification de la couche de graviers, inspection des EEP etc.). Cette maintenance, à la charge du Maître d'ouvrage, doit être faite au minimum une fois par an et chaque fois que nécessaire (par exemple : après de grands vents et/ou de fortes précipitations).

4.313 Chemins de circulation, terrasses techniques

Par dallettes sur gravier, et dalles en béton armé coulées pour le chemin de nacelles des terrasses techniques ; cf. les normes NF P 10-203 et NF P 84-204 (DTU 20.12, DTU 43.1).

4.314 Cas particuliers

Dans le cas où l'immeuble est, et selon les zones de vent des Règles V 65 (avec modificatif n° 2 de décembre 1999), de hauteur :

- supérieure à 28 m : en zone 1 - tous sites ou en zone 2 - site normal,
- supérieure à 20 m : en zone 2 - site exposé ou en zone 3 - site normal,
- quelconque : en zone 3 - site exposé ou en zone 4 - tous sites, et de dépression du vent ≤ 4712 Pa,

la granulométrie des gravillons choisie est la plus élevée possible et la protection est complétée, sur 2 m de largeur au pourtour de la toiture-terrasse et des édicules, par des dallettes de béton posées à sec :

- soit directement sur les granulats,
- soit sur un non-tissé synthétique d'au moins 170 g/m².

4.32 Protection dure pour piétons et séjour

L'épaisseur des dalles est adaptée à l'épaisseur de la couche isolante comme décrit dans le *tableau 2*.

4.321 Dalles préfabriquées posées à sec

Les dalles sont posées jointives, à joints secs, sur couche de diffusion en gravillons 3/8 d'épaisseur minimum 3 cm, avec interposition d'une couche de séparation (cf. § 8.22) entre les panneaux et les gravillons.

4.322 Dalles sur plots

Cf. figures 3 et 10

Les plots sont posés directement sur les panneaux Polyfoam LJ.

La pression maximale d'utilisation sous chaque plot est de :

- 0,4 daN/cm² (4 N/cm²) pour les panneaux :
 - POLYFOAM C350A LJ, épaisseurs 30 et 40 mm,
 - POLYFOAM D350A LJ, épaisseurs 40 - 50 et 60 mm ;
- 0,6 daN/cm² (6 N/cm²) pour les panneaux :
 - POLYFOAM C350A LJ, épaisseurs ≥ 50 mm,
 - POLYFOAM D350A LJ, épaisseurs ≥ 70 mm ;

les charges sont le poids des dalles et la charge d'exploitation selon la norme NF P 06-001.

La hauteur des plots (entre sous face des dalles et isolant) est de 5 cm au moins. Les autres dispositions répondent aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) ou de l'Avis Technique du revêtement, et notamment la hauteur d'au moins 10 cm (cf. norme NF P 10-203 - DTU 20.12) et la protection des relevés.

4.323 Carreaux scellés ou collés

Une chape fractionnée est coulée sur couche de diffusion (cf. § 8.23) avec interposition d'un film synthétique ou un non-tissé. La chape et le revêtement de circulation sont conformes aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) et au *Cahier du CSTB 3267* d'octobre 2000 relatif au collage des carreaux. La mise en œuvre s'effectue à l'avancement, en veillant à répartir les charges de stockage.

L'emploi est limité aux terrasses à usage privatif dont la surface ne dépasse pas 50 m².

Dans le cas particulier d'une protection lourde recevant des revêtements de sol scellés, la pente minimum est de 1,5 % conformément à la norme NF P 61-202 (DTU 52.1).

4.33 Protection des relevés

La protection des relevés est conforme aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) ou à l'Avis Technique du revêtement.

4.4 Détails de toiture

4.41 Reliefs, joints de dilatation, pénétrations

Figures 2, 3, 5, 6, 7 et 10

Les détails, les reliefs, les joints de dilatation, les pénétrations sont traitées conformément aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) en respectant notamment les prescriptions de hauteur au dessus de la protection.

4.42 Évacuations pluviales

L'eau est évacuée à deux niveaux : au niveau du revêtement et au niveau de la surface de l'isolant. Selon l'ouvrage, au moins un trop-plein d'alerte complémentaire est requis par surface collectée (cf. § 4.312).

- L'évacuation au niveau du revêtement est assurée conformément à la norme NF P 84-204 (DTU 43.1).
- L'évacuation au niveau de la surface de l'isolant s'effectue par la même entrée, à travers un garde-grève (cf. la norme NF P 84-204 - DTU 43.1) posé sur l'isolant. La largeur de la platine de ce garde-grève est égale au diamètre de l'entrée plus 2 x 12 cm. Le garde-grève s'encastre dans le moignon sur une longueur suffisante, par exemple par trois pattes de centrage.

5. Mise en œuvre de l'isolation inversée, cas des ouvrages de réfection

5.1 Conditions préalables

Le revêtement d'étanchéité est rénové suivant la norme NF P 84-208 (DTU 43.5). Son classement « FIT » est celui indiqué au § 3.2.

5.2 Mise en œuvre de l'isolant

Sur le revêtement ainsi rénové, l'isolant est posé selon les prescriptions du § 4.

5.3 Mise en œuvre de la protection

Une procédure particulière doit être observée pour la mise en œuvre de la protection, comme suit :

- Examiner la protection existante : granulométrie, propreté, épaisseur, zones dégarnies ;
- Vérifier que la structure peut supporter la surcharge de la protection lourde à installer, ainsi que la mise en tas de la protection existante ;
- Relever les graviers en tas sans les accumuler de manière excessive ;
- Procéder à la réfection du revêtement et à la pose de l'isolant ;
- Remettre en place la protection avec les précautions suivantes :
 - Si un ajout de graviers est nécessaire, les graviers récupérés (de granulométrie supposée > 10) seront répandus sur la zone centrale de la terrasse avec complément en graviers 10/18 ou 15/30 jusqu'à atteindre l'épaisseur requise (cf. § 4.31) ; en périphérie, sur une largeur d'au moins 2 m, un ajout de graviers sera fait à l'épaisseur requise.
 - Si les graviers (récupérés ou de complément) sont de granulométrie < 10 , ou riches en fines, interposer la membrane SLIMLINE.

Cas particuliers

Pour les immeubles de hauteur, et selon les zones de vent des Règles V 65 (avec modificatif n° 2 de décembre 1999) :

- supérieure à 28 m en zone 1 - tous sites ou zone 2 - site normal,
- supérieure à 20 m en zone 2 - site exposé ou zone 3 - site normal,
- quelconque : en zone 3 - site exposé ou zone 4 - tous sites, et de dépression du vent ≤ 4712 Pa.

les dispositions suivantes sont retenues :

- Repérer toutes les zones dégarnies par le vent.
- Ces zones, ainsi que la périphérie de la toiture sur une largeur d'au moins 2 m, seront garnies avec des graviers de granulométrie la plus élevée possible jusqu'à l'épaisseur requise.
- En outre, sur une largeur de 2 m en périphérie de la toiture-terrasse et autour des édicules, la protection sera complétée par des dalles de béton posées à sec, soit directement sur les granulats, soit sur la membrane SLIMLINE.
- Sur le restant de la toiture, utiliser les graviers récupérés, avec complément en graviers de granulométrie la plus élevée possible jusqu'à atteindre l'épaisseur requise (cf. § 4.31).

5.4 Détails de toiture

Les points particuliers seront mis en conformité avec les prescriptions des normes NF P 84-204 (DTU 43.1) et NF P 84-208 (DTU 43.5).

5.41 Reliefs

Figures 8 et 9

Rehausser les reliefs jusqu'à obtenir une hauteur au-dessus de la protection conforme aux normes NF P 10-203, NF P 84-204 et NF P 84-208 (DTU 20.12, DTU 43.1 et DTU 43.5).

Dans le cas d'un bandeau existant, remplir l'espace sous le bandeau avec un mortier grillagé ou un isolant compatible (fixé) pour constituer le nouveau support du relevé.

Dans le cas d'une engravure, relever l'étanchéité de la hauteur requise et reconstituer plus haut le dispositif écartant le ruissellement.

On pourra également habiller l'acrotère jusqu'à l'arête extérieure, lorsque possible, en conservant 5 cm de hauteur au-dessus de la protection.

S'il n'est pas possible de modifier le gros œuvre au droit des seuils, pour les terrasses inaccessibles ou techniques, on pourra utiliser la solution suivante : placer 4 cm de Polyfoam LJ prenant la place de la protection existante ; sans retoucher les seuils, assurer la protection de l'isolant par une plaque plane en fibres-ciment de 6 mm d'épaisseur, conforme à la norme NF EN 12467 et de classe d'exposition Q1 selon la norme P 08-302, sur environ 60 cm ; arrêter la protection de partie courante à 20 cm du seuil en la fixant par une émulsion sans solvants, de façon à observer la hauteur minimale requise pour le relevé sur seuil.

5.42 Joints de dilatation sur double costière

Si la hauteur des costières devient inférieure à 10 ou 15 cm au-dessus de la protection (dans les cas de pente nulle ou de terrasses jardins), chanfreiner les arêtes intérieures des costières pour réaliser un joint plat surélevé.

5.43 Évacuations pluviales

Voir § 4.42. On rappelle que la création de trop-pleins d'alerte peut être requise.

6. Mise en œuvre de l'isolation inversée, cas de la réhabilitation thermique (*)

6.1 Conditions préalables

Le revêtement d'étanchéité n'est pas rénové ; il est simplement vérifié et réparé si nécessaire.

Dans l'étude et l'exécution des travaux, on devra notamment tenir compte des points suivants (voir *chapitre 5* du Dossier Technique) :

- La stabilité de la structure doit avoir été vérifiée, et le système n'est utilisé que si la structure supporte la protection lourde rapportée et les sujétions d'enlèvement et de remise en place correspondantes ;
- La modification du régime thermique du plancher de dernier niveau peut aggraver les mouvements différentiels entre plancher et émergences, ce qui pourrait entraîner des désordres dans les relevés ; ceci peut conduire à renforcer ces relevés, ou à les désolidariser des reliefs ;

(*) L'AVIS est réservé dans ce cas.

- L'ancien revêtement d'étanchéité doit avoir fait l'objet d'une reconnaissance et des vérifications appropriées. On ne doit pas appliquer ce système sur une dernière couche à armature cellulosique ;
- Le revêtement ne doit pas présenter de défauts de planéité marqués (plis, cloques ...) ;
- Les hauteurs de relevés doivent avoir été mises en accord avec les prescriptions en la matière, compte tenu de la surépaisseur apportée par le système isolant + protection. On ne doit pas appliquer ce système si les hauteurs de relevés deviennent insuffisantes à cet égard ;
- Les zones dégarnies par le vent doivent avoir été repérées et doivent recevoir une protection rendue stable sous l'effet du vent. Les dalles sont à ce sujet préférables à l'agglutination dans la perspective de l'entretien et d'une réfection ultérieure ;
- Il faut noter que les sujétions de chantier, telles que le levage des matériaux, la circulation de chantier, le grattage de l'ancien gravier, l'aplanissement des cloques et plis pourront affecter le revêtement existant.

6.2 Mise en œuvre de l'isolant et de la protection

Sur le revêtement ainsi conservé, l'isolant et la protection sont mis en œuvre selon les prescriptions du § 5.

7. Toitures jardins

7.1 Revêtement

Les revêtements d'étanchéité admis sont, soit conformes à la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) protection comprise pour l'asphalte traditionnel, soit conforme à un Avis Technique spécifique pour terrasse jardin.

7.2 Mise en œuvre de l'isolant

Elle est faite conformément au § 4.1.

7.3 Protection des terrasses jardins

La couche drainante et la couche filtrante sont conformes aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) ou de l'Avis Technique du revêtement. Les matériaux sont approvisionnés à l'avancement avec de petits engins de chantier roulant sur des planches de répartition des charges ; le drain et la terre sont répandus à la main ; on évite ainsi le poinçonnage et la détérioration des plaques d'isolant.

7.1 Points particuliers : reliefs, dilatations, évacuations pluviales

Les détails de toiture sont réalisés en conformité avec les prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) chapitre terrasses jardins et des Avis Techniques spécifiques. Les entrées pluviales sont visitables.

8. Matériaux

8.1 Polyfoam LJ

8.11 Définition des matériaux

- a) POLYFOAM C350A LJ : polystyrène rigide, extrudé par mélange CO₂/HFC (sans CFC, sans HCFC), obtenu en plaques par extrusion et caractérisés par une peau de surface surdensifiée ;
- b) POLYFOAM D350A LJ : polystyrène rigide, extrudé par mélange HFC (sans CFC, sans HCFC), obtenu en plaques par extrusion et caractérisés par une peau de surface surdensifiée.

8.12 Spécifications

Voir *tableau 3*

8.13 Autres valeurs indicatives

Voir *tableau 4*

8.14 Fabrication et contrôles

8.14.1 Fabrication

Les panneaux POLYFOAM C350A LJ et POLYFOAM D350A LJ sont fabriqués par la société Knauf Insulation dans son usine d'Artix (France). La fabrication s'effectue en continu et comprend essentiellement les étapes suivantes :

- mélange du polystyrène et des additifs,
- fusion et homogénéisation du mélange,
- extrusion de la pâte,
- découpe, emballage,

- stabilisation par stockage avant livraison chez le producteur. Le fabricant s'engage à ne procéder à la livraison qu'après un délai de stabilisation reconnu approprié par rapport à la stabilité dimensionnelle spécifiée.

8.142 Contrôle de fabrication

Il est effectué par le laboratoire de l'usine suivant les fréquences, modalités et exigences de la norme EN 13164 des isolants en polystyrène extrudé et de la certification ACERMI.

8.143 Contrôles effectués par un organisme extérieur

L'usine Artix est certifiée et auditée par l'ACERMI (France), l'AENOR (Espagne) et le BCCA (Belgique) selon les modalités des réglementations en vigueur.

8.15 Conditionnement - identification - étiquetage - stockage

8.151 Conditionnement

Il se fait sous film polyéthylène thermorétracté en colis protégés 6 faces.

8.152 Identification et étiquetage

Chaque panneau porte l'impression de la date de fabrication.

Chaque colis porte une étiquette précisant le nom du produit, les dimensions, le nombre de plaques, la référence du lot, la résistance thermique et la conductivité thermique certifiées selon ACERMI, le code de désignation et le marquage CE.

8.153 Stockage

Le stockage est effectué en usine, à l'abri de l'eau et des intempéries. La livraison s'effectue après mûrissement, cf. § 8.141.

Un stockage à l'abri des intempéries sous emballage d'origine est demandé à tous les dépositaires ainsi qu'aux entrepreneurs sur les chantiers. Toutes précautions doivent être prises au stockage pour éviter les épaufrures des bords feuillurés et toute autre dégradation du produit, ainsi que la proximité de matériaux facilement inflammables.

8.2 Autres matériaux

8.21 Matériaux pour étanchéité

- Matériaux traditionnels d'étanchéité en asphalte conformes à la norme NF P 84-204 (DTU 43.1).
- Revêtements d'étanchéité définis par leurs Avis Techniques lorsque ceux-ci visent les applications sous isolation inversée, et à condition qu'ils ne contiennent pas de solvants volatils (par exemple brai de houille).
- Matériaux pour relevés conformes à la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) pour les revêtements en asphalte traditionnel, ou aux Avis Techniques des revêtements.

8.22 Couche de désolidarisation, et couche de séparation

Voile non-tissé de 170 g/m² au minimum en polyester ou polypropylène. Lorsqu'on met en œuvre une protection coulée en béton, cas du chemin de nacelles des terrasses techniques, un film synthétique d'épaisseur minimum 100 µm reçoit le béton.

8.23 Couche de diffusion

Voile non-tissé (cf. § 8.22) déroulé à recouvrement de 10 cm et recouvert de gravillons 3/8 sur 3 cm. Si l'on met en œuvre une protection coulée en béton, ou une chape de mortier, un film synthétique d'épaisseur minimum 100 µm reçoit le béton ou le mortier.

8.24 Protections

Cf. tableau 1

8.241 Toitures inaccessibles

Graviers de granulométrie comprise entre 10 mm et 2/3 de l'épaisseur de la protection. Un gravier de granulométrie plus petite que 10 mm est néanmoins utilisable, avec un minimum de 5 mm, à condition d'interposer une couche de séparation (cf. § 8.22) pour empêcher la pénétration des grains dans les joints des panneaux.

8.242 Toitures accessibles

- Dalles préfabriquées conformes à la norme NF EN 1339 de classe minimum (flexion-rupture) : 1-45 (marquage S-4), pour pose sur lit de gravillons.
- Dalles préfabriquées conformes à la norme NF EN 1339 de classe minimum (flexion-rupture) : 2-70 ou 2-110 (marquages T-7 et T-11), pour pose sur plots.

- Plots conformes aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) ou aux Avis Techniques des revêtements.
- Revêtements de sol durs résistant au gel, pour pose scellée ou collée sur chape fractionnée (cf. la norme NF P 84-204 - DTU 43.1). Emploi limité à l'usage privatif, surface < 50 m² environ.
- Dans le cas particulier d'une protection lourde recevant des revêtements de sol scellés, la pente minimum est de 1,5 % conformément à la norme NF P 61-202 (DTU 52.1).
- Pavés autobloquants ou non pour pose sur lit de sable (cf. la norme NF P 84-204 - DTU 43.1) et sa couche de séparation (cf. § 8.22).

8.25 Membrane géotextile SLIMLINE

8.251 Définition matériau

Le SLIMLINE est une membrane géotextile de fibres non-tissées de polypropylène qui résiste au passage de l'eau mais reste respirante.

8.252 Spécifications

- Masse : 95 g (-5, +10) % selon EN 1849-2 ;
- Épaisseur : minimum (0,35 - 0,1) mm selon EN 1849-2 ;
- Dimensions du rouleau :
 - largeur nominale (cm) : 150 ou 300 cm 1% selon EN 1848-2,
 - longueur nominale : 50 m ou 100 m ;
- Caractéristiques physiques :
 - transmission de vapeur d'eau :
 - valeur $S_d \leq 0,02 \text{ m} \pm 5 \%$ selon la norme EN 1931,
 - résistance à la pénétration d'eau :
 - W1 selon la norme EN 13111,
 - résistance en traction selon la norme EN 12311-1 :
 - sens machine : 185 N/5cm,
 - sens transversal : 130 N/5cm,
 - résistance à la déchirure au clou selon la norme EN 12310-1 :
 - sens machine : 55 N/20cm,
 - sens transversal : 65 N/20cm,
 - souplesse à basse température :
 - conforme à -20 °C selon norme EN 1109,
 - stabilité aux UV :
 - 4 mois selon la norme EN 1297
 - aspect :

Le produit est orange avec le marquage « Polyfoam Slimline Knauf Insulation ». Les rouleaux sont emballés sous film polyéthylène.

Le produit est fabriqué par les sociétés :

- JUTA as République Tchèque, nom commercial : Slimline,
- GRILTEX sa France, nom commercial : Slimline.

9. Détermination de la résistance thermique du système

9.1 Principe

Les déperditions thermiques à travers une toiture avec isolation inversée sont la somme des déperditions d'une toiture conventionnelle de même constitution et des déperditions additionnelles entraînées par le ruissellement et l'évaporation de l'eau entre l'isolant et le revêtement. Ces dernières sont globalement compensées, sur la période de chauffage, par une augmentation de l'épaisseur d'isolant inversé réduisant les déperditions par temps sec.

9.2 Détermination de l'épaisseur des panneaux POLYFOAM C350A LJ et POLYFOAM D350A LJ

9.21 Méthode générale

À partir des données suivantes fournies par le Maître d'Œuvre :

- U exigé, en W/(m².K), en partie courante,
 - composition du sous-jacent (incluant éventuellement un isolant sous étanchéité),
 - implantation de la construction (ville - département),
 - cas normal ou cas particulier (plancher chauffant),
 - protection (scellée ou coulée - jardin - cf. majoration du λ),
- on applique la formule suivante :

$$U = U_0 + \Delta U_r$$

dans laquelle :

- a) U_o est le coefficient U moyen de la toiture compte non tenu des déperditions additionnelles dues à la circulation de l'eau entre étanchéité et isolant :

$$\frac{1}{U_o} = 0,14 + R_o + R_i = R_T$$

avec :

- R_o est la résistance thermique comprise entre la face interne de la toiture et la surface du revêtement, en $m^2.K/W$, complétée par celle de la protection rapportée au-dessus de l'isolant ;
- R_i : résistance thermique de la couche d'isolant au dessus de la membrane d'étanchéité, en $m^2.K/W$, déterminée avec la formule suivante :

$$R_i = \frac{e_i}{(\lambda + \Delta\lambda)}$$

et dans laquelle :

- e_i , en m, est l'épaisseur de l'isolant inversé,
- $\lambda + \Delta\lambda$ ($W/m.K$) est la conductivité thermique de Polyfoam LJ dans les conditions d'emploi en inversé, obtenue comme suit :
 - λ conductivité de base certifié par l'ACERMI, ou λ_{DTU} , ou λ_D majoré de 15 %,
 - $\lambda + \Delta\lambda$ conductivité utile en isolation inversée pour conditions normales ou planchers semi-chauffants, majoration 2 mW/m.K,
 - $\lambda + \Delta\lambda$ conductivité utile en isolation inversée pour jardins - protection dure maçonnée ou planchers chauffants avec température du revêtement d'étanchéité < 30 °C, majoration 4 mW/m.K.
- R_T : résistance thermique totale, en $m^2.K/W$.

Nota : le calcul des résistances thermiques est fait avec trois chiffres significatifs, et le coefficient U est calculé avec deux chiffres significatifs.

- b) ΔU_r , en $W/(m^2.K)$, correspond à la correction du coefficient U moyen de la toiture compte tenu des déperditions dues à la circulation de l'eau entre étanchéité et isolant, calculé pour une hauteur p de précipitation exprimée en millimètres / jour (p selon le *tableau 5*) et à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_i}{R_T} \right)^2$$

avec :

- p : précipitation moyenne pendant la saison de chauffe, en millimètres / jour (mm/j),
- f . x : facteurs de drainage et d'accroissement des pertes de chaleur par drainage, valeur égale à 0,04 dans le cas du procédé Polyfoam LJ,

Nota : le correcteur ΔU_r est calculé à deux décimales près ; $\Delta U_r < 0,01 W/(m^2.K)$ est considéré égal à zéro.

9.22 Exemples de calcul thermique pour un chantier spécifique

À partir des données propres au chantier :

- département : Nord (59), soit p = 1,84 mm/j,
 - terrasse inaccessible, soit majoration $\lambda = 2$ mW/m.K.
- a) Avec un panneau POLYFOAM C350A LJ certifié ACERMI :
- Épaisseur $e_i = 0,80$ m, soit $R_i = 2,105$ $m^2.K/W$;
 - Résistance thermique totale du complexe de toiture : $R_T = 2,385$ $m^2.K/W$.
- On détermine successivement : le coefficient ΔU_r (0,06 $W/(m^2.K)$), la valeur U_o (0,42 $W/(m^2.K)$), et le coefficient U = 0,48 $W/(m^2.K)$.
- b) Avec un panneau POLYFOAM D350A LJ certifié ACERMI :
- Épaisseur $e_i = 60$ mm, soit $R_i = 1,875$ $m^2.K/W$;
 - Résistance thermique totale du complexe de toiture : $R_T = 2,145$ $m^2.K/W$.
- On détermine successivement : le coefficient ΔU_r (0,06 $W/(m^2.K)$), la valeur U_o (0,47 $W/(m^2.K)$), et le coefficient U = 0,53 $W/(m^2.K)$.

9.23 Détermination de l'épaisseur des panneaux avec la solution Polyfoam Slimline

Le principe de calcul de solution membrane Slimline a été entériné en C.T.A.T. le 2 avril 2007.

Le principe de calcul est identique à celui explicité au § 9.2 mais avec une correction ΔU_r améliorée du coefficient de transmission thermique de la toiture U.

En effet l'utilisation de la membrane respirante SLIMLINE permet de réduire la quantité d'eau de pluie ruisselant entre les panneaux Polyfoam LJ ce qui conduit à une performance thermique de la toiture améliorée.

Grâce à l'interposition de la membrane le facteur fx de drainage et d'accroissement des pertes de chaleur par drainage est réduit de 0.04 à 0,001 dans la formule :

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_i}{R_T} \right)^2$$

Le coefficient ΔU_r devient alors égal à 0 $W/(m^2.K)$ quelque soit le type de panneau son épaisseur, la région géographique et la majoration $\Delta\lambda$.

B. Résultats expérimentaux

Les essais d'identification, aptitude à l'emploi et durabilité ont été rapportés dans les documents suivants :

- Rapport d'essais du CSTB n° TO04-003 du 8 juillet 2004, pour le POLYFOAM D350A, identification - aptitude à l'emploi - durabilité ;
- Rapport de classement européen n° RA03-0321 de réaction au feu selon la norme européenne NF EN 13501-1 du CSTB pour le POLYFOAM D350A LJ ;
- Rapport d'essais du CSTB n° TO04-004 du 8 juillet 2004, pour le POLYFOAM C350A, identification - aptitude à l'emploi - durabilité ;
- Rapport de classement européen n° RA03-0322 de réaction au feu selon la norme européenne NF EN 13501-1 du CSTB pour le POLYFOAM C350A LJ.
- Rapport d'essais du Bureau Veritas n° 1683004/2A du 2 mars 2007, classe de compressibilité (UEAtc).
- Rapport d'essai n° 2757 du British Board of Agrément (BBA): Determination of water flow through an inverted roof system using Polyfoam Slimline breather membrane.
- Décision n° 83 du Comité Thermique de l'Avis Technique du 2 avril 2007.
- Rapports de classement européen du CSTB du 15 juin 2007, n° RA07-0245 pour le POLYFOAM D-350 A LJ et n° RA07-0246 pour le POLYFOAM C-350 A LJ, classement E.

C. Références

L'usine d'Artix produit des panneaux de polystyrène extrudé depuis 1991.

Les produits POLYFOAM C350A et POLYFOAM D350A sont fabriqués depuis fin 2001. Ce procédé Polyfoam LJ, avec nouveaux gaz, a été appliqué sur plusieurs milliers de mètres carrés de toiture.

Avec la solution Polyfoam Slimline, une liste de chantiers totalisant 1 500 mètres carrés de toitures a été remise.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 – Constitution du système Polyfoam LJ selon la destination de l'ouvrage

| | Terrasses non accessibles | | | Terrasse accessible aux piétons et séjour | | | | Terrasse jardin |
|-------------------------------|--|--|--|---|--|---|-----------------------------|---|
| | Terrasse inaccessible (1) | Terrasse technique | Terrasse technique avec chemin de nacelles | Dalles préfabriquées posées à sec | dalles sur plots | carreaux usage privatif surface ≤ 50 m ² | pavés | |
| Majoration de λ (Δλ) | 2 mW/m.K | 2 mW/m.K | 4 mW/m.K | 2 mW/m.K | 2 mW/m.K | 4 mW/m.K | 4 mW/m.K | 4 mW/m.K |
| Pression d'utilisation | | | (4) | 0,6 daN/cm ² | 0,4 daN/cm ² ou (5) 0,6 daN/cm ² | 0,6 daN/cm ² | 0,6 daN/cm ² | 0,6 daN/cm ² |
| Couche de séparation | Non-tissé, si la granulométrie réelle est < 10 mm | Gravier ou non-tissé | Non-tissé + film synthétique 100 μm | Non-tissé + | | Non-tissé + | Non-tissé + | |
| Couche de diffusion | | | | gravillons 3/8 épaisseur ≥ 3 cm | Plots conformes à la norme - DTU 43.1 ou aux Avis Techniques des revêtements | gravillons 3/8 épaisseur 3 cm + film synthétique 100 μm ou non-tissé | sable épaisseur 6 cm | Couche drainante et couche filtrante conformes à la norme - DTU 43.1 ou aux Avis Techniques des revêtements |
| Couche de protection | Gravier de granulométrie > 10 mm : - soit d'épaisseur = à celle de l'isolant (2), - Soit d'épaisseur < à celle de l'isolant (3) avec voile | Dallettes de classe 1-45 et conformes à la norme NF EN 1339 posées à sec | Béton armé coulé sur une largeur limitée à 2 m environ | Dalles de classe 1-45 et conformes à la norme NF EN 1339 posées à sec | Dalles de classe 2-70 ou 2-110 et conformes à la norme NF EN 1339 | Chape de mortier fractionnée, cf. norme - DTU 43.1 + carreaux scellés ou collés (6) | Pavés, cf. norme - DTU 43.1 | Terre végétale |

(1) Les chemins de circulation sont réalisés avec des dallettes sur couche de séparation (cf. § 4.213).

(2) Cf. § 4.311 du Dossier technique.

(3) Cf. § 4.312 du Dossier technique.

(4) Prendre en compte les valeurs $R_{cs} - ds_{\min} ds_{\max}$ (Cahier du CSTB 3230 de juin 2000) du tableau 3.

(5) Pression maximum d'utilisation sous un plot (cf. § 4.222) :

- 0,4 daN/cm² pour les POLYFOAM C350A LJ d'épaisseurs 30 mm et 40 mm, et POLYFOAM D350A LJ d'épaisseurs 40 mm - 50 mm et 60 mm ;
- 0,6 daN/cm² pour les POLYFOAM C350A LJ d'épaisseurs ≥ 50 mm, et POLYFOAM D350A LJ d'épaisseurs ≥ 70 mm.

(6) Revêtements scellés selon la norme NF P 61-202 (DTU 52.1), ou collés selon le Cahier des Prescriptions Techniques d'exécution « Revêtements de sols intérieurs et extérieurs en carreaux céramiques ou analogues collés au moyen de mortiers-colles » (Cahier du CSTB 3267 d'octobre 2000).

Tableau 2 – Épaisseurs minimums de la protection dure pour piétons et séjour

| Épaisseur de la couche isolante | Épaisseur des dalles en béton sur couche de séparation | Épaisseur des dalles en béton sur plots |
|---|--|---|
| 30 et 40 mm 50 mm 60 et 70 mm 80 mm 90 mm (1) 100, 110, 120 mm (1) | 30 mm 40 mm 50 mm 60 mm 60 mm 70 mm | 50 mm quelle que soit l'épaisseur des panneaux (2) |

(1) Uniquement pour les panneaux POLYFOAM D350A LJ.

(2) Terrasse accessible sous dalles sur plots : sauf POLYFOAM C350 LJ en épaisseur 30 mm (cf. § 4.322).

Tableau 3 – Caractéristiques spécifiées des panneaux POLYFOAM C350A LJ et POLYFOAM D350A LJ

| Caractéristiques | Valeurs spécifiées | Unité | Observations |
|--|---|---|--|
| Géométriques Longueur Largeur Épaisseurs - T1 : - POLYFOAM C350A LJ au pas de 10 mm - POLYFOAM D350A LJ au pas de 10 mm Tolérances : - d'équerrage de la longueur et de largeur - de planéité de surface - d'aspect | 1250 ± 5 600 ± 3 } 30, 40 ± 2 50 à 100 (-2, +3) } 30, 40 ± 2 50 à 120 (-2, +3) | mm mm mm mm mm/m mm | Norme EN 822. Norme EN 822. } Norme EN 823. } Norme EN 823. Norme EN 824. Norme EN 825. La surface du panneau doit montrer une peau d'extrusion sans craquelure > 3 mm. |
| Présentation | Les chants des panneaux sont feuillurés sur les 4 côtés : largeur 15 mm x ½ épaisseur nominale comptée à partir de la face inférieure. Couleur : orange dans la masse, l'intensité de la teinte pouvant varier d'un panneau à l'autre. | | |
| Pondérales Masse volumique | ≥ 32 | kg/m ³ | Norme EN 1602 |
| Mécaniques Résistance en compression à 10 % d'écrasement - CS(10V)300 Classe de compressibilité (charge d'essai 40 kPa à 60 °C) Résistance de service à la compression, dans le domaine des toitures-terrasses : - POLYFOAM C350A LJ, 30 mm ≤ épaisseurs ≤ 40 mm - POLYFOAM C350A LJ, 50 mm ≤ épaisseurs ≤ 100 mm - POLYFOAM D350A LJ, 30 mm ≤ épaisseurs ≤ 40 mm - POLYFOAM D350A LJ, 50 mm ≤ épaisseurs ≤ 120 mm | ≥ 300 Classe C Rcs _{mini} = 0,13 ds _{mini} = 0,8 ds _{maxi} = 2,0 Rcs _{mini} = 0,21 ds _{mini} = 0,8 ds _{maxi} = 1,8 Rcs _{mini} = 0,12 ds _{mini} = 1,6 ds _{maxi} = 2,0 Rcs _{mini} = 0,21 ds _{mini} = 1,5 ds _{maxi} = 2,0 | kPa MPa % % MPa % % MPa % % MPa % % | Norme EN 826. Guide UEAtc. Suivant norme NF P 84-201 (DTU 20.12) annexe D, et <i>Cahier du CSTB</i> 3230 juin 2000. |
| Stabilité dimensionnelle - 48 heures à 23 °C / 90 % HR - DS(TH) - déformation sous 40 kPa en compression et 70 °C (168 heures) - DLT(2)5 - Variations dimensionnelles à l'état libre de déformation 23 °C / 60 °C - Incurvation sous l'effet d'un gradient thermique (60 °C / 23 °C) | ≤ 2 ≤ 5 ≤ 0,5 ≤ 5 | % % % mm | Norme EN 1604 Norme EN 1605. Guide UEAtc (§ 4.31). Guide UEAtc (§ 4.32). |
| Thermiques - Résistance thermique certifiée - Conductivité thermique de référence POLYFOAM C350A LJ : - épaisseurs 30 à 60 mm - épaisseurs 70 à 100 mm - Conductivité thermique de référence POLYFOAM D350A LJ : - épaisseurs 30 à 100 mm - épaisseurs 110 à 120mm - Conductivité thermique majorée en isolation inversée | ACERMI λ = 0,034 λ = 0,036 λ = 0,029 λ = 0,035 Δλ | m ² .K/W W/m.K W/m.K W/m.K W/m.K mW/m.K | Figure sur l'étiquetage ; certification ACERMI. Certificat ACERMI n° 04/016/380 Certificat ACERMI n° 04/016/362. Majoration de 2 ou 4 mW/m.K selon l'ouvrage (voir § 9 et <i>tableau 1</i>). |
| Réaction au feu Euroclasse : POLYFOAM C350A LJ et POLYFOAM D350A LJ | E | | Rapports de réaction au feu : cf. § B. |

Tableau 4 – Caractéristiques indicatives

| Caractéristiques | Valeurs indicatives | Unité | Observations |
|---|---------------------|------------------|---------------------------|
| Hygrométriques - absorption d'eau à long terme par immersion totale (28 jours) - WL(T)0,7 | < 0,5 | % volume | Norme EN 12087 méthode 2A |
| Stabilité dimensionnelle - coefficient de dilatation thermique | 7.10 ⁻⁵ | °C ⁻¹ | |

Tableau 5 – Précipitations moyennes (p, en mm/j)

PRECIPITATIONS MOYENNES EN MM/JOUR (Oct. à Avril / Période 1961-1990)

| Département | | Département | | Département | | Département | |
|-------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------------|
| n° | Nom | n° | Nom | n° | Nom | n° | Nom |
| p | | p | | p | | p | |
| mm/j | | mm/j | | mm/j | | mm/j | |
| 01 | AIN | 33 | GIRONDE | 65 | HAUTES-PYRENEES | 91 | ESSONNE |
| 02 | AISNE | 34 | HERAULT | 66 | PYRENEES-ORIENTALES | 92 | HAUTS-DE-SEINE |
| 03 | ALLIER | 35 | ILLE-ET-VILAINE | 67 | BAS-RHIN | 93 | SEINE-SAINT-DENIS |
| 04 | ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE | 36 | INDRE | 68 | HAUT-RHIN | 94 | VAL-DE-MARNE |
| 05 | HAUTES-ALPES | 37 | INDRE-ET-LOIRE | 69 | RHONE | 95 | VAL-D-OISE |
| 06 | ALPES-MARITIMES | 38 | ISERE | 70 | HAUTE-SAONE | | |
| 07 | ARDECHE | 39 | JURA | 71 | SAONE-ET-LOIRE | | |
| 08 | ARDENNES | 40 | LANDES | 72 | SARTHE | | |
| 09 | ARIEGE | 41 | LOIR-ET-CHER | 73 | SAVOIE | | |
| 10 | AUBE | 42 | LOIRE | 74 | HAUTE-SAVOIE | | |
| 11 | AUDE | 43 | HAUTE-LOIRE | 75 | VILLE-DE-PARIS | | |
| 12 | AVEYRON | 44 | LOIRE-ATLANTIQUE | 76 | SEINE-MARITIME | | |
| 13 | BOUCHES-DU-RHONE | 45 | LOIRET | 77 | SEINE-ET-MARNE | | |
| 14 | CALVADOS | 46 | LOT | 78 | YVELINES | | |
| 15 | CANTAL | 47 | LOT-ET-GARONNE | 79 | DEUX-SEVRES | | |
| 16 | CHARENTE | 48 | LOZERE | 80 | SOMME | | |
| 17 | CHARENTE-MARITIME | 49 | MAINE-ET-LOIRE | 81 | TARN | | |
| 18 | CHER | 50 | MANCHE | 82 | TARN-ET-GARONNE | | |
| 19 | CORREZE | 51 | MARNE | 83 | VAR | | |
| 20 | CORSE | 52 | HAUTE-MARNE | 84 | VAUCLUSE | | |
| 21 | COTE-D-OR | 53 | MAYENNE | 85 | VENDEE | | |
| 22 | COTES-D-ARMOR | 54 | MEURTHE-ET-MOSELLE | 86 | VIENNE | | |
| 23 | CREUZE | 55 | MEUSE | 87 | HAUTE-VIENNE | | |
| 24 | DORDOGNE | 56 | MORBIHAN | 88 | VOSGES | | |
| 25 | DOUBS | 57 | MOSELLE | 89 | YONNE | | |
| 26 | DROME | 58 | NIEVRE | 90 | TERRITOIRE-DE-BELFORT | | |
| 27 | EURE | 59 | NORD | | | | |
| 28 | EURE-ET-LOIR | 60 | OISE | | | | |
| 29 | FINISTERE | 61 | ORNE | | | | |
| 30 | GARD | 62 | PAS-DE-CALAIS | | | | |
| 31 | HAUTE-GARONNE | 63 | PUY-DE-DOME | | | | |
| 32 | GERS | 64 | PYRENEES-ATLANTIQUES | | | | |

Les données représentées ici sont celles des stations du réseau synoptique de Météo-France qui ont effectué des mesures sur la période 1961-1990 et qui n'ont pas subi de déplacement important sur cette période. A celles-ci ont été rajoutées 6 stations qui ont subi un déplacement important durant cette période et pour lesquelles la série trentenaire n'était donc pas homogène : Gourdon (Lot), Grenoble (Isère), Limoges (Haute-Vienne), Millau (Aveyron), Rouen (Seine-Maritime), Tours (Indre-et-Loire). Nous avons choisi de calculer des moyennes pour ces stations, sur la plus longue période homogène comprise entre 1961 et 1990, pour avoir la meilleure répartition spatiale possible (orig: Météo France).

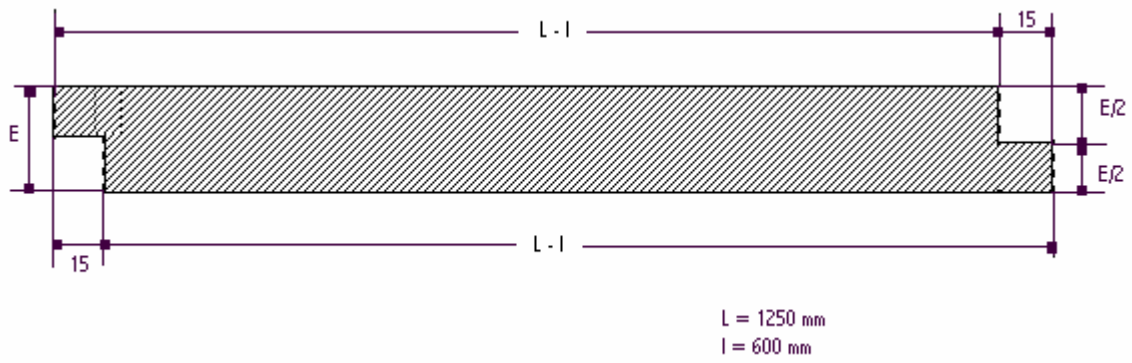


Figure 1 – Joint à recouvrement (feuillures alternées)

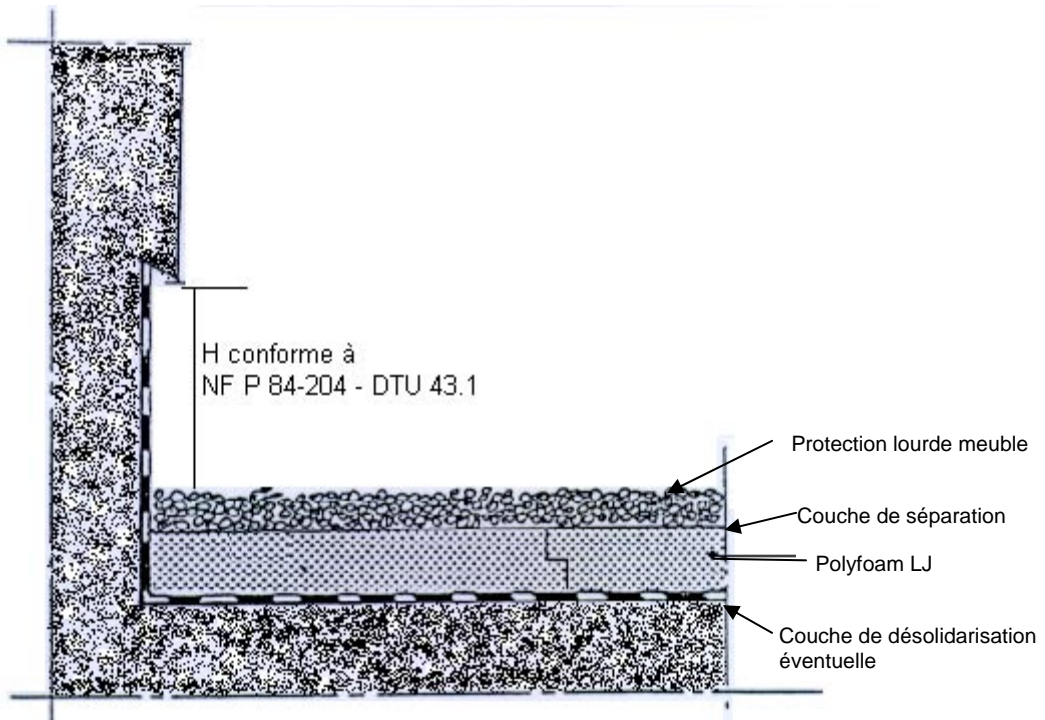


Figure 2 – Terrasse inaccessible

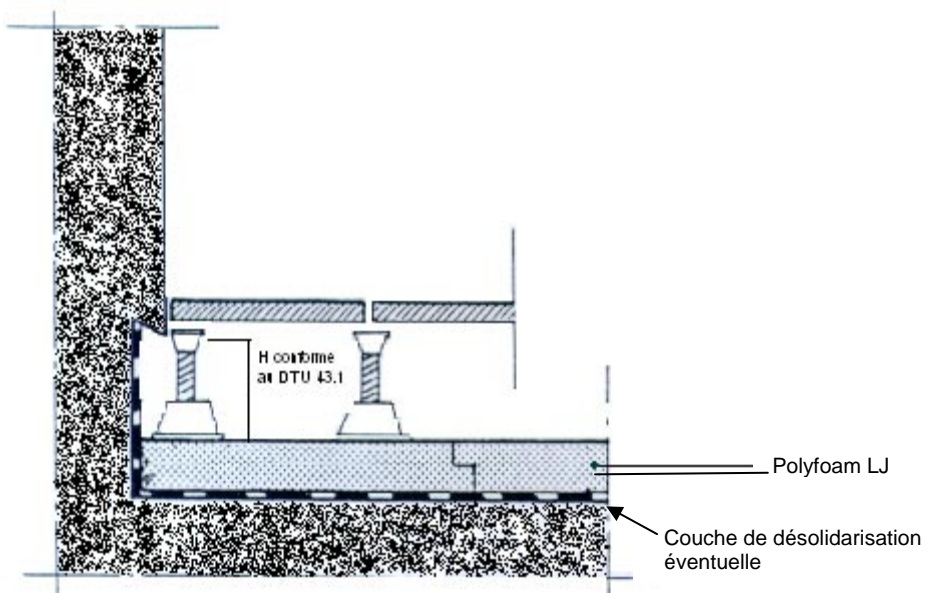


Figure 3 – Terrasse accessible (Dallettes sur plots)

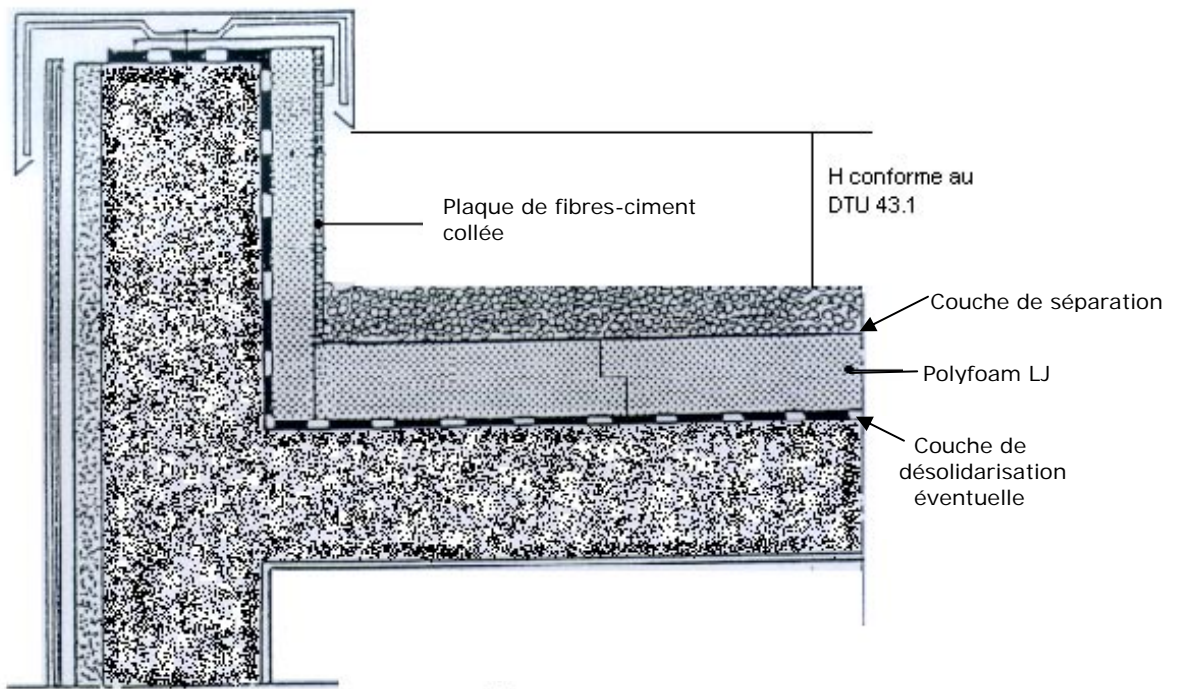


Figure 4 – Protection des relevés par Polyfoam LJ et plaque rigide fibres-ciment

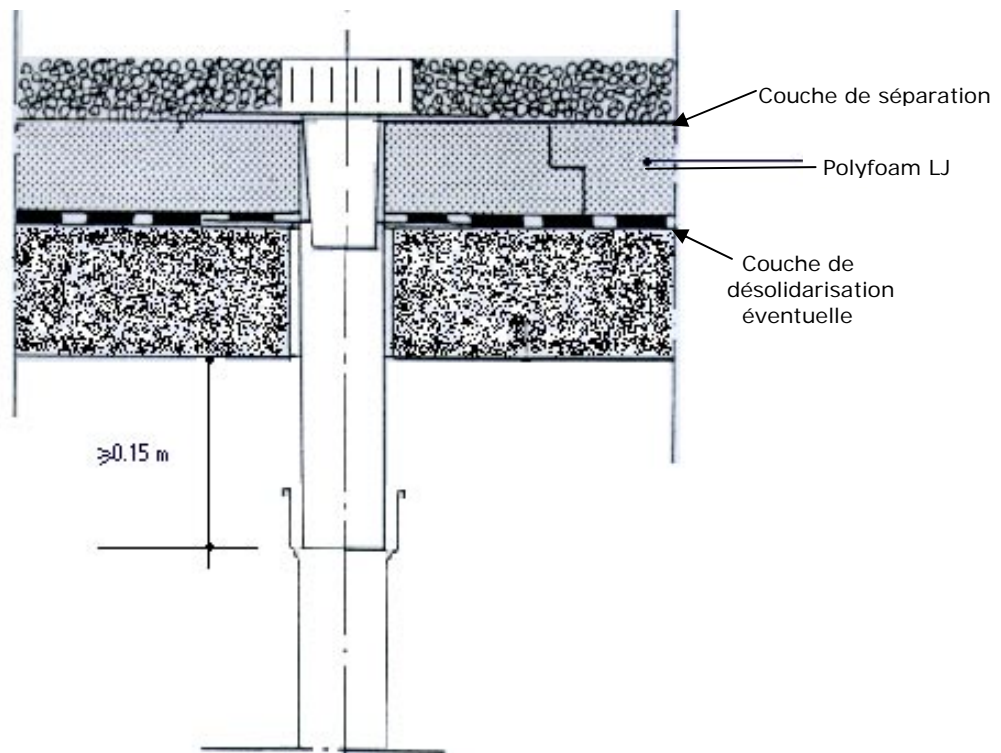


Figure 5 – Exemple d'évacuation d'eaux pluviales

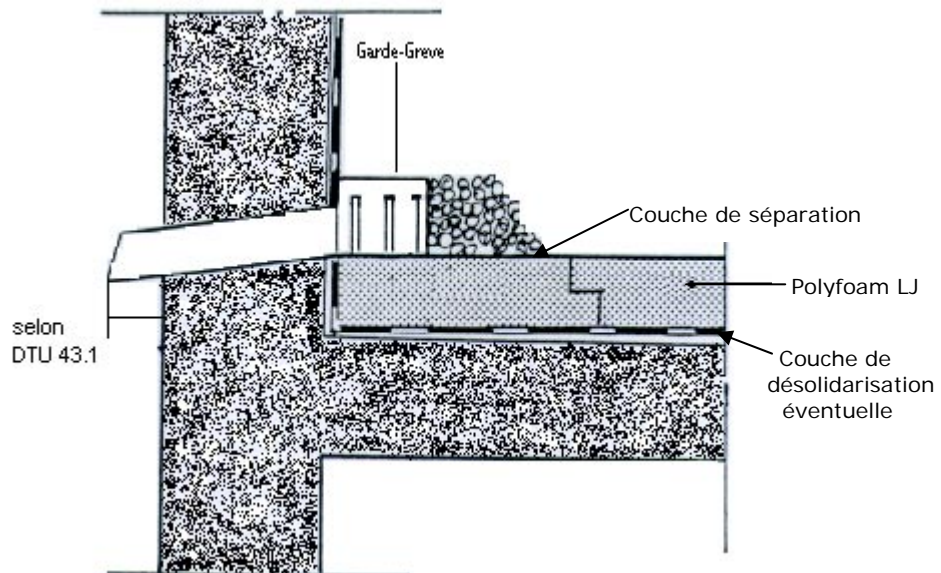


Figure 6 – Trop-plein

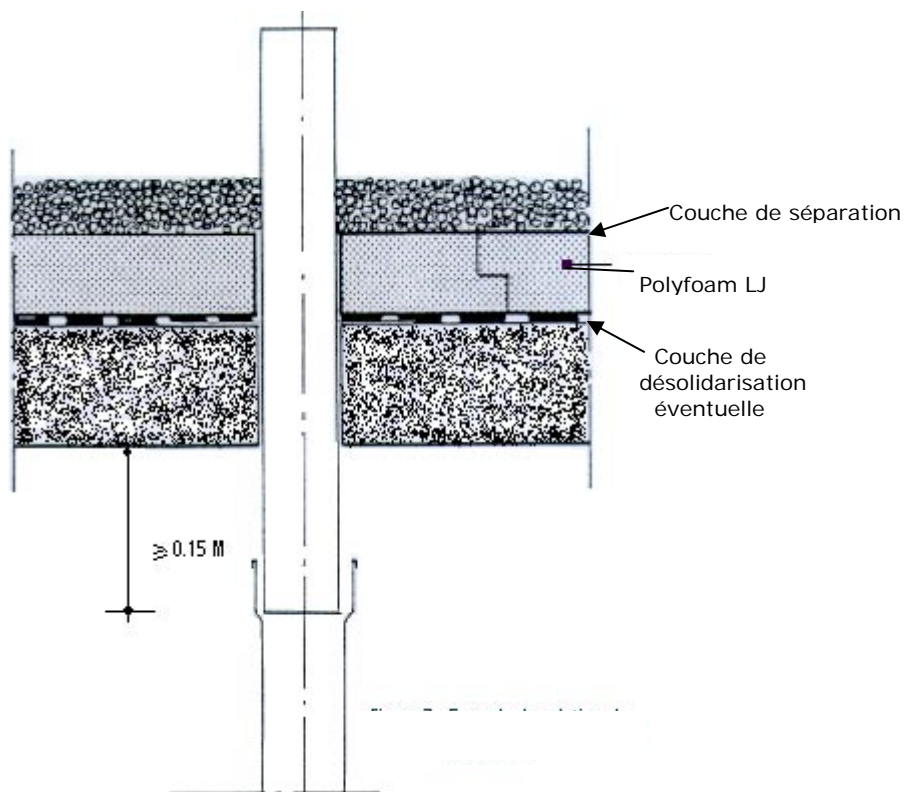


Figure 7 – Exemple de solution de ventilation

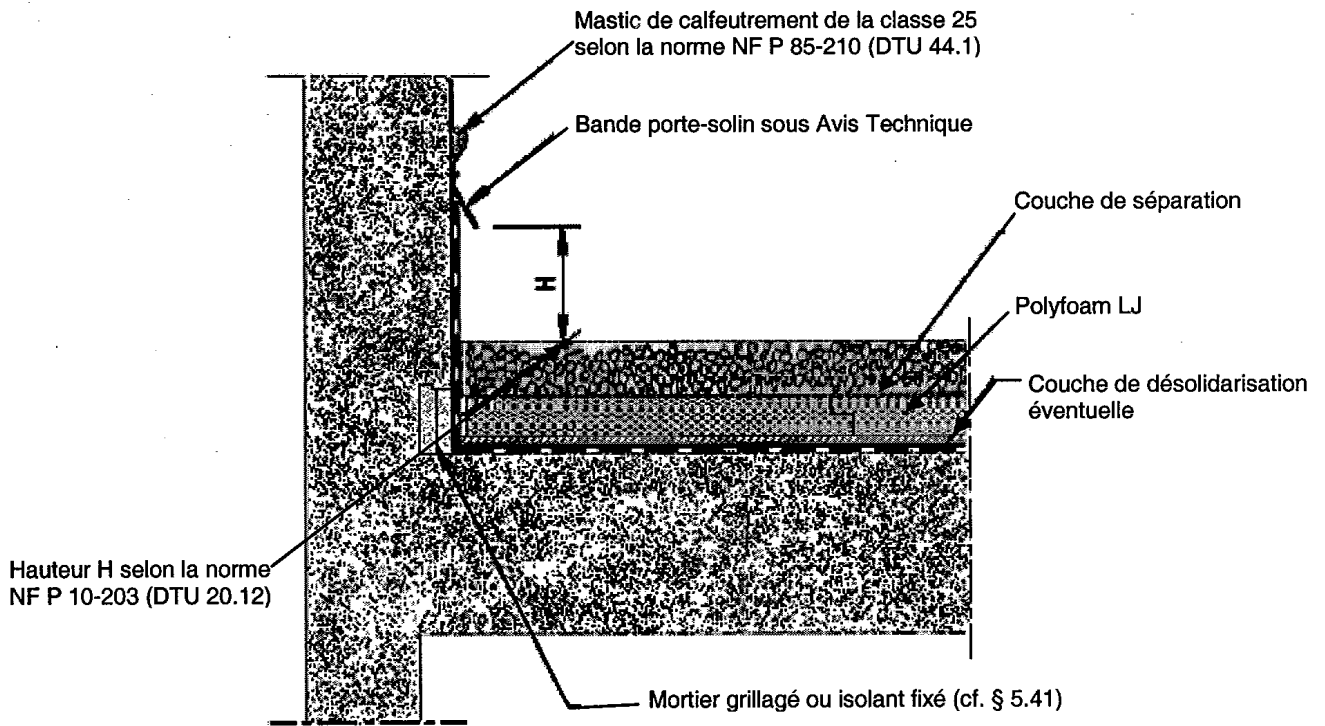


Figure 8 – Toiture existante, rehaussement du relevé d'étanchéité avec mortier grillagé

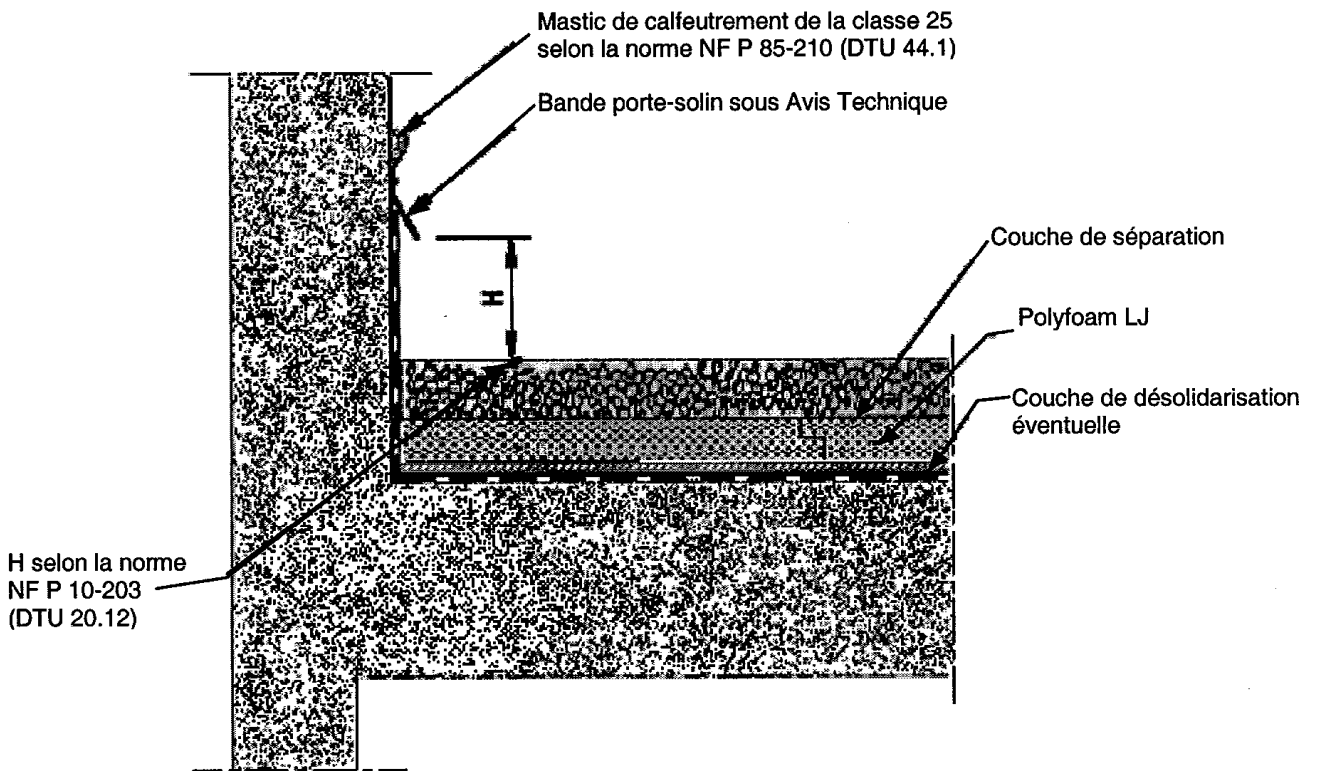


Figure 9 – Toiture existante, rehaussement du relevé d'étanchéité

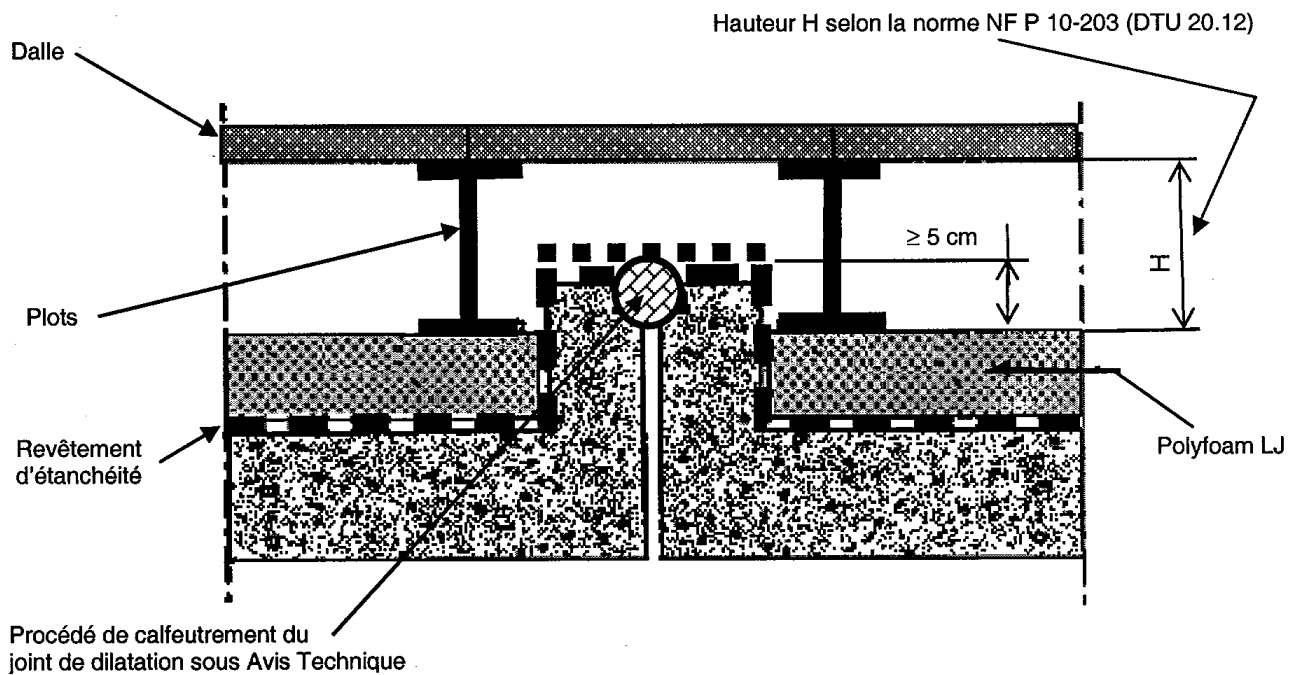


Figure 10 – Joint plat surélevé et dalles sur plots

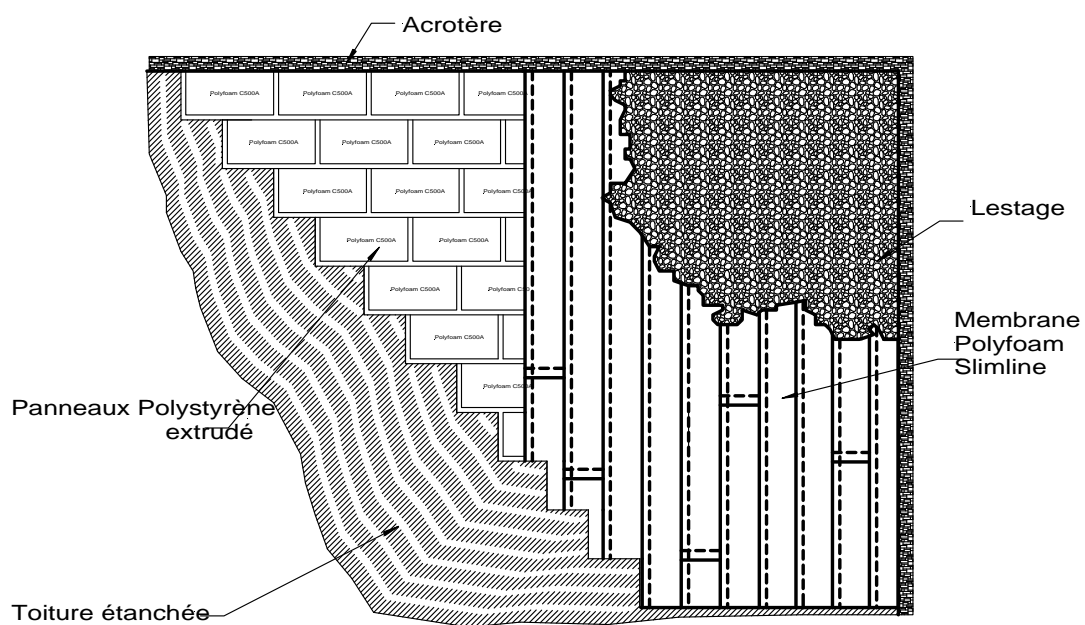


Figure 11 – Mise en œuvre de la membrane Polyfoam Slimline

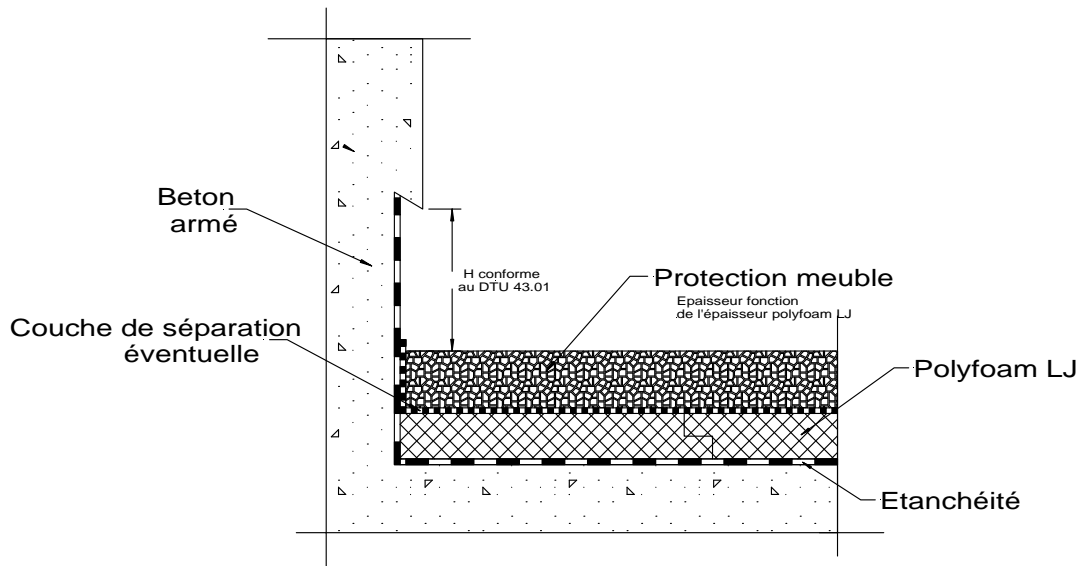


Figure 12 – Exemple de relevé sur relief : acrotère en toiture inaccessible à retenue temporaire des eaux pluviales

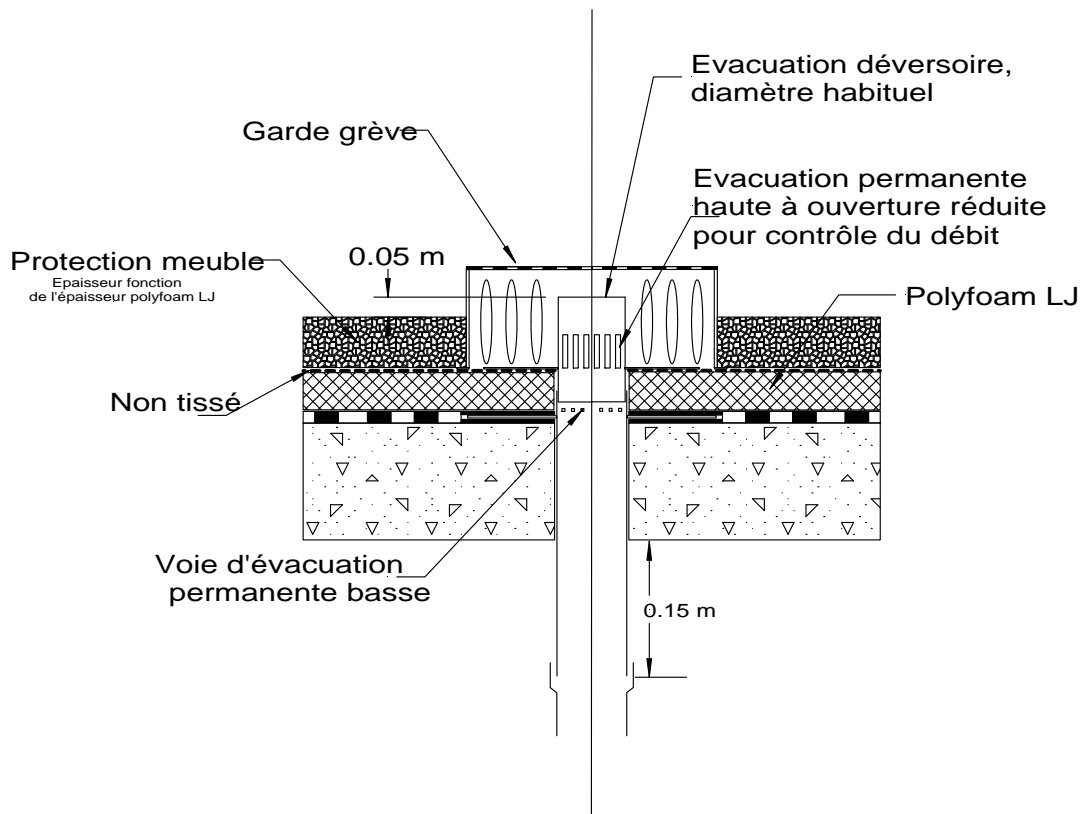


Figure 13 – Principe d'évacuation pluviale pour toiture à rétention temporaire des eaux pluviales
Exemple de solution avec évacuation déversoir et permanente solidaires

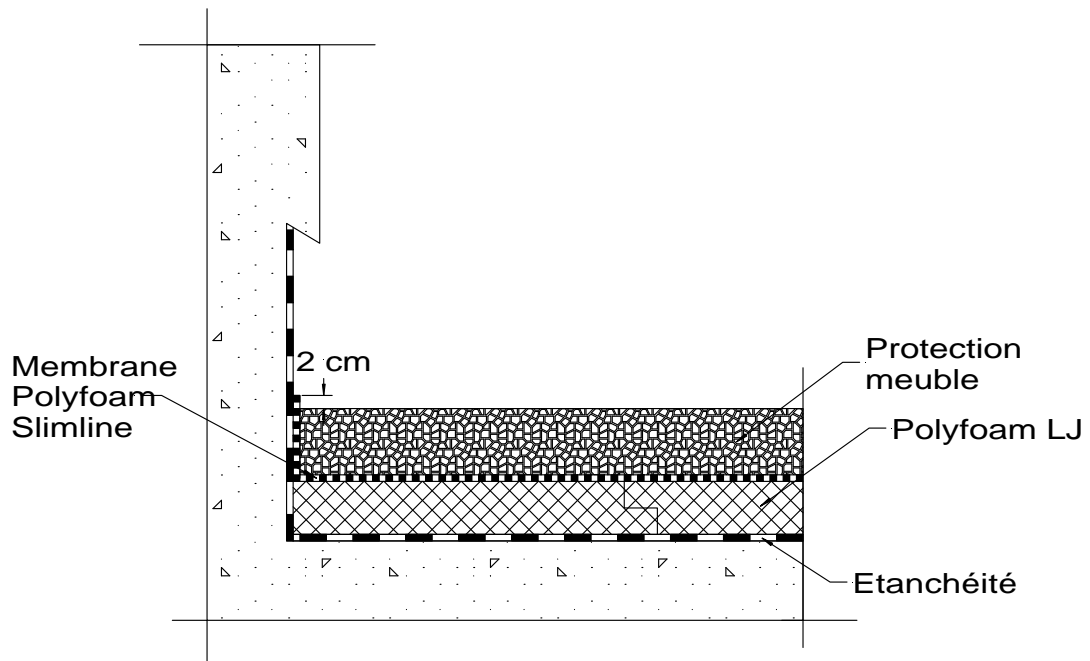


Figure 14 – exemple de relevé sur relief : acrotère en toiture avec la solution membrane « Polyfoam Slimline »

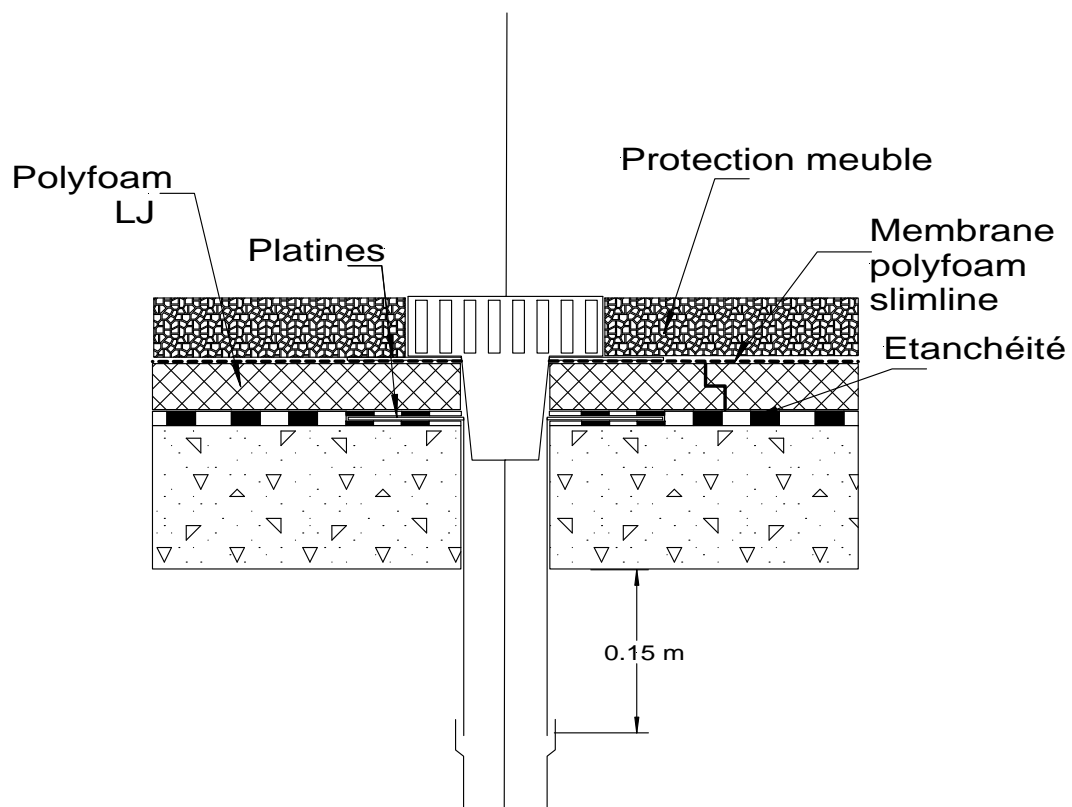


Figure 15 – Exemple d'évacuation des eaux pluviales en toiture avec la solution membrane « Polyfoam Slimline »