

DOSSIER 02
OCT. 2010

RECOMMANDATIONS
PROFESSIONNELLES DE LA CSFE

L'isolation thermique par l'extérieur des parois enterrées avec revêtement d'étanchéité



CSFE Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité
6-14 rue La Pérouse · 75784 Paris Cedex 16
Tél : 01 56 62 13 20 · Fax : 01 56 62 13 21
www.etaancheite.com



RÉDACTION DU DOCUMENT

PRÉSIDENT DE LA SOUS-COMMISSION PAROIS ENTERRÉES

M. BLOTIERE
(SIPLAST ICOPAL SAS)

ONT PARTICIPÉ À LA RÉDACTION DE CE DOCUMENT

M. BOUKOLT
(PITTSBURGH CORNING FRANCE)

Mme BOUSSERT
(CSFB)

M. CHALLIER
(GRACE)

M. CURTENAT
(DOW FRANCE SAS)

M. DECOODT
(ETANDEX)

M. DESGUILLES
(SOPREMA SAS)

M. DHENIN
(JACKON INSULATION)

M. LE CŒUR
(MEPLE)

M. LE GUILLERM
(AXTER)

M. OTERO
(DERBIGUM)

M. PANNETIER
(OFFICE DES ASPHALTES)

M. PERSUY
(KNAUF)

Mme PRESIER
(SOPREMA SAS)

M. SOLLET
(SEO - GCEO)

M. ZOCCOLI
(RUBEROÏD)

SOMMAIRE

01 PRÉAMBULE	P. 4	07 POINTS SINGULIERS : EXEMPLES DE SOLUTIONS	P. 6-7
02 OBJET	P. 4	7.1 DÉTAILS EN TÊTE DE SOUBASSEMENT	P. 6
03 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	P. 4	7.2 DÉTAILS DE L'ASSISE DE L'ISOLANT	P. 7
04 SUPPORTS	P. 4	# ANNEXE A	P. 8-9
05 CONSTITUTION DU COMPLEXE ETANCHEITÉ - ISOLATION - DRAINAGE - PROTECTION	P. 5	COEFFICIENT DE TRANSMISSION SURFACIQUE ÉQUIVALENT U _e D'UNE PAROI VERTICALE ENTERRÉE : EXEMPLES DE SOLUTIONS	
5.1 ÉTANCHEITÉ		# ANNEXE B	P. 10
5.2 ISOLATION		DÉTERMINATION DE LA PROFONDEUR MAXIMALE DE POSE DE PANNEAUX ISOLANTS : EXEMPLES DE CALCUL	
5.3 SYSTÈME DE DRAINAGE (éventuel)			
5.4 PROTECTION			
06 MISE EN ŒUVRE	P. 6		
6.1 PARTIES COURANTES			
6.2 APPUI EN PIED DE L'ISOLANT			

01 PRÉAMBULE

Les présentes Recommandations Professionnelles viennent combler le vide des textes réglementaires, normes NF DTU, Avis Techniques (ou Documents Techniques d'Application) dans le domaine des parois enterrées étanchées et isolées par l'extérieur.

Elles ont été établies par la sous-commission parois enterrées de la CSFE, laquelle a rassemblé fabricants d'étanchéité et d'isolants thermiques ainsi qu'entrepreneurs d'étanchéité.

Du fait des contraintes mécaniques dues aux remblais et de la difficulté d'accéder à ces ouvrages après réalisation des travaux, ceci a conduit à ne prendre en considération que les systèmes avec étanchéité adhérente à la paroi et isolation thermique positionnée entre l'étanchéité et le terrain.

02 OBJET

Ces recommandations se limitent au cas des murs de catégorie I tels que définis dans le NF DTU 20.1 P1-1.

Note : les murs enterrés de catégorie I sont ceux qui bordent des locaux utilisés où aucune trace d'humidité n'est acceptée sur leur face intérieure. C'est le cas des murs limitant des locaux habitables en sous-sol.

Elles s'appliquent aux travaux neufs et en réfection, pour les bâtiments situés en France européenne et dans les DOM.

Elles ne concernent pas les ouvrages nécessitant un cuvelage, traités dans le DTU 14.1 : Travaux de cuvelage.

Les ouvrages décrits ici permettent de répondre aux exigences de la Réglementation Thermique en vigueur.

03 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Documents généraux de référence:

DTU 12 Terrassement pour le bâtiment
NF DTU 20.1 P1-1 Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs
DTU 23.1 Murs en béton banché

Le procédé d'étanchéité et le procédé d'isolation doivent faire l'objet d'un Document Technique d'Application (ou Avis Technique) pour utilisation en murs enterrés, d'une ATE_x (Appréciation Technique d'Expérimentation) ou d'un Cahier des Clauses Techniques visé par un Contrôleur Technique.

Le document technique de référence devra fixer les limites d'utilisation du procédé en fonction de la hauteur de la paroi enterrée.

Autres documents :

Norme NF EN 13163 Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) - Spécification
Norme NF EN 13164 Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé

(XPS) - Spécification

Norme NF EN 13167 Produits manufacturés en verre cellulaire (CG) - 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 12087 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'absorption d'eau à long terme. Essai par immersion

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

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

RT 2005 - Règles Th-U

04 SUPPORTS

Les parois supports en béton ou en maçonnerie et les tolérances admissibles de planéité et d'aspect de surface sont définies dans les documents de référence des revêtements d'étanchéité.

05

CONSTITUTION DU COMPLEXE ÉTANCHEITÉ - ISOLATION - DRAINAGE - PROTECTION

5.1 ÉTANCHEITÉ

Les revêtements d'étanchéité admis sont les revêtements adhérents faisant l'objet d'un Avis Technique, Document Technique d'Application, ATEx ou Cahier des Clauses Techniques particulier visé par un contrôleur technique, pour une utilisation en paroi enterrée et ayant une épaisseur d'air équivalente à la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau S_d de 500 mètres au moins.

5.2 ISOLATION

Les panneaux isolants admis sont les panneaux en polystyrène extrudé, en polystyrène expansé et en verre cellulaire, faisant l'objet d'un Avis Technique, Document Technique d'Application, ATEx ou Cahier des Clauses Techniques particulier visé par un contrôleur technique, pour une utilisation en isolation inversée de toiture-terrasse ou en isolation extérieure d'une paroi enterrée.

Les caractéristiques requises pour les panneaux isolants sont les suivantes :

Conformité

Soit à la norme NF EN 13163 - Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) - Spécification

Soit à la norme NF EN 13164 - Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) - Spécification

Soit à la norme NF EN 13167 - Produits manufacturés en verre cellulaire (CG) - Spécification

Profondeur maximale de pose

La poussée des terres et des surcharges ne devra pas dépasser la valeur déterminée à partir de la résistance limite de compression de l'isolant prise égale à :

- Soit la valeur déclarée CE par le fabricant de la résistance en compression $CS_{(10)Y}$ déterminée selon la norme NF EN 826, affectée d'un coefficient de sécurité γ_4 (voir exemples de calcul en annexe B).
- Soit de la valeur déclarée CE par le fabricant de la contrainte maximale

$CC(2I,5/50) \sigma_c$ correspondant à une réduction totale d'épaisseur de 2% après fluage en compression extrapolé à 50 ans, déterminé selon la norme NF EN 1606 (voir exemples de calcul en annexe B).

Performances thermiques

Résistance thermique déclarée de l'isolant (valeur intrinsèque) définie par le certificat ACERMI s'il existe, ou par la déclaration CE, corrigée selon les règles Th-U.

Résistance thermique utile (valeur en œuvre)

La résistance thermique utile R_{utile} de l'isolant dépend de ses conditions d'utilisation et notamment de l'effet de l'humidité; elle est égale à la résistance thermique déclarée $R_{déclarée}$ de l'isolant multipliée par un coefficient de correction. Sauf justification particulière, ce coefficient de correction est forfaitairement pris égal aux valeurs figurant dans le tableau ci-dessous. Il est déterminé par une règle forfaitaire à partir des mesures in situ et des données de la norme NF EN ISO 10456 et est applicable à des absorptions en eau de l'isolant n'excédant pas les valeurs figurant dans le tableau :

5.3 SYSTÈME DE DRAINAGE (éventuel)

Si un drainage est nécessaire (selon les dispositions du NF DTU 20.1 - Pt-1- § 7.4.2) ou si les DPM le prévoient, les complexes admis peuvent être :

- des nappes à excroissances associées à un filtre drainant ;
- des géocomposites drainants ;
- des plaques de polystyrène expansé spécifiques ;
- des plaques de polystyrène extrudé spécifiques.

Note 1 : la mise en œuvre éventuelle d'un système de drainage est obligatoirement effectuée entre panneaux isolants et remblai.

Note 2 : l'isolant prévu au paragraphe 5.2 peut intégrer la fonction drainage au contact du remblai.

5.4 PROTECTION

Si le procédé d'isolation prévoit une protection dans la partie enterrée ou apparente, ou si cette protection est demandée dans les DPM, elle est définie entre autres, en fonction de la nature et de la profondeur du remblai. Dans le cas d'une protection rapportée, si elle nécessite d'être fixée, les fixations doivent se situer à 0,10 m au minimum au-dessus du niveau fini du remblai.

	Isolant en polystyrène expansé spécifique ³	Isolant en polystyrène extrudé	Isolant en verre cellulaire
Coefficient de correction	0,8 ¹	0,9	1
R_{utile}	$R_{déclarée} \times 0,8$	$R_{déclarée} \times 0,9$	$R_{déclarée} \times 1$
Valeur déclarée ² WL(T) de l'absorption d'eau à long terme (28 j) par immersion totale, mesurée selon la norme NF EN 12087	5 % maxi	3 % maxi	Sans objet
Valeur déclarée ² WD(V) de l'absorption d'eau par diffusion, mesurée selon la norme NF EN 12088	10 % maxi	5 % maxi	Sans objet

¹ valeur déduite d'essais sur plaques de polystyrène expansé avec système de drainage intégré ou rapporté (voir § 5.3).

² valeur déclarée dans le cadre du marquage CE. ³ destiné à un emploi en paroi enterrée.

06 MISE EN ŒUVRE

6.1 PARTIES COURANTES

Les panneaux isolants sont systématiquement mis en œuvre en contact direct avec l'étanchéité.

Leur mise en œuvre peut se faire de la manière suivante :

- **pour les panneaux en polystyrène extrudé et en polystyrène expansé :**
 - par collage par plots, à l'aide d'une colle bitumineuse ou polyuréthane ;
 - par collage en plein, à l'aide d'une colle bitumineuse à froid ;
 - par collage par quelques plots pour un maintien provisoire, en attente du remblaiement ;
 - par bandes autocollantes double face (bitume modifié ou butyle).
- **pour les panneaux en verre cellulaire :** par collage à froid en plein avec traitement des chants des panneaux à l'aide d'une colle bitumineuse.

Les colles utilisables sont à définir par le fabricant des panneaux isolants.

6.2 APPUI EN PIED DE L'ISOLANT

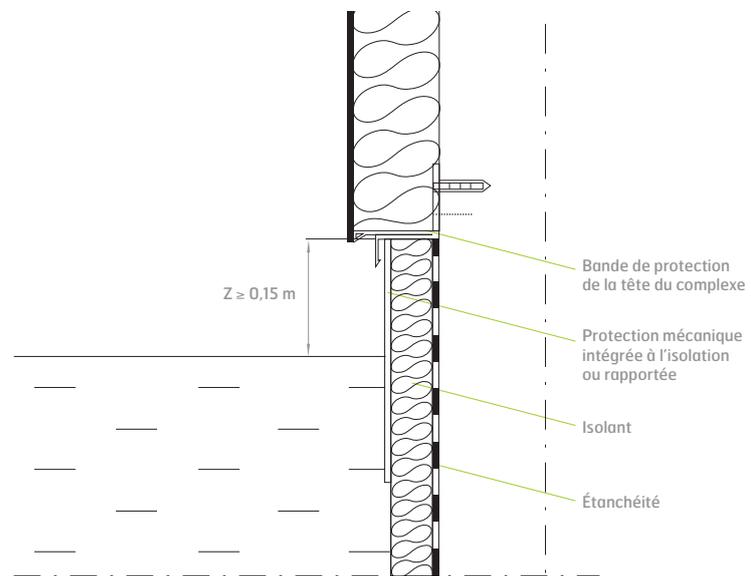
Il est constitué par un débord :

- débord de la semelle quand il existe ;
- élément filant solidaire avec le gros-œuvre (corbeau filant en béton par exemple) dont la mise en œuvre permet d'assurer la continuité de l'étanchéité.

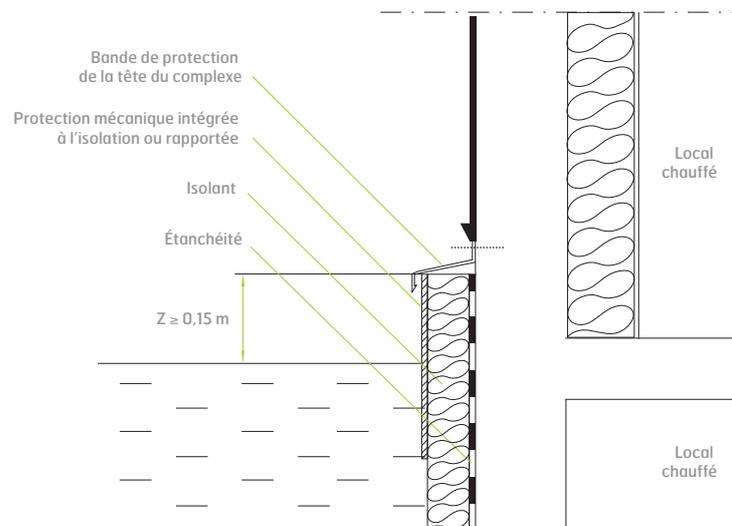
La distance h entre le niveau haut du plancher et l'arrêt de l'isolant en pied est supérieure à 2 fois l'épaisseur de la paroi verticale (voir § 7.2 - détail de corbeau filant).

07 POINTS SINGULIERS : EXEMPLES DE SOLUTIONS

7.1 DÉTAILS EN TÊTE DE SOUBASSEMENT

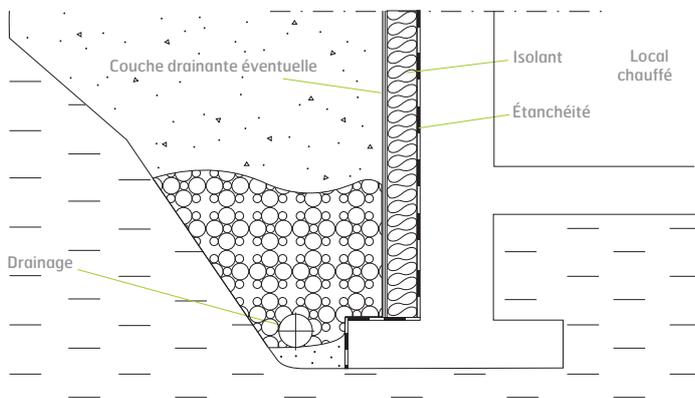


Cas de l'isolation par l'extérieur des façades

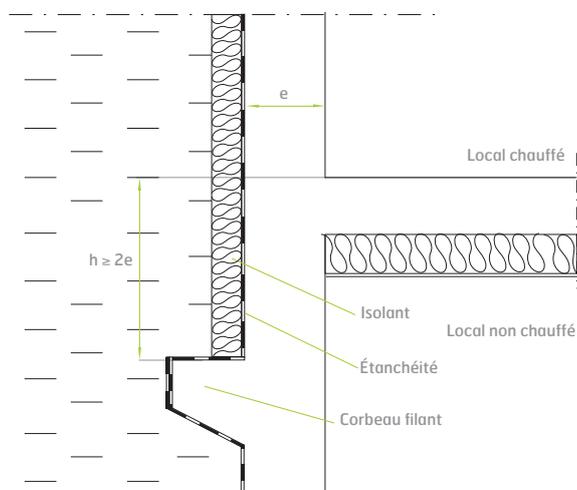


Cas de l'isolation par l'intérieur des façades

7.2 DÉTAILS DE L'ASSISE DE L'ISOLANT



Cas du débord de la semelle



Cas du corbeau filant

ANNEXE A

COEFFICIENT DE TRANSMISSION SURFACIQUE ÉQUIVALENT U_e D'UNE PAROI VERTICALE ENTERRÉE : EXEMPLES DE SOLUTIONS

Référentiel RT 2005* - Règles Th-U

Méthode de calcul

RT 2005 - Règles Th-U - fascicule 4/5 - parois opaques - § 2.2.2.3 - Parois en contact avec le sol :

$$U_e = \frac{2\lambda_s}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) \text{ si } d_w \geq d_t$$

$$U_e = \frac{2\lambda_s}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_w}{d_w + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) \text{ si } d_w < d_t$$

avec

$d_w = \lambda_s (R_{si} + R_w + R_{se})$ = épaisseur équivalente du mur enterré

$d_t = w + \lambda_s (R_{si} + R_f + R_{se})$ = épaisseur équivalente du plancher en contact avec le sol

λ_s : conductivité thermique du sol non gelé

w : épaisseur totale du mur, toutes couches comprises, en mètres

R_w : résistance thermique du mur enterré, toutes couches comprises

R_f : résistance thermique du plancher

R_{si} : résistance superficielle intérieure

R_{se} : résistance superficielle extérieure

z : profondeur moyenne au-dessous du sol de la face inférieure du plancher bas du sous-sol chauffé, en mètres

Hypothèses de calcul

Sol :

$\lambda_s = 2,0 \text{ W/(m.K)}$, selon § 1.3.1.2 du fascicule 4/5 des règles Th-U

Paroi verticale enterrée :

- Voile en béton armé de 0,20 m d'épaisseur + étanchéité monocouche élastomère de 0,0032 m d'épaisseur + isolant thermique de résistance thermique variable, avec 2 configurations :

1 niveau de sous-sol : $z = 2,90 \text{ m}$

2 niveaux de sous-sol : $z = 5,60 \text{ m}$

Plancher bas sur terre plein avec isolation continue en sous-face

- Dallage de 0,15 m d'épaisseur, coulé sur isolant + revêtement de sol plastique collé

- Isolant de résistance thermique

$R_u = 1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour respecter la valeur

garde fou $R \geq 1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (selon Règles Th U - fascicule 1/5 - § 3.2.1)

La résistance thermique du plancher R_f est calculée pour 2 configurations :

a. Absence de pont thermique linéique :

$$R_f = R_{\text{isolant}} + R_{\text{dallage}} + R_{\text{revt sol}} = 1,845 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

b. Présence d'un pont thermique linéique dû à la présence d'un refend intermédiaire

$$R_f = 1,724 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

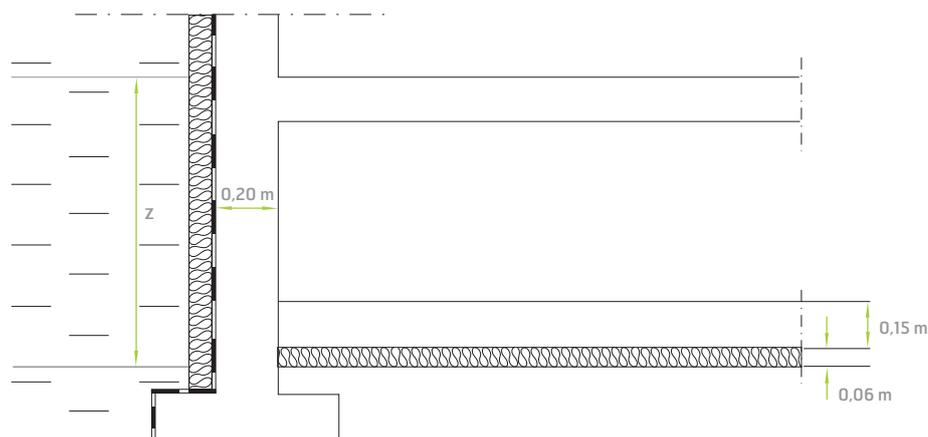
R_f est calculée selon les règles Th U - fascicule 4/5 - § 2.2.2.1 - a5, avec un coefficient linéique de la liaison plancher - refend $\Psi = 0,33 \text{ W/m.K}$, évalué par défaut selon les règles Th U - fascicule 5/5 - § 3.2.4 - DC 1.1.1, avec les hypothèses suivantes :

- refend de 0,15 m d'épaisseur, sur soubassement en béton, de longueur $L = 7,50 \text{ m}$
- surface intérieure du plancher : $A = 82,50 \text{ m}^2$

* Cette annexe reste valide dans l'attente de l'application de la RT 2012.

COUPE DE PRINCIPE TYPE DE LA PAROI

Cas de la paroi sans pont thermique linéique intermédiaire au droit du plancher bas



Cas de la paroi avec pont thermique linéaire intermédiaire au droit du plancher bas

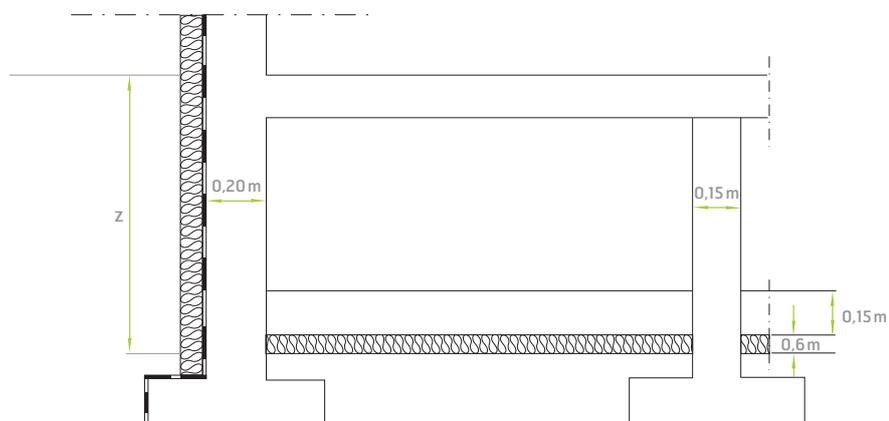


TABLEAU DE RÉSULTATS

Valeurs de U_e tabulées, en fonction de la résistance thermique de l'isolant

R^2 ($m^2 \cdot K/W$)	U_e ($W/m^2 \cdot K$) ¹	
	1 niveau de sous - sol	2 niveaux de sous - sol
4,10	0,16	0,14
3,80	0,17	0,14
3,50	0,18	0,15
3,20	0,20	0,16
2,95	0,21	0,17
2,70	0,23	0,18
2,35	0,25	0,20
2,00	0,28	0,22
1,75	0,31	0,24
1,65	0,32	0,25
1,55	0,33	0,25
1,45	0,34	0,26
1,35	0,35	0,27
1,25	0,37	0,28
1,15	0,38	0,29

Nota: la valeur garde fou $U_e \leq 0,45 W/m^2 \cdot K$ (RT 2005) est bien respectée

¹ Le tableau ne fait pas de distinction entre les valeurs de U_e calculées dans le cas de la paroi sans pont thermique et celles de la même paroi avec pont thermique linéaire intermédiaire au droit du plancher bas (engendrant une perte de la résistance totale du plancher d'environ 6,5 %) car elles sont identiques.

² Il s'agit de la résistance thermique utile en œuvre telle que définie au § 5.2 - 3^e puce

ANNEXE B

DÉTERMINATION DE LA PROFONDEUR MAXIMALE DE POSE DE PANNEAUX ISOLANTS : EXEMPLES DE CALCUL

Méthode de calcul

On considère une paroi enterrée comportant des panneaux isolants sur une profondeur H soumise aux efforts unitaires suivants :

- la poussée des terres $P_G = K_a \times \rho \times H$
- une poussée due à une charge d'exploitation uniformément répartie q sur le terre plein considéré horizontal, $P_Q = K_a \times q$

avec

K_a : coefficient de poussée latérale du sol
 ρ : masse volumique moyenne du sol

À la profondeur H , la résistance R de l'isolant à la poussée peut s'écrire de la manière suivante :

$$R = K_a \times (\rho \times H + q)$$

La profondeur maximale admissible de l'isolant, H_{\max} correspond à une poussée des terres engendrant une contrainte de l'isolant égale à sa résistance limite R_{lim} , qui se traduit par l'expression suivante :

$$R_{\text{lim}} = K_a \times (\rho \times H_{\max} + q)$$

avec $R_{\text{lim}} = 1/4 \times CS(10)Y$, $CS(10)Y$ étant la résistance en compression de l'isolant ou $R_{\text{lim}} = CC(2/1,5/50) \sigma_c$, fluage en compression n'excédant pas une réduction totale d'épaisseur de 2 %, après une extrapolation correspondant à 50 ans sous la contrainte en compression déclarée σ_c .

Exemples de calcul

1. Utilisation d'un isolant thermique de résistance en compression de 200 kPa

Quelle est la profondeur maximale de mise en œuvre de l'isolant dans le cas d'une paroi enterrée dans un sol limoneux, contiguë à un parc de stationnement pour véhicules légers sur terre plein ?

Hypothèses de calcul :

$CS(10) = 200 \text{ kN/m}^2$ (ou kPa)

$K_a = 0,5$ (sol limoneux)

$\rho = 20 \text{ kN/m}^3$

$q = 2,3 \text{ kN/m}^2$ (parc de stationnement pour véhicules légers)

La profondeur maximale des panneaux isolants sera :

$$H_{\max} = (R_{\text{lim}}/K_a - q)/\rho = 4,90 \text{ m}$$

2. Bâtiment comportant 3 niveaux enterrés à isoler thermiquement sur la hauteur totale enterrée, soit 8 m. Le bâtiment est longé par une voirie accessible aux véhicules contre l'incendie.

Quelles doivent être les caractéristiques mécaniques minimales de l'isolant susceptible d'être posé à cette profondeur ?

Hypothèses de calcul :

$H = 8 \text{ m}$

$q = 5 \text{ kN/m}^2$

$K_a = 0,33$ (sables et graviers)

$\rho = 20 \text{ kN/m}^3$

On a : $R_{\text{lim}} = K_a \times (\rho \times H + q) = 54,45 \text{ kN/m}^2$

L'isolant à prévoir devra avoir la caractéristique minimale suivante :

- soit une résistance à la compression $\geq 4 \times 54,45 \text{ kN/m}^2$ donc un niveau de contrainte en compression déclaré d'au moins 250 kPa, noté $CS(10)250$, correspondant à la classification des normes produit NF EN 13163 et NF EN 13164.

- soit une contrainte en compression déclarée correspondant à une réduction totale d'épaisseur de 2% après fluage en compression extrapolé à 50 ans, $\sigma_c = 55 \text{ kPa}$, notée $CC(2/1,5/50)55$.



RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES DE LA CSFE

Elaborées par les professionnels de l'étanchéité et leurs partenaires, elles viennent pallier l'absence de référentiel dans des domaines techniques innovants ou dans des conceptions de mise en œuvre appelées à se développer.

CSFE Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité
6-14 rue La Pérouse · 75784 Paris Cedex 16
Tél: 01 56 62 13 20 · Fax: 01 56 62 13 21
www.etancheite.com

