

Recommandations professionnelles AFIPEB / FFB UMGO

Isolation thermique en panneaux de polystyrène expansé (PSE) en sous-face de dalles portées sur terre-plein

Edition n° 1 - Janvier 2019



Association Française pour l'Isolation
en Polystyrène Expansé dans le bâtiment

3, rue Alfred Roll - 75849 Paris cedex 17
Tél. 01 44 01 47 74

www.afipeb.org



Union de la Maçonnerie et du Gros Œuvre

7 rue la Pérouse - 75784 Paris Cedex 16
01 40 69 51 66/ 06 75 83 23 96

www.umgo.ffbatiment.fr

Rédaction du document

Ont participé à la rédaction de ce document :

Pour l'AFIPEB

- Nicolas BRUGIERE – KNAUF
- Jacques DENIMAL - PLACOPLATRE
- Sébastien LABROSSE - SINIAT
- Nadia MELIANI - ISOBOX
- Françoise NAVARRE - AFIPEB
- Gilles Robert SARACCO - DELTISOL

Pour la FFB/UMGO

- Orhan ERGUN – FFB / UMGO
- Julien SERRI – FFB / UMGO

Sommaire

1	Préambule	5
2	Domaine d'emploi	5
3	Documents de référence	6
4	Définition	7
5	Supports	8
6	Constitution du complexe d'isolation et ouvrage sus-jacent	8
6.1	Film anti capillarité	8
6.2	Polystyrène expansé	8
6.3	Epaisseurs maximales de la dalle et du polystyrène expansé	9
6.3.1	Dalle béton	9
6.3.2	Polystyrène expansé	9
6.4	Autres matériaux	10
6.4.1	Bande de pontage éventuelle	10
6.4.2	Film de glissement éventuel	10
6.4.3	Fixations éventuelles	10
6.4.4	Dalle Portée	11
7	Mise en œuvre	12
7.1	Reconnaissance du sol	12
7.2	Préparation du sol	12
7.3	Mise en place d'un hérissos éventuel	12
7.4	Ravoirage éventuel	12
7.5	Mise en place du film anticapillaire éventuel	12
7.6	Mise en place des panneaux de polystyrène expansé	12
7.7	Film de glissement et accessoires d'ancrage éventuels	12
7.8	Dalle béton	13
8	Dispositions particulières	13
8.1	Traitement du pont thermique	13
8.2	Précautions d'emploi	13

ANNEXE A Détermination de l'épaisseur maximale de la dalle en fonction de l'épaisseur de polystyrène expansé.....	14
A1 Dalle béton	14
A2 Polystyrène Expansé.....	15
ANNEXE B Essai de décohesion nécessaire à l'aptitude de l'isolant	19
B1 Test d'adhérence du béton	19
B2 Test d'arrachement des fixations	21
ANNEXE C Détermination de la performance thermique de la dalle portée.	22
C1 Détermination de la dimension caractéristique du plancher B' (m).....	22
C2 Détermination de l'épaisseur équivalente du plancher dt en contact avec le sol (m)	22
C3 Détermination du coefficient de transmission surfacique « équivalent » Ue d'une dalle portée.....	23

1 Préambule

Les présentes recommandations professionnelles ont pour objectif de décrire, en l'absence de textes réglementaires (normes, NF DTU, Avis Techniques ou Documents Techniques d'Application...), la technique d'isolation en polystyrène expansé des planchers bas en sous-face de dalles portées sur terre-plein.

Elles fixent les conditions d'utilisation de cette technique en fonction de l'épaisseur de la dalle portée, de l'épaisseur et de la performance thermique des panneaux de polystyrène expansé.

Elles sont destinées entre autres aux bureaux d'études structures et thermiques, aux maçons et aux fabricants de polystyrène expansé.

Elles ont été établies par les experts techniques de l'AFIPEB et de la FFB UMGO.

Un cahier des clauses techniques particulières, visé par un organisme de contrôle technique, peut compléter ou bien se substituer aux présentes recommandations professionnelles.

2 Domaine d'emploi

Ces recommandations portent uniquement sur l'isolation par panneau en polystyrène expansé sous dalles portées dimensionnées conformément aux Eurocodes 2.

Elles s'appliquent aux travaux neufs et aux travaux de rénovation lourde pour tout type de bâtiments situés en France métropolitaine.

Elles ne s'appliquent pas notamment à :

- l'isolation sous dallage réalisée conformément aux NF DTU 13.3 et 45.1,
- l'isolation sous chape et dalle réalisée conformément au NF DTU 52.10,
- l'isolation sous planchers à poutrelles et entrevous réalisée conformément au NF DTU 23.5,
- l'isolation sous plancher béton donnant sur un local non chauffé,
- la technique des isolants sous radier porteur de charge.

Les ouvrages décrits dans ce document permettent de répondre aux exigences des réglementations thermiques en vigueur.

3 Documents de référence

[NF EN 13163](#) - Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécification

[NF EN 826](#) - Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination du comportement en compression

[NF EN 1606](#) - Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination du fluage en compression

[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

[Eurocode 2 \(NF EN 1992\)](#) - Calcul des structures en béton

[Eurocode 8 \(NF EN 1998\)](#) - Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes

[Réglementation Thermique 2012](#)

[Réglementations Thermiques dans l'existant](#) - RT globale (arrêté du 13 juin 2008) et RT élément par élément (arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007)

[Réglementation sismique](#) - Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite «à risque normal»

[NF DTU 12](#) - Terrassement pour le bâtiment

[NF DTU 21](#) - Exécution des ouvrages en béton

[Guide pratique du CSTB \(Centre Scientifique et Technique du Bâtiment\) de juin 2014 - Fondations : Conception, dimensionnement et réalisation - Maisons individuelles et bâtiments assimilés - En application des DTU 13.12, 13.3 et du fascicule 62, titre V.](#)

[Règles Th-Bât](#)

- Fascicule matériaux
- Fascicule parois opaques
- Fascicule ponts thermiques
- Méthode de calcul réglementaire Th-BCE 2012

[Règlement de certification ACERMI](#) (cahier technique F du profil d'usage ISOLE) pour les panneaux de polystyrène expansé

4 Définition

Une dalle portée est un plancher en béton armé qui porte, sur ses appuis, des éléments de structure tels que des murs, des longrines, des plots, des refends...). Elle est dimensionnée pour supporter les sollicitations auxquelles elle est soumise (poids propre, charge d'exploitation...). Une dalle portée ne repose pas uniformément sur son support lors de la vie en œuvre. Elle peut être assimilée à un plancher.

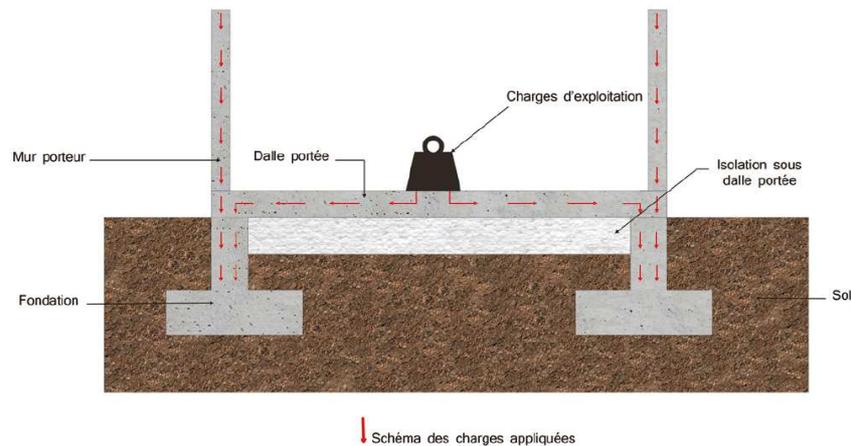


Figure 1 : descentes de charges d'une dalle portée

Une dalle portée ne relève pas du NF DTU 13.3 qui concerne les dallages. Son dimensionnement doit être réalisé conformément aux calculs de béton armé ou Eurocode 2. Le ferrailage et l'épaisseur de la dalle doivent être calculés afin de reprendre les efforts et les transmettre aux appuis.

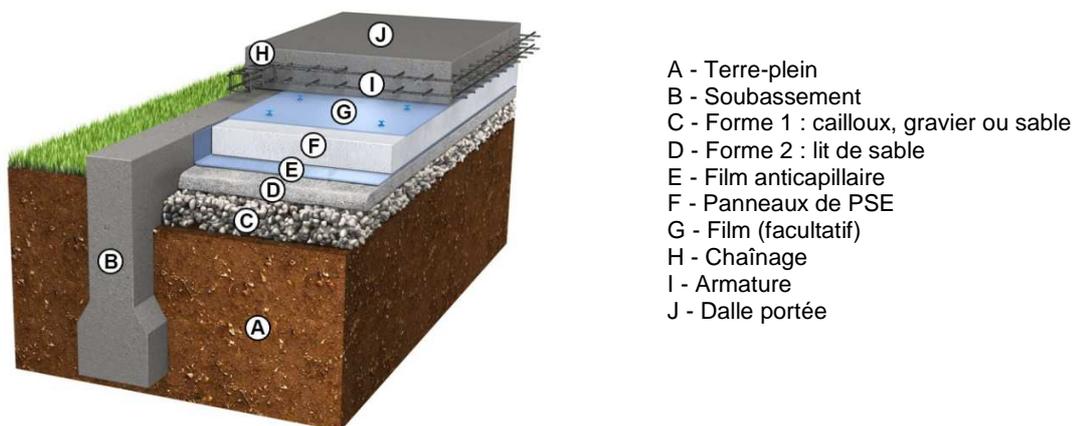


Figure 2 – isolation en sous-face de dalle portée sur terre-plein

5 Supports

Le sol d'assise de la dalle portée doit être préparé de manière à obtenir un support plan et de niveau sur lequel on dispose soit la forme, soit les panneaux de polystyrène expansé proprement dit lorsque la nature du sol le permet. La plateforme doit être :

- décapée de sa terre végétale sur une épaisseur suffisante. En règle générale, le décapage est réalisé sur une épaisseur minimale de 25 cm, avec enlèvement des matières organiques, déchets...
- nivelée et dressée selon un plan horizontal pour éviter les risques de poinçonnement de l'isolant,
- compactée sommairement sur la totalité de l'emprise de la dalle.

Un dallage existant peut également constituer l'assise de la dalle portée. Dans ce cas, la maîtrise d'œuvre s'assurera de la compatibilité de la résistance mécanique du support avec les charges lors de la mise en œuvre.

6 Constitution du complexe d'isolation et ouvrage sus-jacent

6.1 Film anticapillarité

Le film polyéthylène d'épaisseur minimale 150 µm, mis en place avec un recouvrement de 20 cm minimum entre les lés, vise à limiter les remontées d'humidité par capillarité. Ce film est facultatif et, lorsque la réglementation l'impose, peut être remplacé par un film anti-termites ayant des caractéristiques équivalentes.

6.2 Polystyrène expansé

Les panneaux isolants admis sont en polystyrène expansé et conformes à **la norme NF EN 13163**, produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) - Spécification

Ils sont marqués CE et font l'objet d'une certification portant *a minima* sur les performances thermiques (lambda et résistance thermique) et mécaniques (contrainte en compression à 10 % - CS(10) et TR50 pour la valeur de traction).

Note 1 : la certification ACERMI avec le profil d'usage ISOLE minimum I2 S1 O2 L3 E1 garantit le respect des valeurs déclarées.

Note 2 : les caractéristiques, notamment thermiques et mécaniques, sont mentionnées sur l'étiquette du produit.

Conformément à l'annexe F.2 de la NF EN 13163, le comportement en fluage du polystyrène expansé est connu et maîtrisé. Les phénomènes de fluage de courte durée sont négligeables lorsque la sollicitation est inférieure à la limite déterminée à l'annexe A2 du présent document.

6.3 Epaisseurs maximales de la dalle et du polystyrène expansé

Les caractéristiques requises pour les panneaux en polystyrène expansé et les limites d'utilisation sont décrites dans les paragraphes suivants.

6.3.1 Dalle béton

L'épaisseur maximale (e_{dalle} en m) de la dalle béton sera telle que la pression exercée par la dalle portée sur le polystyrène expansé lors de la mise en œuvre ne devra pas dépasser la valeur déterminée à partir de la résistance limite (R_{lim} en kPa) de compression de l'isolant.

Cette résistance limite est prise égale à la valeur déclarée par le fabricant de la résistance critique moyenne à la limite élastique R_c (en kPa) déterminée selon un essai conforme à la norme NF EN 826, affectée d'un coefficient de sécurité de 3 (cf annexe A – courbe d'essai suivant NF EN 826) :

$$R_{lim} = \frac{R_c}{3}$$

Le calcul de l'épaisseur de la dalle béton ^[1] (e_{dalle} en m) sera le suivant :

$$e_{dalle} \leq \frac{R_{lim}}{25}$$

^[1] avec une masse volumique du béton armé prise à 2500 kg/m³

6.3.2 Polystyrène expansé

Lors de la réalisation de l'ouvrage, le polystyrène expansé est soumis à deux phénomènes :

- La déformation instantanée (X_0) lors de la mise en œuvre de la dalle portée :
L'épaisseur maximale du polystyrène expansé sera telle que sa déformation sous le poids de la dalle portée lors de sa mise en œuvre et de sa prise reste inférieure à 4 mm en valeur absolue et à 2% de l'épaisseur du polystyrène expansé (cf Annexe A).
- La déformation sous charge constante (X_{ct}) durant le délai de prise de la dalle :
La déformation du polystyrène expansé pendant le délai de prise de la dalle (~ 28 jours), due au phénomène de fluage, est déterminée selon un essai conforme à la norme NF EN 1606 pour un délai restreint à 28 jours sous charge correspondant à l'épaisseur maximale de dalle béton déterminée au point § 6.3.1.

La valeur de déformation obtenue doit être inférieure à **1 mm** (cf Annexe A).

Le respect de ces dispositions permet de garantir l'absence de plastification en compression du polystyrène expansé, le respect de l'épaisseur mis en œuvre est garant de la performance thermique souhaitée.

6.3.2.1 Performance thermique

L'isolant en polystyrène expansé doit pouvoir justifier d'une résistance thermique certifiée ACERMI ^[2] ou équivalent.

Les déperditions à travers les parois en contact avec le sol ne dépendent pas uniquement des caractéristiques intrinsèques de la paroi mais aussi du flux de chaleur à travers le sol. Ces déperditions sont exprimées au moyen d'un coefficient surfacique «équivalent» U_e . La méthode de calcul est consultable dans les règles Th-Bât, fascicule Th-U - parois opaques. L'annexe C décrit la méthode de calcul (issue des règles Th-Bât) caractérisant la performance thermique du plancher. Le calcul indiqué concernera le cas d'une isolation disposée en continu sous la dalle portée.

^[2] *Suivant les règles Th-Bât, fascicule Th-U - matériaux : si le produit ne bénéficie pas d'une évaluation et d'une vérification de la constance de la performance thermique équivalent à un système 1+ du marquage « CE », un coefficient de sécurité $F_R = 1,15$ doit être appliquée sur la conductivité thermique déclarée.*

6.3.2.2 Adhérence du polystyrène expansé sous dalle portée

La texture de surface des panneaux de polystyrène expansé découpés leur confère une adhérence au béton constituant la dalle portée pouvant être suffisante pour assurer la reprise des charges correspondant au poids propre des panneaux.

Afin de vérifier l'aptitude de l'isolant à cette caractéristique, un test d'adhérence sera réalisé conformément au protocole d'essais décrit à l'annexe B du présent document.

Le mode de rupture constaté doit être **cohésif**.

Cette caractéristique d'adhérence est suffisante pour garantir le maintien des panneaux de polystyrène expansé au contact de la dalle portée en cas de tassement du support lors de la vie en œuvre de l'ouvrage. Elle permet de s'affranchir de la pose de fixations complémentaires dans le cas d'utilisation de panneaux en polystyrène expansé découpés.

Dans le cas de l'interposition d'une couche de glissement (film polyéthylène) ou de la présence d'une peau de surface lisse sur les panneaux, l'adhérence du béton sur l'isolant n'étant pas suffisante, l'utilisation de fixations complémentaires est nécessaire ; ces fixations seront conformes au § 6.4.3.

6.4 Autres matériaux

6.4.1 Bande de pontage éventuelle

Elle est destinée à assurer le calfeutrement des panneaux en polystyrène expansé ; elle sera obligatoirement opaque dans le cas des panneaux en polystyrène expansé gris.

6.4.2 Film de glissement éventuel

Le film polyéthylène d'épaisseur minimale 150 μm , mis en place avec un recouvrement de 10 cm minimum entre les lés, vise à constituer une couche de glissement.

6.4.3 Fixations éventuelles

En présence d'une couche de glissement ou d'une peau de surface lisse sur les panneaux, les fixations sont destinées à assurer la reprise des charges correspondant au poids propre des panneaux et à leur maintien en contact avec la dalle portée dans le cas d'un tassement du sol.

Elles devront justifier :

- De l'effort à l'arrachement dans le polystyrène expansé associé. Cet effort devra être suffisant pour supporter le panneau en fonction du nombre de fixations par panneau calculé à partir de l'effort caractéristique du couple fixation / PSE, du poids du panneau et dans la limite de 4 fixations mini par panneau, selon la formule

$$n = \max (4 ; P/F_k)$$

où :
n = nombre de fixations par panneau
P = poids du panneau en N
F_k = effort caractéristique en N (cf annexe B2)

- D'un dispositif permettant de garantir de façon reproductible la profondeur d'ancrage dans le polystyrène expansé et dans la dalle portée.

6.4.4 Dalle Portée

Le dimensionnement et la réalisation de la dalle portée sont déterminés conformément aux Règles de béton armé ou Eurocode 2.

Le ferrailage et l'épaisseur de la dalle doivent être calculés afin de reprendre tous les efforts et les transmettre aux appuis, en tenant compte de la zone de sismicité du bâtiment.

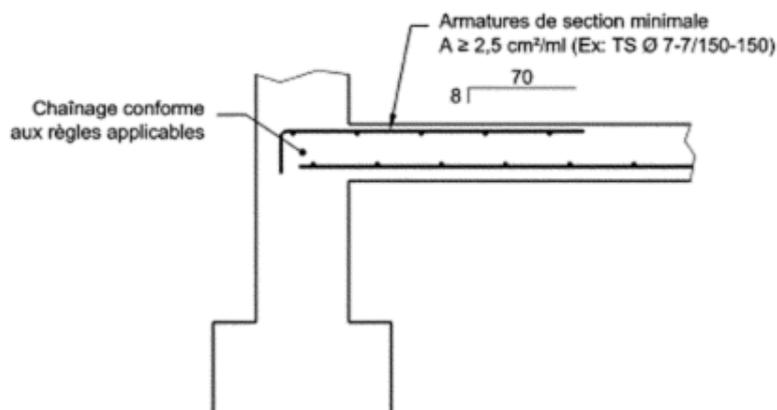


Figure 3 : exemple de type de renforts au niveau des liaisons

Le ferrailage est à adapter en fonction des calculs et du dimensionnement réalisés par le bureau d'études structures.

La dalle devra également répondre aux États Limite de Service (ELS) : respect des flèches et taux de travail des aciers (calcul réalisé à l'Eurocode 2).

7 Mise en œuvre

7.1 Reconnaissance du sol

Une étude géotechnique, prenant en compte les risques d'inondation, est réalisée afin de définir la structure du site au voisinage et au droit du bâtiment à construire. En cas de sol contenant des argiles gonflantes, la mise en œuvre d'isolant seul sous dalle portée est interdite. Cette solution n'est donc pas visée par le présent document.

L'étude géotechnique devra être une G2 PRO au sens de la NF P 94-500.

7.2 Préparation du sol

Décapage de la terre végétale, des végétaux, des matières organiques, des déchets, purge si nécessaire, nivellement du sol et dressage selon un plan horizontal puis réalisation d'une opération de compactage.

7.3 Mise en place d'un hérisson éventuel

Incorporation d'une forme dans le but d'améliorer la compacité de l'assise (cailloux, gravier ou sable compact) et d'un géotextile si nécessaire.

7.4 Ravoirage éventuel

Pour préserver l'intégrité des panneaux de polystyrène expansé (poinçonnement notamment), un ravoirage de 5 cm peut être nécessaire (sous forme de lit de sable ou de mortier maigre répandu sur la surface de la forme).

7.5 Mise en place du film anticapillaire éventuel

S'il existe un risque de remontée capillaire ou d'humidité, un film anticapillaire sera disposé sous les panneaux de polystyrène expansé. Les DPM indiqueront les dispositions à prendre en compte pour sa mise en œuvre.

Le film anticapillaire sera mis en place en fonction du type de revêtement.

7.6 Mise en place des panneaux de polystyrène expansé

Les panneaux de polystyrène expansé seront mis en œuvre horizontalement sous toute la surface en une seule couche et de façon bien jointive afin d'éviter tout pont thermique. Pour les joints entre panneaux de largeur supérieure à 5 mm, il est conseillé de les ponter à l'aide d'une bande adhésive ou de les calfeutrer à l'aide de mousse expansive pour éviter les coulées de laitance.

7.7 Film de glissement et accessoires d'ancrage éventuels

Le film de glissement est mis en place avec un recouvrement de 10 cm minimum entre les lés. Les accessoires d'ancrage éventuels sont fixés dans le polystyrène expansé après le ferrailage juste avant le coulage du béton afin qu'ils ne soient pas détériorés.

7.8 Dalle béton

Le coffrage périphérique est réalisé par les moyens habituels (planches, planelles...). Les armatures doivent être ligaturées entre elles et calées sur les panneaux par des cales en U posées côté plat sur le polystyrène expansé de façon à ne subir aucune déformation lors de la mise en œuvre du béton.

Le coulage se fait en prenant les dispositions nécessaires afin d'éviter toute concentration de poids sur le polystyrène expansé.

L'exécution de la dalle devra être réalisée conformément aux prescriptions du NF DTU 21.

8 Dispositions particulières

8.1 Traitement du pont thermique

Il y a lieu de respecter des dispositions particulières pour le traitement du pont thermique dans le cas des solutions suivantes :

Isolation des murs par l'extérieur

- Panneaux de polystyrène expansé sous enduit
- Isolation parties enterrées ou des soubassements
- Bardage, vêtture, vêtage
- Murs à coffrage et isolation intégrés (MCII)

Isolation des murs par l'intérieur

- Complexes de doublage en polystyrène expansé
- Panneaux polystyrène expansé entre mur et contre cloison
- Panneaux de polystyrène expansé supports de plâtre projeté

L'une de ces dispositions complémentaires consiste à réaliser une isolation sous chape complémentaire permettant de traiter efficacement le pont thermique de plancher bas.

Les valeurs de pont thermique par défaut sont données dans les règles Th-Bât, fascicule ponts thermiques.

8.2 Précautions d'emploi

Toutes précautions doivent être prises pendant le transport et sur chantier pour éviter les épaufrures des bords et toute autre dégradation du produit. Il est également interdit de disposer des panneaux de polystyrène expansé à proximité de source de chaleur et de matériaux incandescents ou facilement inflammables.

Les panneaux en polystyrène expansé doivent rester dans leur emballage avant leur mise en œuvre.

En cas de stockage prolongé à l'air libre, il est recommandé de protéger les panneaux en polystyrène expansé gris de l'action directe du rayonnement solaire.

ANNEXE A Détermination de l'épaisseur maximale de la dalle en fonction de l'épaisseur de polystyrène expansé

Cette annexe est destinée aux bureaux d'étude structures.

A1 Dalle béton

L'épaisseur maximale de la dalle béton* sera déterminée comme suit :

$$e_{dalle} \text{ (m)} \leq \frac{R_{lim} \text{ (kPa)}}{25}$$

* avec une masse volumique du béton prise à 2500 kg/m³

La performance minimale du polystyrène expansé (kPa) sera déterminée de la façon suivante :

$$R_{lim} \geq e_{dalle} \text{ (m)} \times 25$$

A noter : R_c du PSE $\geq R_{lim} \times 3$

Exemple 1 : détermination de l'épaisseur maximale de la dalle portée pour un PSE donné

Avec une dalle béton armé (masse volumique égale à 2500 kg/m³) et une valeur de résistance en compression (R_c) du PSE égale à 30 kPa :

$$R_{lim} = 30 / 3 = 10 \text{ kPa}$$

L'épaisseur maximale de dalle béton maxi sera :

$$e_{dalle} = 10 / 25 = 0,4 \text{ m ou } 400 \text{ mm}$$

Exemple 2 : détermination du type de PSE pour une dalle portée donnée

Avec une dalle béton armé d'épaisseur 0,60 m et de masse volumique égale à 2500 kg/m³, la performance du polystyrène expansé est :

$$R_{lim} \geq 0,60 \times 25 = 15 \text{ kPa}$$

La valeur de résistance en compression R_c du PSE sera égale à :

$$15 \times 3 = 45 \text{ kPa.}$$

Les épaisseurs maximales de dalle en fonction de la compression R_c du polystyrène expansé sont les suivantes :

$e_{dalle} \leq 400 \text{ mm}$ pour un isolant PSE ayant une résistance à la compression $R_c 30$

$e_{dalle} \leq 660 \text{ mm}$ pour un isolant PSE ayant une résistance à la compression $R_c 50$

A2 Polystyrène Expandé

La détermination de l'épaisseur maximale du PSE se fera en respectant deux conditions :

- la déformation instantanée,
- la déformation sous charge constante liée au fluage à 28 jours.

Condition 1 : déformation instantanée

Etant donné que :

- la charge de la dalle béton est inférieure au R_{lim} du polystyrène expansé,
- $R_{lim} = R_c / 3$ (voir la courbe d'essai) (en kPa),
- la déformation sous contrainte proche de la valeur de R_c vaut environ 2 %,

Alors la déformation du polystyrène expansé pour la résistance limite de compression (R_{lim}) sera prise forfaitairement à 1% dans les calculs. Par conséquent les épaisseurs inférieures ou égales à 400 mm respecteront par défaut les déformations minimales de 2 % et 4 mm fixées dans ce document.

Les épaisseurs du polystyrène expansé au-delà de 400 mm doivent donc avoir une déformation inférieure à 4 mm en valeur absolue.

L'épaisseur maximale du polystyrène expansé (en m) sera déterminée comme suit :

$$e_{isolant} (m) \leq \frac{\text{Déformation maximale tolérée du PSE (m)} \times R_{lim}(kg.m^{-2})}{e_{dalle}(m) \times \text{masse volumique du béton (kg.m}^{-3}) \times \text{déformation forfaitaire}}$$

Soit :

$$e_{isolant} (m) \leq \frac{0,004 \times R_{lim}(kg.m^{-2})}{e_{dalle}(m) \times \rho \text{ du béton} \times 1\%}$$

Ce qui donne, pour une dalle béton de masse volumique 2500 kg/m³, la condition suivante :

$$\text{Condition 1 : } e_{isolant} (m) \leq \frac{0,016 \times R_{lim}(kPa)}{e_{dalle}(m)}$$

Condition 2 : déformation sous charge constante, liée au fluage à 28 jours

La déformation du polystyrène expansé (X_{ct}) pendant le délai de prise de la dalle (~ 28 jours), due au phénomène de fluage, suivant la NF EN 1606 pour un délai restreint à 28 jours sous charge correspondant à l'épaisseur maximale de dalle béton, devra être inférieure à 1 mm.

$$\text{Condition 2 : } e_{isolant} (m) \leq \frac{0,1}{X_{ct}(\%)}$$

Détermination de l'épaisseur maximale de polystyrène expansé

L'épaisseur maximale d'isolant retenue sera l'épaisseur la plus faible calculée suivant les conditions 1 et 2 ci-dessus :

- pour une épaisseur d'isolant ≤ 400 mm :

$$e_{\text{isolant}} \text{ (m)} \leq e_{\text{isolant condition 2}}$$

- pour une épaisseur d'isolant > 400 mm :

$$e_{\text{isolant}} \text{ (m)} \leq \min [e_{\text{isolant condition 1}} ; e_{\text{isolant condition 2}}]$$

Exemple 3 : Détermination de l'épaisseur maximale du polystyrène expansé

Avec une dalle béton d'épaisseur 0,36 m (masse volumique égale à 2500 kg/m³) et un polystyrène expansé ayant un R_{lim} de 10 kPa. La valeur de fluage à 28 jours, sous charge de 10 kPa, est de 0,30%.

1. *Vérification de la condition 1 (déformation instantanée)*

$$\text{Epaisseur maximale} = (0,016 \times 10) / 0,36 = 0,444 \text{ m soit } 444 \text{ mm}$$

2. *Vérification de la condition 2 (fluage à 28 jours)*

$$\text{Epaisseur maximale} = 0,1 / (0,30) = 0,33 \text{ m soit } 330 \text{ mm}$$

L'épaisseur de l'isolant devra être inférieure ou égale à 330 mm

Les deux tableaux d'aide à la sélection, ci-après, permettent de valider la compatibilité de l'isolant en fonction de l'épaisseur de dalle portée de l'épaisseur d'isolant et de la valeur d' X_{ct} .

Condition 1 : Epaisseur maximale d'isolant (m) en fonction du R_{lim} de l'isolant

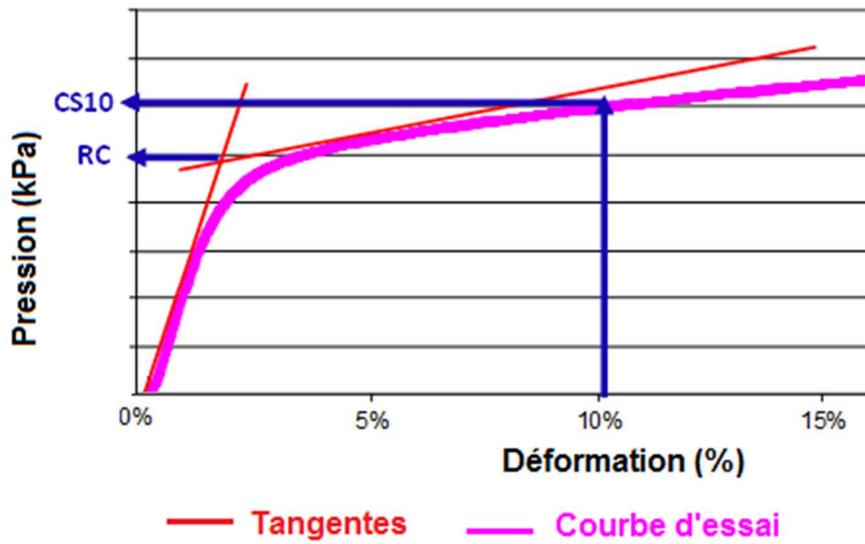
R_c PSE (kPa)		30	50	80	110
R_{lim} PSE (kPa)		10	16.7	26.7	36.7
0,2	5	0,800	1,333	2,133	2,933
0,22	5,5	0,727	1,212	1,939	2,667
0,25	6,25	0,640	1,067	1,707	2,347
0,28	7	0,571	0,952	1,524	2,095
0,3	7,5	0,533	0,889	1,422	1,956
0,32	8	0,500	0,833	1,333	1,833
0,34	8,5	0,471	0,784	1,255	1,725
0,36	9	0,444	0,741	1,185	1,630
0,4	10	0,400	0,667	1,067	1,467
0,42	10,5	l'isolant ne convient pas	0,635	1,016	1,397
0,45	11,25		0,593	0,948	1,304
0,5	12,5		0,533	0,853	1,173
0,55	13,75		0,485	0,776	1,067
0,6	15		0,444	0,711	0,978
0,65	16,25		0,410	0,656	0,903
0,7	17,5		l'isolant ne convient pas	0,610	0,838
0,8	20			0,533	0,733
0,9	22,5			0,474	0,652
1	25			0,427	0,587
Epaisseur de la dalle béton (m)	Pression de la dalle béton (kPa)				

l'isolant ne convient pas

Condition 2 : Epaisseur maximale d'isolant (m) en fonction du X_{ct} (%)

X_{ct} (%)	Epaisseur maximale de PSE (m)	X_{ct} (%)	Epaisseur maximale de PSE (m)
0,02	5,000	0,3	0,333
0,04	2,500	0,4	0,250
0,06	1,667	0,5	0,200
0,08	1,250	0,6	0,167
0,1	1,000	0,7	0,143
0,15	0,667	0,8	0,125
0,2	0,500	0,9	0,111
0,25	0,400	1	0,100

Courbe d'essai suivant la NF EN 826 - Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination du comportement en compression



ANNEXE B Essai de décohesion nécessaire à l'aptitude de l'isolant

Ce protocole d'essais a pour objectif de vérifier l'aptitude d'adhérence au béton de la dalle portée des isolants en panneaux de polystyrène expansé.

Il est destiné aux fabricants de polystyrène expansé.

Protocole d'essais

B1 Test d'adhérence du béton

Conditions d'essais

1. Préparation des éprouvettes d'essais

- 5 échantillons de section 100 x 100 mm² seront découpés dans un panneau de polystyrène expansé, d'épaisseur minimale 40 mm.
- Le polystyrène expansé doit être conforme aux dispositions du § 8.2.1 du présent document, conditionné à 23 ± 5°C au moins 6h (selon NF EN 1607).
- Un coffrage d'épaisseur 20 mm sera réalisé autour de l'éprouvette (photo 1) ; une couche de béton, conforme au § 7.3.3 du NF DTU 13.3 – P1 et au NF DTU 21, sera coulée sur chaque éprouvette avec un niveau de consistance S3. Un délai de séchage de 8 jours, à 23 ± 5°C, sera respecté avant de procéder au décoffrage.

2. Description de l'essai

- Le dispositif de traction sera mis en œuvre conformément à la NF EN 1607 - Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la résistance à la traction perpendiculairement aux faces.
- Deux platines de section 100 x 100 mm² seront collées sur les deux côtés de l'éprouvette afin de pouvoir fixer et placer le dispositif de traction défini (photo 2).
- La charge de vitesse constante de 10 mm/min sera appliquée jusqu'à la rupture de l'éprouvette. Elle sera ensuite divisée par la section de l'éprouvette pour obtenir la résistance à la traction en kPa.

Observations de l'essai

- Relevé de la valeur de rupture
- Relevé du mode de rupture
 - o cohésive : la rupture se fait dans l'isolant (photo 3)
 - o adhésive : la rupture se fait à l'interface béton/isolant

Interprétation des résultats

- **Seule la rupture cohésive constatée dans le polystyrène expansé** à l'issue de ce test validera l'aptitude de l'isolant à rester en contact avec la dalle durant toute la vie de l'ouvrage même si celui-ci n'est plus supporté par le terre-plein.

Photos



Photo 1 – coffrage d'éprouvette PSE pour coulage du béton



Photo 2 – dispositif de traction



Photo 3 - exemple de rupture cohésive

B2 Test d'arrachement des fixations

Dans le cas où l'adhérence du béton sur le polystyrène expansé ne répond pas aux conditions de l'annexe B1, des fixations doivent être utilisées conformément aux dispositions du § 6.4.3 du présent document.

Conditions d'essais

1. Préparation des éprouvettes d'essais

- 5 échantillons de section 200 x 200 mm² seront découpés dans un panneau de polystyrène expansé, d'épaisseur minimale 40 mm.
- Le polystyrène expansé doit être conforme aux dispositions du § 6.2 du présent document, conditionné à 23 ± 5°C au moins 6 h (selon NF EN 1607).
- La fixation est installée au centre de la face supérieure de l'éprouvette. Elle est maintenue en périphérie sur 10 mm par un cheville (photo 1).

2. Description de l'essai

- Le dispositif de traction sera mis en œuvre comme suit :
 - o La charge de vitesse constante de 10 mm/min selon la norme NF EN 1607 sera appliquée jusqu'à l'arrachement de la fixation.
 - o L'enregistrement des variables effort / déplacement se fait en temps réel.
 - o Lorsque l'effort maximal est enregistré et l'arrachement de la fixation sans reprise d'effort possible est constaté, l'essai est interrompu.

Exploitation de l'essai

- L'effort d'arrachement caractéristique du couple fixation / polystyrène expansé est déterminé sur l'ensemble des échantillons testés selon la formule suivante :

$$F_k = \text{moyenne des } F - 2\sigma$$

Photos

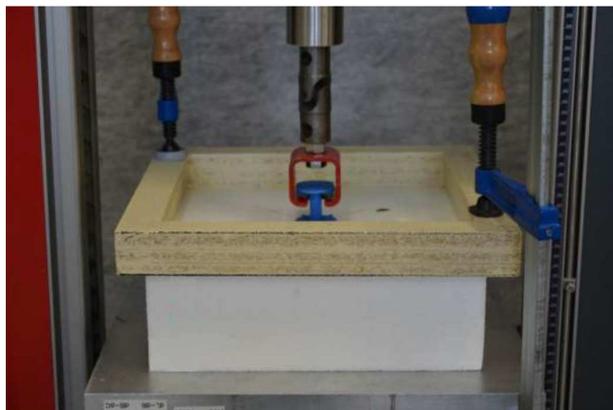


Photo 1 - Installation et maintien de la fixation sur l'éprouvette

ANNEXE C Détermination de la performance thermique de la dalle portée.

Cette annexe est destinée aux bureaux d'étude structures.

C1 Détermination de la dimension caractéristique du plancher B' (m)

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2} P}$$

A est l'aire du plancher base en contact avec le sol (m²)
P est le périmètre du plancher bas mesuré du côté intérieur (m)

C2 Détermination de l'épaisseur équivalente du plancher d_t en contact avec le sol (m)

$$d_t = w + \lambda_s + (R_{si} + R_f + R_{se})$$

w est l'épaisseur totale du mur, toute couche comprise (m).

λ_s est la conductivité thermique du sol non gelé (W/(m.K)), se reporter aux règles Th-Bât fascicule matériaux.

R_{si} et **R_{se}** sont les résistances thermiques superficielles de la paroi côtés intérieur et extérieur, avec **R_{si}** = 0,17 m².K/W et **R_{se}** = 0,04 m².K/W

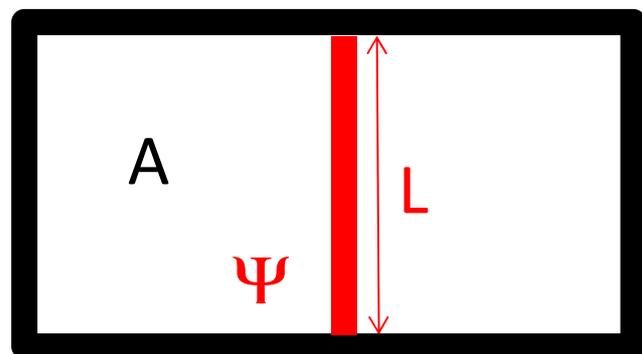
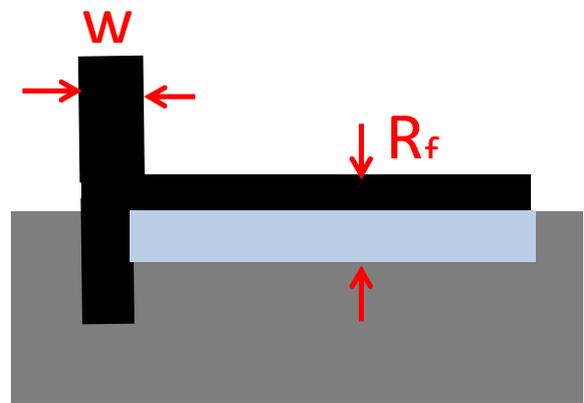
R_f est la résistance thermique du plancher en contact avec le sol y compris l'effet des ponts thermiques intermédiaires, déterminée comme suit :

$$R_f = \frac{1}{U_f} - R_{si} - R_{se}$$

Où

$$U_f = U_p \frac{\Psi \cdot L}{A}$$

$$U_p = \frac{1}{R_p + R_{si} + R_{se}}$$



Ψ est le coefficient de déperdition linéique des liaisons de la dalle portée avec l'ancrage au sol (W/(m.K))
L est la longueur du pont thermique (m).

R_p est la résistance thermique du plancher. On additionne les résistances thermiques de chacune des couches formant le plancher bas (R dalle béton + R isolant) (**R_p** en m².K/W).

C3 Détermination du coefficient de transmission surfacique « équivalent » U_e d'une dalle portée.

Exemple de calcul avec une isolation **continue sous la dalle portée**, U_e en $W/(m^2.K)$

a) Si $d_t < B'$

$$U_e = \frac{2 \lambda_s}{\pi B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right)$$

b) Si $d_t \geq B'$

$$U_e = \frac{\lambda_s}{0,457 B' + d_t}$$

Exemples de cas pour la partie thermique

Hypothèses :

- Surface du dallage, $A = 200 \text{ m}^2$ (10 x 20m)
- Périmètre, $P = 60 \text{ m}$
- Conductivité thermique du sol : inconnue donc selon règles Th-Bât par défaut: $\lambda_s = 2,0 \text{ W/(m.K)}$
- Résistances superficielles $R_{si} + R_{se} = 0,21 \text{ m}^2.K/W$
- Le mur : mur béton de 16 cm avec doublage intérieur de 13+120. $w = 0,16 + 0,133 = 0,293 \text{ m}$
- Résistance thermique de la dalle de 20 cm = $0,10 \text{ m}^2.K/W$
- Résistance thermique de l'isolant certifié Acermi de 22 cm ($\lambda 0,038 \text{ W/(m.K)}$) = $5,75 \text{ m}^2.K/W$
- $R_p = 5,75 + 0,10 = 5,85 \text{ m}^2.K/W$
- L'isolant est disposé en continu sous la dalle portée
- Valeur de $\Psi = 0,75 \text{ W/(m.K)}$ avec un longueur de pont thermique $L = 20 \text{ m}$

Calculs :

- Détermination de B'
 $B' = A / (1/2 P) = 200 / (60/2) = 6,66 \text{ m} = B'$
- Détermination de U_p
 $U_p = 1 / (R_p + R_{si} + R_{se}) = 1 / (5,85 + 0,21) = 0,165 \text{ W/(m}^2.K) = U_p$
- Détermination de U_f
 $U_f = U_p + ((\Psi L) / A) = 0,165 + ((0,75 \times 20) / 200) = 0,165 + 0,075 = 0,24 \text{ W/(m}^2.K) = U_f$
- Détermination de R_f
 $R_f = (1 / U_f) - R_{si} - R_{se} = 4,16 - 0,21 = 3,95 = R_f$
- Détermination de d_t
 $d_t = w + \lambda_s + (R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,293 + 2 + (3,95 + 0,21) = 6,45 = d_t$

Calcul de U_e

Dans cette hypothèse, d_t est inférieur à B' , alors :

$$U_e = \frac{2 \lambda_s}{\pi B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right)$$

$$U_e = \frac{2 \times 2}{\pi \times 6,66 + 6,45} \ln \left(\frac{\pi \times 6,66}{6,45} + 1 \right)$$

$$U_e = 0,146 \ln (4,244) = 0,211 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$