

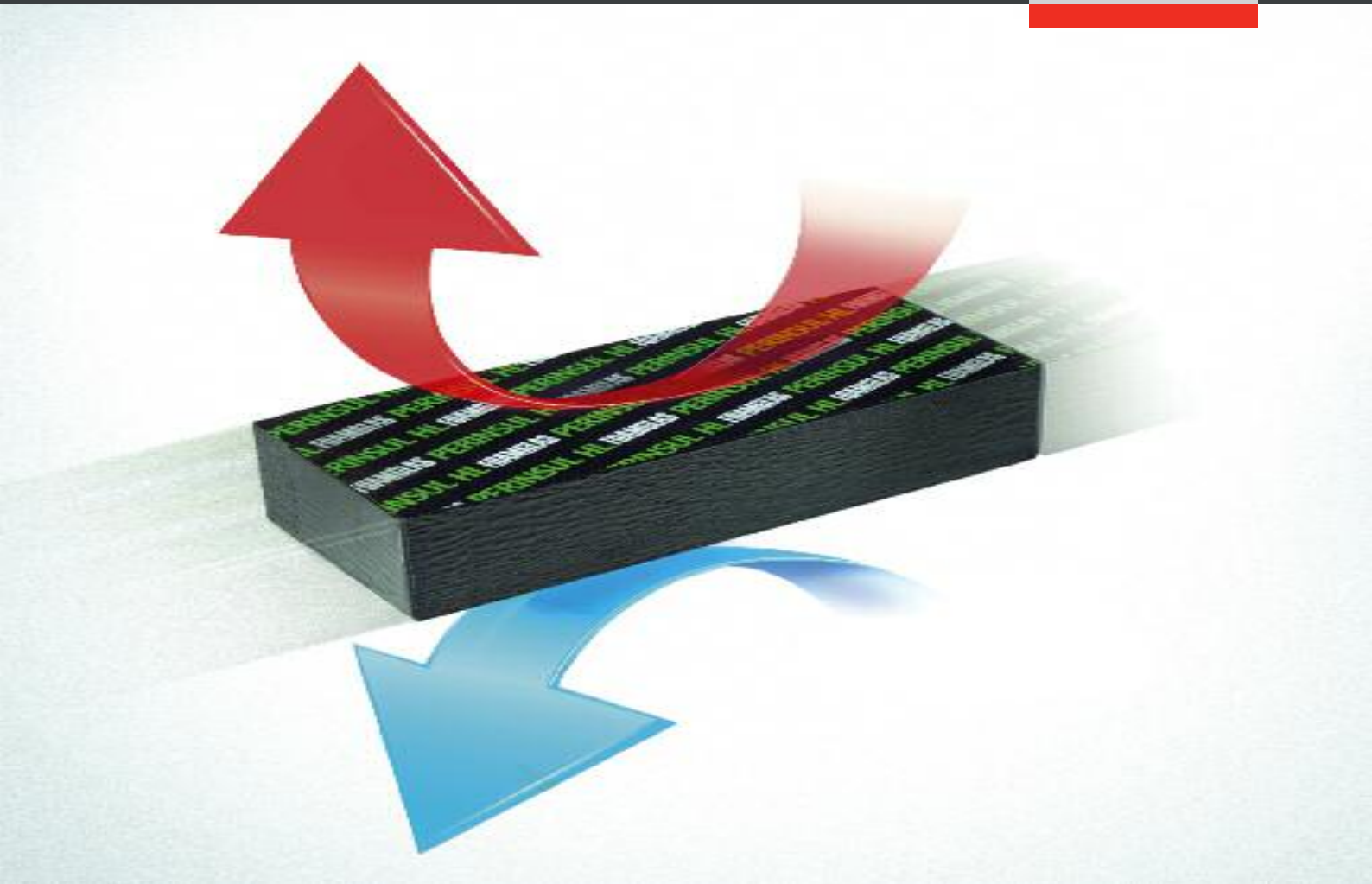
La solution durable aux ponts thermiques

**FOAMGLAS®**

**PERINSUL S** (standard)

**PERINSUL HL** (high load)

**FOAMGLAS®**  
Building



[www.foamglas.be](http://www.foamglas.be)  
[www.foamglas.lu](http://www.foamglas.lu)



**FOAMGLAS®**

## CONTENU

<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>Eviter les ponts thermiques</b>	<b>6</b>
- Le concept de pont thermique	6
- Types de ponts thermiques	6
- Conséquences d'un pont thermique	7
- Critères d'évaluation : $\Psi$ , $\chi$ et $f$	9
- Mieux vaut prévenir que guérir	9
<b>Les ponts thermiques et la PEB</b>	<b>10</b>
- Un pont thermique est un nœud constructif thermiquement non performant	10
- Calcul des nœuds constructifs : 3 options	11
- Les nœuds constructifs 'PEB-conformes'	12
<b>FOAMGLAS® PERINSUL: la solution pour une couche isolante continue</b>	<b>15</b>
- Le verre cellulaire : un matériau aux propriétés exceptionnelles	21
- L'appui idéal pour les maçonneries	22
- Isoler avec FOAMGLAS® PERINSUL	22
- FOAMGLAS®: l'isolant dont la valeur lambda reste constante	24
<b>Essais, TU Eindhoven</b>	
<b>PERINSUL S et PERINSUL HL (Eurocode 6, ETA)</b>	<b>25</b>
- Forte résistance et faible déformation	25
- Calcul de résistance à la compression d'un mur de maçonnerie suivant Eurocode 6 versus NBN B24-301	28
<b>Données techniques</b>	<b>29</b>
- Propriétés du matériau	29
- Mise en œuvre	30



Verre cellulaire  
– FOAMGLAS® PERINSUL S  
– FOAMGLAS® PERINSUL HL

## Introduction

Les nœuds constructifs qui résultent de ponts thermiques deviennent cruciaux. Plus un bâtiment est isolé, plus grands seront les effets des zones où l'isolation est interrompue.

Les ponts thermiques ont de nombreux effets indésirables. La perte de chaleur plus grande que celle des zones voisines fait baisser la performance de l'isolation thermique. L'évolution actuelle des performances énergétiques conduisant de plus en plus à la construction d'habitations à basse énergie et dans le futur à des habitations presque zéro-énergie, rend ces pertes extrêmement néfastes.

Les ponts thermiques ne sont pas seulement responsables de la perte de chaleur. Ils ont également des conséquences sur le confort et l'hygiène des pièces et sur notre santé. La température superficielle intérieure des ponts thermiques plus basse rend possible la condensation de l'air à cet endroit. Cela peut donner des problèmes d'humidité et de moisissures, des odeurs et un climat intérieur malsain.

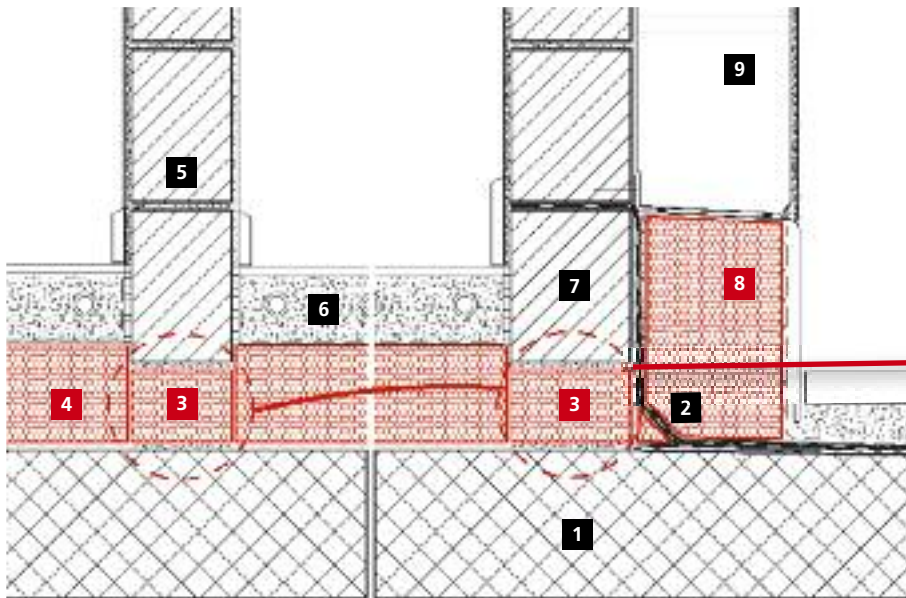
Afin d'éviter tous ces problèmes, il faut si possible éviter les ponts thermiques. Après réalisation, il est difficile, voir impossible de remédier à un pont thermique.

Les blocs FOAMGLAS® PERINSUL ont été spécialement conçus pour créer une couche isolante dans les murs de fondations et autre maçonnerie, évitant de ce fait les ponts thermiques.

FOAMGLAS® PERINSUL combine cinq propriétés importantes :

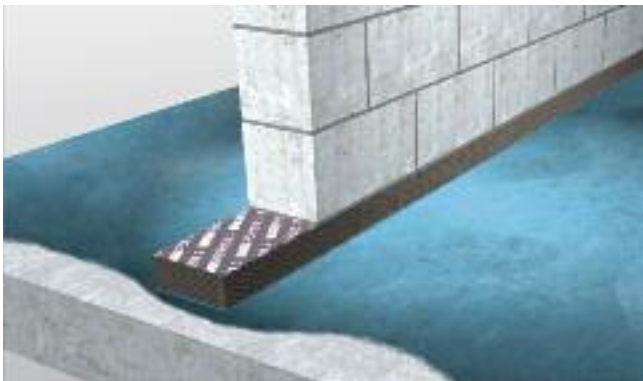
- Bon pouvoir isolant
- Résistance mécanique performante
- Intrinsèquement hydrofuge
- Excellente résistance au feu
- Résistant à la vermine

## Exemple d'une application PERINSUL



- 1 Structure portante
- 2 Membrane d'étanchéité bitumineuse
- 3 FOAMGLAS® PERINSUL posé sur un lit de mortier
- 4 Isolation de sol FOAMGLAS®
- 5 Mur intérieur (maçonnerie)
- 6 Chape de ciment ou anhydrite
- 7 Mur extérieur (maçonnerie)
- 8 Isolation FOAMGLAS®
- 9 Isolation extérieure et enduit

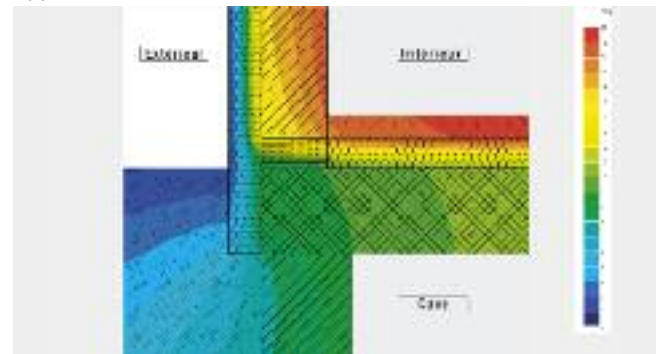
## Influence de l'humidité



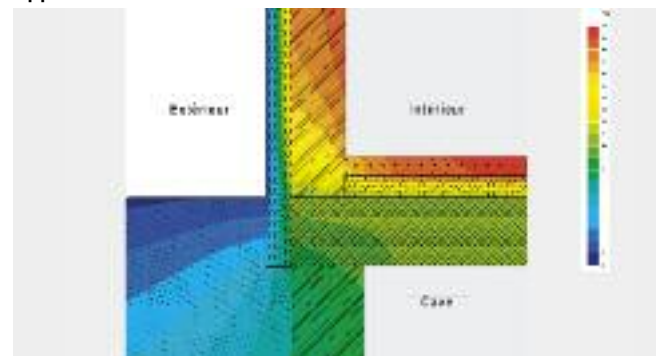
En comparaison avec des blocs concurrents, les blocs FOAMGLAS® PERINSUL offrent les avantages d'être imperméables et indéformables.

## Influence sur la température

Application avec PERINSUL



Application sans PERINSUL



La perte de chaleur à la jonction du mur et de la dalle est clairement visible.





# Eviter les ponts thermiques

Les ponts thermiques sont des endroits où l'enveloppe isolante est localement interrompue à cause d'un défaut de conception et/ou d'une mauvaise exécution. Les conséquences de ces maillons faibles dans l'enveloppe isolante sont néfastes à la construction mais également à la santé de ses habitants. Eviter les ponts thermiques est donc primordial.

## Le concept de pont thermique

Un pont thermique est une zone dans l'enveloppe isolante qui forme un passage privilégié entre un endroit chaud et un endroit plus froid.

La transmission de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur est plus grande au droit d'un pont thermique que dans le reste de la construction. La plus grande transmission de chaleur (flux thermique) est la conséquence d'une plus faible résistance thermique du pont thermique par rapport à celles des éléments de construction voisins.

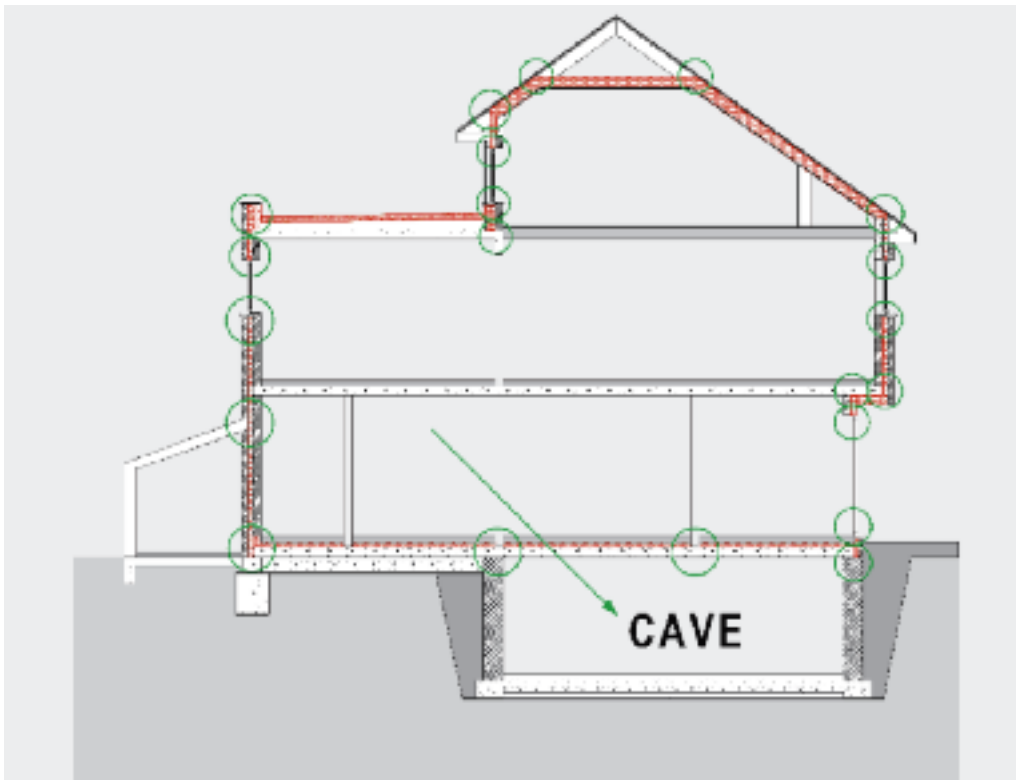
La conséquence d'une plus grande déperdition calorifique par le pont thermique est une température superficielle plus basse du côté intérieur de la construction. Cela donne lieu non seulement à des pertes par rayonnement et convection mais également à un risque de condensation superficielle. Lorsque l'air, ayant une humidité déterminée, entre en con-

tact avec une surface dont la température est inférieure à celle du point de rosée de cet air, une partie de l'humidité entre en phase liquide; cela se traduit par l'apparition de gouttelettes. Le même phénomène apparaît, par exemple, sur le miroir de la salle de bains après avoir pris une douche.

## Types de ponts thermiques

**Les ponts thermiques peuvent prendre deux formes :**

**1. Linéaire :** lorsque la déperdition calorifique se produit à l'endroit où deux éléments de construction se rejoignent, par exemple à l'intersection d'un mur creux et de sa fondation, à la jonction entre le toit et la façade mais encore au raccord maçonnerie-menuiserie extérieure. Un pont thermique linéaire est également présent lorsque la couche isolante est interrompue par une descente d'eau pluviale ou un profilé métallique.



**Nœuds constructifs linéaires** (cercles)

La jonction de deux parois est un nœud constructif linéaire. Lorsque la couche isolante d'un même élément constructif est interrompue de manière linéaire, il y a un nœud constructif.

**2. Ponctuel :** lorsque la couche isolante d'un même élément constructif est interrompue en un ou plusieurs points par un matériau ayant une grande conductivité thermique, par exemple les crochets d'ancrage pour murs de parement. C'est également le cas lorsqu'une poutre s'appuie perpendiculairement à un élément constructif et interromp la couche isolante.

**Exemple d'une piscine :**

L'air à une température de 30 °C peut contenir au maximum 30,34 grammes de vapeur d'eau par m<sup>3</sup>. Si l'humidité relative (H.R.) est de, par exemple, 60%, cet air contient 60% de 30,34 gr/m<sup>3</sup>, soit 18,2 gr/m<sup>3</sup>.

Lorsque la température descend, l'air peut contenir une plus faible quantité de vapeur d'eau. Il arrive un moment où la concentration maximale en vapeur d'eau (le point de rosée) est atteinte; l'H.R. est alors de 100%. Dans cet exemple, il y aura une condensation sur les surfaces dont la température est inférieure à 21,4 °C.

**Conséquences d'un pont thermique**

**Les ponts thermiques ont de lourdes conséquences :**

**- Pour notre consommation d'énergie**

Une des principales conséquences est la (considérable) déperdition calorifique. Plus un bâtiment est isolé, plus les ponts thermiques prennent une part conséquente dans la transmission de chaleur à travers ses parois externes. Dans un bâtiment moyennement isolé, les déperditions calorifiques dues aux ponts thermiques représentent 10% des déperditions calorifiques totales. Dans un bâtiment très bien isolé, les ponts thermiques peuvent représenter plus de 25% et plus des déperditions calorifiques totales.

**- Pour notre confort de vie**

La température superficielle intérieure au droit des ponts thermiques est inférieure à la température moyenne des éléments environnants. En combinaison avec une forte humidité absolue de l'air intérieur, une condensation superficielle peut apparaître.

**Piscine privée, Waregem, Belgique**



### - Pour notre santé

En cas de condensation, il y a un risque : de développement de moisissures, d'apparition d'odeurs et d'une diminution de la qualité de l'air.

Les moisissures et champignons sont composés d'un réseau de filaments sur lesquels se développent des spores. Ces derniers sont si petits qu'ils peuvent être transportés par l'air sur une grande distance. C'est pourquoi les spores peuvent être présents partout. Lorsqu'ils trouvent un substrat approprié (un muret ou des panneaux de plafonds) et une humidité suffisante (sous forme de condensat, une infiltration d'eau ou une forte humidité relative), ils commencent à se développer.

Les moisissures causent non seulement des dégâts dans le bâtiment (taches noires sur les murs, plafonds abîmés, etc.)

mais provoquent aussi des problèmes de santé (asthme, etc.) principalement chez les femmes enceintes, les jeunes enfants et les personnes âgées.



Moisissure

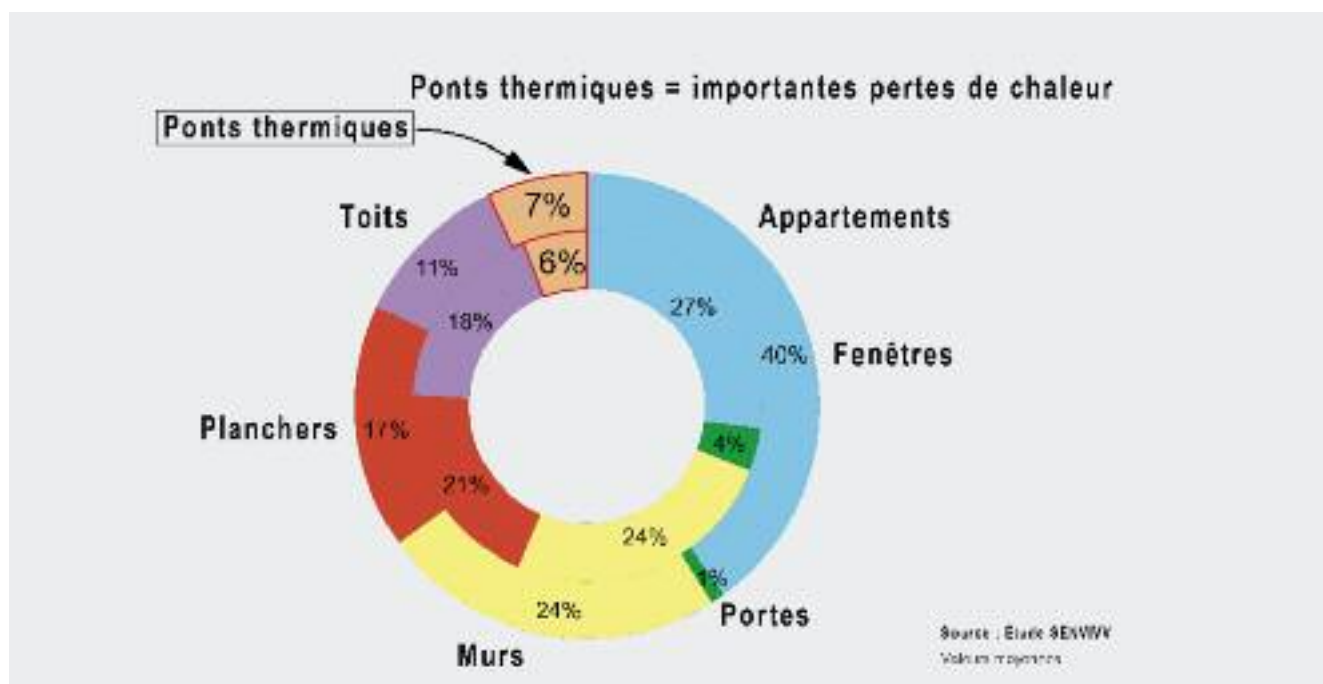
### Etude SENVIVV

L'important impact des ponts thermiques sur les déperditions calorifiques dans nos habitations ressort notamment de l'étude SENVIVV (1995-1997). Il y est mené une analyse de l'aspect énergétique (isolation, ventilation et chauffage) de 200 habitations construites en Flandre entre 1989 et 1997.

Les figures ci-dessous montrent :

- la nature des ponts thermiques et leurs fréquences dans 200 habitations SENVIVV
- l'impact des ponts thermiques dans les appartements et maisons
- l'influence des ponts thermiques sur le niveau K.

Sur 200 habitations SENVIVV (situation existante avec ponts thermiques) seulement 29 ont un niveau K55. En l'absence de pont thermique, 53 des 200 habitations atteindraient un niveau K55.





## Critères d'évaluation : $\Psi$ , $\chi$ et $f$

Afin de pouvoir évaluer l'importance des ponts thermiques, deux éléments doivent être pris en considération :

- la déperdition calorifique supplémentaire
- l'évolution de la température à travers la construction et la température superficielle intérieure. Plus cette température est basse, plus grand est le risque de condensation et/ou de moisissures.

### Valeurs $\Psi$ et $\chi$

Le coefficient de transmission linéique (= le flux thermique par unité de longueur pour une différence de température d'un degré K entre deux milieux au travers d'un pont thermique linéique) est représenté par la valeur  $\Psi$  (psi), en W/m.K.

Les ponts thermiques ponctuels sont désignés par le symbole  $\chi$  (chi), en W/K.

Le calcul des valeurs  $\Psi$  et  $\chi$  peut se faire à l'aide de logiciels tels que ceux créés par Physibel : Trisco, Bisco, Voltra ..., de programmes libres comme Therm (développé par LBLN), ou encore un atlas des ponts thermiques (par exemple Kobra ou la banque de données du projet «Koudebrug-IDEE»).

Pertes de chaleur supplémentaire par mètre de pont thermique

$\Psi$	> 0,6 :	très élevées
0,4	< $\Psi$ ≤ 0,6 :	élevées
0,1	≤ $\Psi$ ≤ 0,4 :	modérées
0	< $\Psi$ ≤ 0,1 :	négligeables
$\Psi$	≤ 0 :	aucunes

Source : IAKOB

### Facteur $f$

La qualité thermique d'un détail de construction peut être appréciée grâce au facteur de température, désigné par la lettre  $f$ . Une valeur haute est favorable, une valeur basse est défavorable. Plus la valeur du facteur de température est faible, plus grands sont les risques de condensation superficielle et de développement de moisissures.

Le facteur  $f$  est calculé comme suit :

$$f = \frac{T_o - T_e}{T_i - T_e}$$

Avec :  $T_o$  = température superficielle intérieure  
 $T_e$  = température de l'air extérieur  
 $T_i$  = température de l'air intérieur

Où :  $0 < f < 1$

En Belgique, la Note d'Information Technique 153 (CSTC, 1984) indique que le risque de condensation est limité si le facteur  $f$  d'un élément de construction est supérieur à 0,7. Ce facteur ne donne aucune garantie quant à l'absence totale de condensation superficielle.

**Il est difficile d'obtenir un facteur  $f$  élevé à certains endroits. Principalement là où l'isolation est interrompue par un élément constructif, comme les fondations, la probabilité d'avoir un facteur  $f$  bas est grande. Grâce à FOAMGLAS® PERINSUL, le facteur  $f$  peut être satisfaisant et la condensation superficielle ainsi que le développement de moisissure peut être prévenu.**

La réglementation PEB n'impose aucune valeur au facteur  $f$ . Tous les intervenants de la conception à la réalisation de la construction ne peuvent être dégagés de leur responsabilité en cas d'apparition de problèmes de condensation ou de moisissures.

## Mieux vaut prévenir que guérir

En raison de leur emplacement – dans les coins, le long du plancher ou du plafond – les ponts thermiques sont mal ventilés.

Les conséquences d'un pont thermique comme des taches d'humidité et/ou le développement de moisissures ne disparaissent pas par le simple fait d'une ventilation supplémentaire.

Remédier à un pont thermique existant est une tâche difficile. Cela est même pratiquement impossible lorsqu'il se trouve en pied de mur.

Par conséquent, les ponts thermiques sont à éviter. Dans les nouveaux bâtiments, l'isolation doit envelopper l'ensemble de la construction. Cela signifie que l'isolation du sol doit rejoindre parfaitement l'isolation murale et que cette dernière à son tour rejoint parfaitement l'isolation du toit et les menuiseries extérieures.

Lorsque l'isolation est continue, les ponts thermiques les plus complexes, comme la jonction entre les murs et les dalles, sont évités.

Les blocs FOAMGLAS® PERINSUL ont été spécialement conçus pour créer une couche isolante dans les fondations et la maçonnerie, et ainsi éviter tout pont thermique.



Un complexe de maison,  
LD2 Architectes, Bruxelles,  
Belgique.  
Photo Marc Detiffe

## Les ponts thermiques et la PEB

Jusqu'au 1/1/2011, la réglementation PEB dans les trois régions ne tenait pas compte des ponts thermiques dans le calcul des déperditions de chaleur. Le calcul du niveau K se basait uniquement sur les valeurs U. Toutefois des études montrent l'importance des ponts thermiques dans les déperditions calorifiques par transmission. Qui plus est, leur importance relative prend d'avantage d'ampleur à mesure que l'isolation d'un bâtiment est améliorée. En conséquence, une méthode a été développée afin de tenir compte, dans la réglementation PEB, de l'influence des ponts thermiques et de mettre ainsi l'accent sur une bonne conception thermique des détails de construction. La méthode est seulement d'application pour les ponts thermiques, l'interruption dans la couche isolante propre à la paroi doit être incluse dans la détermination du coefficient de transmission thermique (valeur U) de cette construction.

### Un pont thermique est un nœud constructif thermiquement non performant

Le terme 'pont thermique' n'est pas repris dans le texte du projet d'amendement de l'Annexe IV/V de la réglementation PEB; il y est fait mention de 'nœud constructif'. Le terme 'nœud constructif' couvre l'ensemble des endroits dans l'enveloppe du bâtiment où des déperditions thermiques cachées sont possibles et/ou peuvent apparaître de la

condensation ou des moisissures. La définition donne donc une liste de localisation possible d'un nœud constructif mais ne donne aucune indication en terme de physique du bâtiment sur ce qu'est un bon ou un mauvais nœud constructif. Chaque construction comprend au moins une trentaine de nœuds constructifs linéaires et ponctuels.

Un nœud constructif ayant un comportement thermiquement non performant est un pont thermique au sens original et négatif.

## Calcul des nœuds constructifs : 3 options

Cette nouvelle méthode PEB laisse le choix entre trois possibilités de prise en compte des nœuds constructifs :

- **Option A**, aussi appelée 'Méthode détaillée',
- **Option B** ou 'Méthode des nœuds PEB-conformes' et
- **Option C** ou 'Supplément forfaitaire'.

Avec l'**option A**, les valeurs  $\Psi$  et  $\chi$  exactes de chaque nœud constructif doivent être calculées numériquement en tenant compte de la longueur de chaque nœud constructif linéaire et du nombre de nœuds constructifs ponctuels. C'est la méthode la plus précise pour déterminer le niveau K mais elle est complexe et demande un travail important.

En choisissant l'**option C**, une pénalité forfaitaire de 10 points est déduite du niveau K (isolation thermique globale du bâtiment). Cette option a le gros désavantage de faire augmenter fortement le niveau K. Une isolation supplémentaire sera donc nécessaire afin de compenser la pénalité de points. Mais avec cette isolation supplémentaire, l'effet des ponts thermiques est encore renforcé.

Dans la pratique l'**option B**, aussi appelée méthode des nœuds constructifs 'PEB-conformes', sera généralement choisie. Afin de simplifier le calcul, les nœuds constructifs d'un bâtiment sont regroupés en deux catégories : les nœuds constructifs 'PEB-conformes' et les nœuds constructifs qui ne sont pas 'PEB-conformes'.

Les nœuds constructifs 'PEB-conformes' doivent répondre à une des trois règles de base ou bien la valeur  $\psi$  calculée doit être meilleure que la valeur  $\psi$  limite fixée pour ce nœud constructif. Ils donnent lieu automatiquement à une pénalité de 3 points K sur le niveau d'isolation globale de l'habitation. La valeur des nœuds constructifs qui ne répondent pas aux règles de base doit être déterminée par un calcul détaillé ou, selon le type de nœud constructif, par l'utilisation de valeurs prédéfinies. Si ces nœuds ont une meilleure valeur  $\psi$  que la valeur  $\psi$  limite, la pénalité forfaitaire peut être diminuée et même devenir nulle.

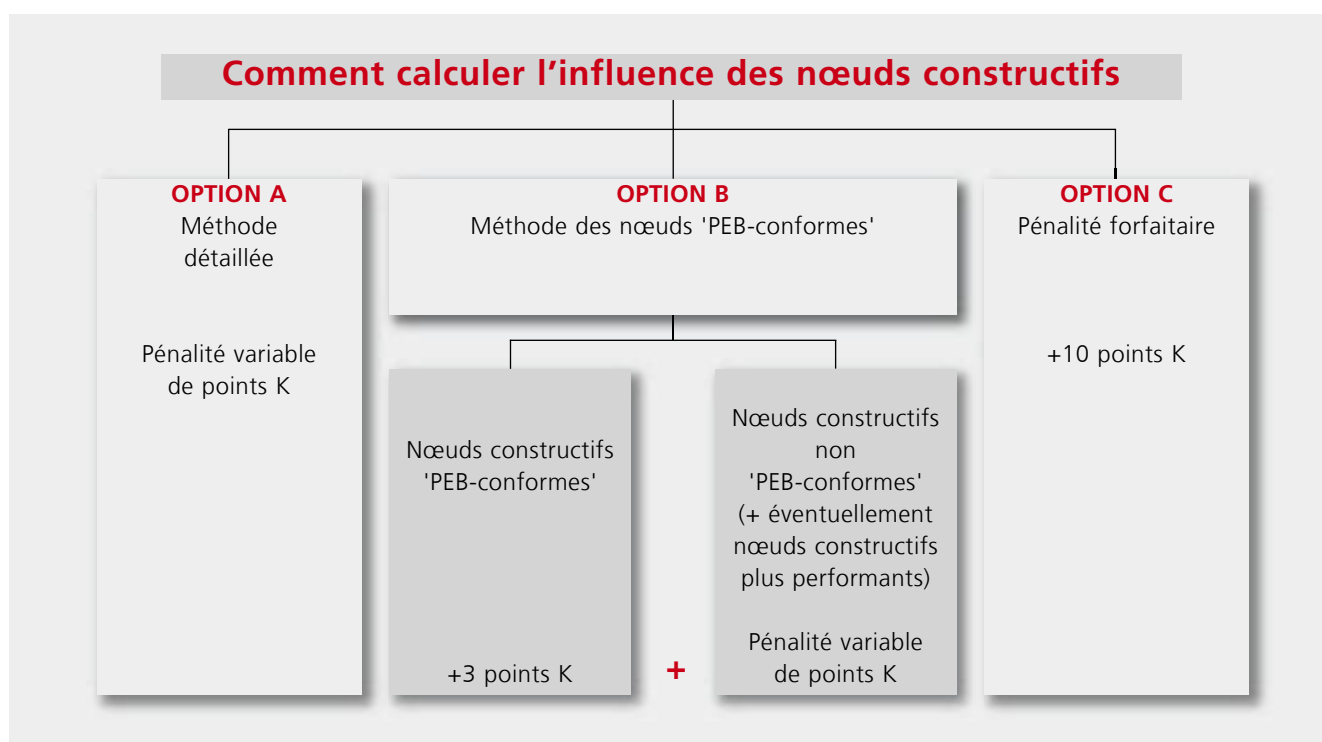


Schéma des 3 options possibles pour calculer l'influence des nœuds constructifs et leur impact sur le niveau K.

## Les nœuds constructifs 'PEB-conformes' (Option B)

Les nœuds constructifs 'PEB-conformes' sont des nœuds constructifs qui ne provoquent pas de déperditions calorifiques non admises et n'ont donc pas ou peu d'impact sur les points E ou sur les points K. L'impact des déperditions calorifiques par transmission des nœuds constructifs autorisés est sanctionné par 3 points K.

Pour qu'un nœud constructif soit 'PEB-conforme', une des deux conditions suivantes doit être remplie. Dans la première condition, pour être 'PEB-conforme' un nœud constructif doit satisfaire à une des trois règles de base correspondant chacune à un détail de déperdition thermique limitée (voir schéma ci-après).

Un **nœud constructif 'PEB-conforme'** répond à une des **3 règles de base de la condition 1**

1. Epaisseur de contact minimale de l'isolation  
 $d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$
2. Interposition d'un élément isolant avec  $\lambda \leq 0,2 \text{ W/mK}$   
+ valeur R minimale  
+ exigence d'épaisseur de contact
3. Chemin de moindre résistance :  
de minimum 1 m de long

**ET / OU**

**Condition 2 :**

**La valeur  $\Psi$  est plus basse que la valeur limite.**

**Condition 1 : ou bien le nœud constructif répond à une des 3 règles de base.**

Ces règles de base s'appuient sur le principe d'une garantie de coupure thermique. Cela signifie que les couches d'isolation de deux parois contiguës de la surface de déperdition doivent être continues. On peut s'en assurer en dessinant le contour de la couche isolante sans devoir lever le crayon.

La coupure thermique est garantie par :

### Règle de base 1

#### Le respect d'une épaisseur de contact minimale

Pour quelle situation ?

Lorsque les couches isolantes sont directement en contact (voir fig. 1).

Comment satisfaire à cette règle ?

L'épaisseur minimale de contact  $d_{\text{contact}}$  est fonction de l'épaisseur des couches isolantes adjacentes ( $d_1$  et  $d_2$ ). Cette épaisseur de jonction  $d_{\text{contact}}$  ne peut jamais être inférieure à la moitié de la plus petite épaisseur des couches isolantes ( $d_1$  ou  $d_2$ ). Plus épaisses seront les couches d'isolation, plus grande devra être l'épaisseur de contact.

### Règle de base 2

#### Interposition d'un élément isolant

Pour quelle situation ?

Lorsque les couches isolantes ne sont pas directement en contact.

Comment satisfaire à cette règle ?

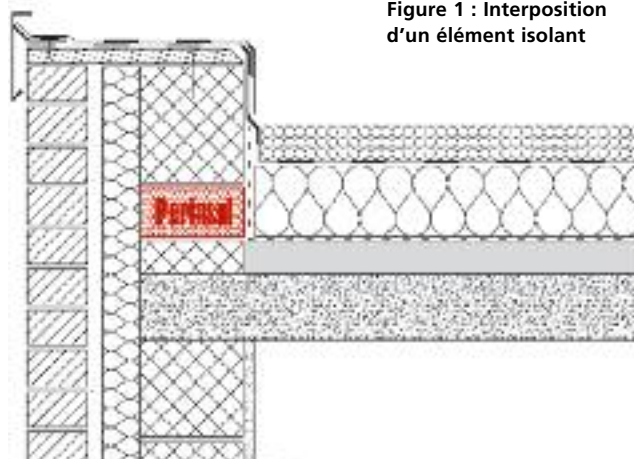
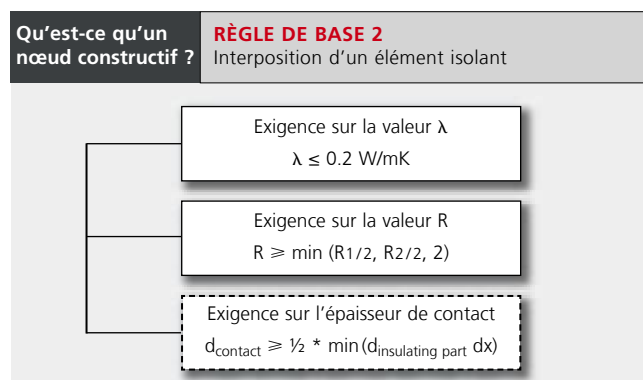
Cette règle stipule que tous les éléments isolants doivent répondre à chacune des trois exigences suivantes :

1. Les éléments isolants interposés sont composés de matériaux isolants. La conductivité thermique  $\lambda_{\text{insulating part}}$  de chaque élément isolant est de maximum 0,2 W/mK.

(La valeur lambda de PERINSUL S est de 0,050 et de PERINSUL HL de 0,058).

2. Les éléments isolants doivent avoir une résistance thermique suffisante. La résistance thermique R de chaque élément isolant ne peut être inférieure à la moitié de la plus petite des valeurs  $R_1$  et  $R_2$  ou à 2. En effet, afin de conserver une valeur R raisonnable dans le cas de fortes épaisseurs d'isolation, une **valeur plancher** de 2 m<sup>2</sup>K/W a été fixée.

3. Les éléments isolants doivent être suffisamment en contact avec les couches isolantes adjacentes. L'épaisseur de contact aux raccords entre les éléments isolants interposés et les couches isolantes ou entre éléments isolants, ne peut pas être inférieure à la moitié de la plus petite épaisseur des couches isolantes (voir fig. 1).



**Figure 1 : Interposition d'un élément isolant**

### Règle de base 3

#### Le respect d'une longueur minimale du chemin de moindre résistance

Pour quelle situation ?

Lorsque les couches isolantes ne sont pas directement en contact et qu'il n'y a pas d'interposition possible d'un élément isolant.

Comment satisfaire à cette règle ?

Un nœud constructif est 'PEB-conforme' lorsque le chemin de moindre résistance a une longueur de 1 mètre ou plus. Ainsi, le flux de chaleur doit parcourir une assez grande distance et la déperdition calorifique est donc limitée.

Le chemin de moindre résistance est défini strictement comme étant : «la longueur du plus court trajet entre les environnements intérieur et extérieur ou une pièce non chauffée et qui ne coupe à aucun endroit une couche isolante ou un élément isolant dont la résistance thermique est supérieure ou égale à la plus petite des valeurs  $R_1$  et  $R_2$  des couches isolantes des parois».

Pour ce faire, sur la coupe du nœud constructif en question, la plus courte ligne sera dessinée de l'intérieur vers l'extérieur ou vers une pièce voisine non chauffée sans qu'elle ne coupe aucune couche isolante. Si la longueur totale de cette ligne est inférieure à 1 mètre, l'isolation sera prolongée afin d'avoir une longueur d'au moins 1 mètre; à condition que la résistance thermique de cette isolation soit au moins supérieure à la plus petite des deux valeurs  $R_1$  et  $R_2$  (voir fig. 2).

Si les nœuds constructifs répondent à une de ces règles de base, ils sont par définition PEB-conformes et donc ne nécessitent aucun calcul.

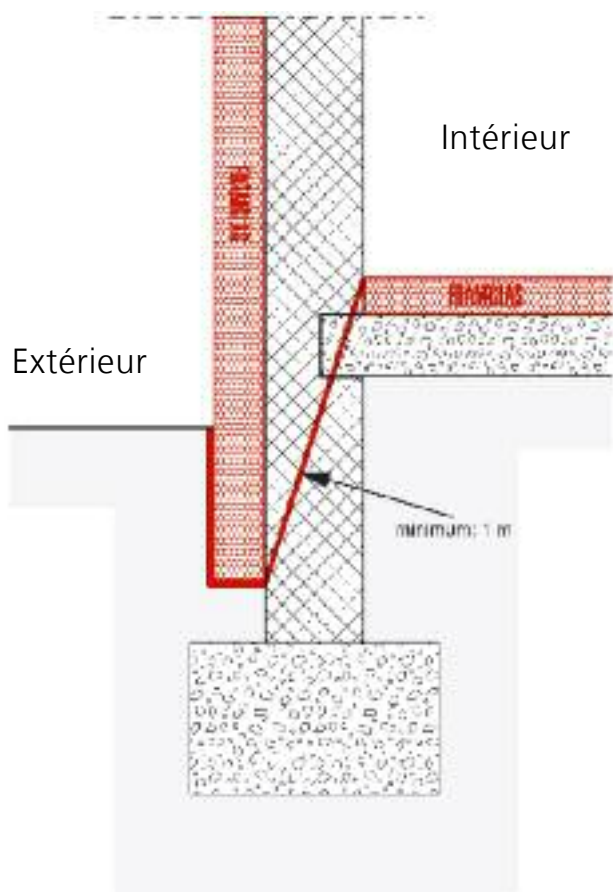


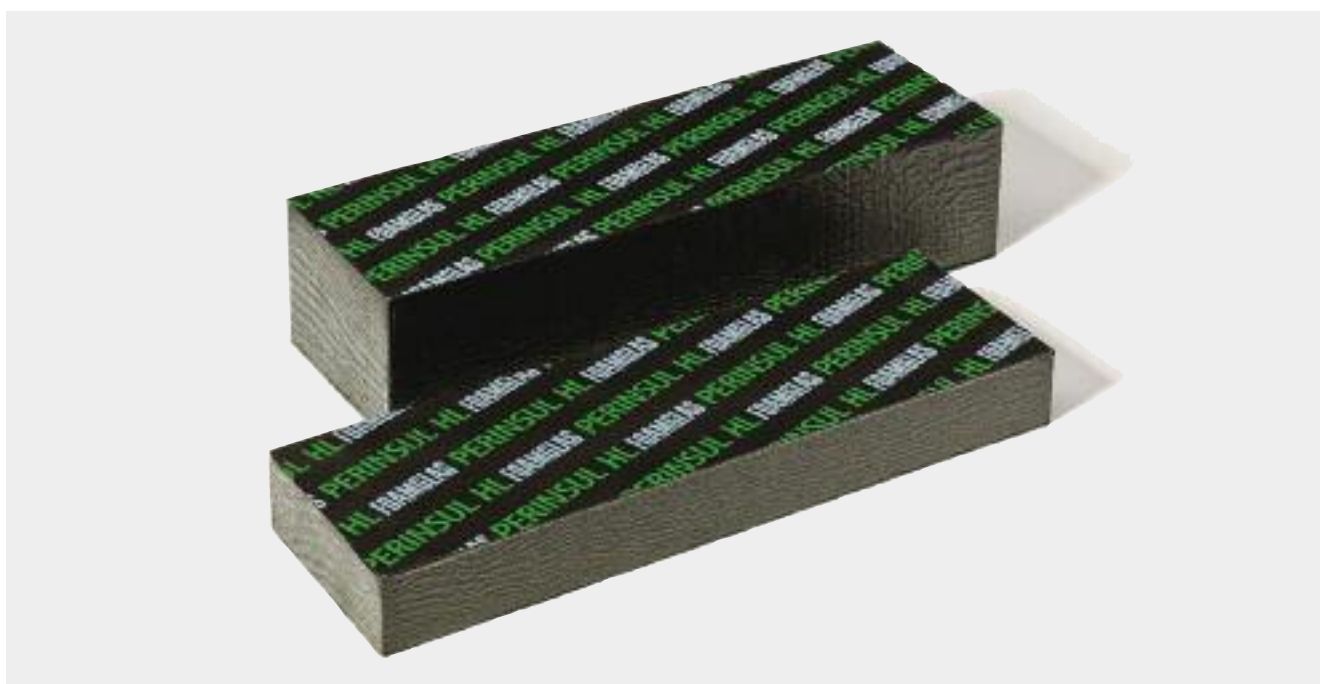
Figure 2 : Schéma de principe du chemin de moindre résistance thermique

**Condition 2 : ou bien la valeur  $\Psi_e$  (coefficient de transmission thermique) d'un nœud constructif est inférieure à la valeur limite  $\Psi_{e, \text{lim}}$  ; cette dernière dépend du type de nœud constructif.**

Un nœud constructif ne doit pas répondre simultanément aux deux conditions. Il est donc possible qu'un nœud constructif satisfasse à la valeur limite  $\Psi_{e, \text{lim}}$  mais pas à au moins une des trois règles de base et inversement.

	$\Psi_{e, \text{lim}}$
<b>1. Angle sortant (1) (2)</b> – 2 murs – Autres angles sortants	- 0,10 W/m·K 0,00 W/m·K
<b>2. Angle rentrant (3)</b>	0,15 W/m·K
<b>3. Raccords aux fenêtres et aux portes</b>	0,10 W/m·K
<b>4. Appui de fondation</b>	0,05 W/m·K
<b>5. Balcons – auvents</b>	0,10 W/m·K
<b>6. Raccords de parois d'un même volume protégé ou entre 2 volumes protégés différents avec une paroi de la surface de déperdition</b>	0,05 W/m·K
<b>7. Nœuds constructifs combinés (4)</b>	0,10 W/m·K
<b>8. Tous les nœuds qui n'entrent pas dans les catégories 1 à 6</b>	0,00 W/m·K

- (1) A l'exception d'appui de fondation
- (2) Pour un angle sortant, l'angle  $\alpha$  – mesuré entre les deux faces extérieures de la paroi de la surface de déperdition – doit satisfaire à :  $180^\circ < \alpha < 360^\circ$ .
- (3) Pour un angle rentrant, l'angle  $\alpha$  – mesuré entre les deux faces extérieures de la paroi de la surface de déperdition – doit satisfaire à :  $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ .
- (4) Différents types de nœuds constructifs dont la typologie les rend difficilement dissociables peuvent être considérés comme un nœud constructif combiné.







Verre cellulaire  
 – FOAMGLAS® PERINSUL S  
 – FOAMGLAS® PERINSUL HL

## FOAMGLAS® PERINSUL: la solution pour une couche isolante continue

FOAMGLAS® PERINSUL a spécifiquement été conçu pour permettre la réalisation d'une couche isolante continue. Les blocs PERINSUL satisfont à la règle de base 2 de la condition 1 (interposition d'un élément isolant).

FOAMGLAS® PERINSUL est un élément isolant, porteur et absolument imperméable. Les deux faces sont revêtues de bitume, d'un voile de verre et d'un film polyéthylène. Les chants sont quant à eux revêtus de bitume.

FOAMGLAS® PERINSUL a une valeur lambda très favorable contrairement, par exemple, au béton, aux briques et autres matériaux de construction. Grâce à l'interposition des blocs PERINSUL, la couche isolante n'est pas interrompue et la coupure thermique est évitée.

FOAMGLAS® PERINSUL est la solution aux ponts thermiques. Grâce à FOAMGLAS® PERINSUL les habitations :

- n'ont pas de perte calorifique risquée (satisfait au facteur f minimal)
- ont une meilleure valeur K
- ont des nœuds constructifs avec une valeur psi très favorable
- ont une ambiance intérieure saine
- n'ont pas de condensation superficielle
- n'ont pas de problème de moisissure
- n'ont aucune nuisance d'odeur
- n'ont pas de problème d'humidité

**D'après la règle de base 2 de la condition 1, l'élément isolant qui sera interposé doit répondre à 3 conditions :**

1. être un matériau isolant – exigence de la valeur  $\lambda$  :  $\lambda \leq 0.2$  W/mK
2. avoir une résistance thermique suffisante – exigence de la valeur R :  $R \geq \min(R1/2, R2/2, 2)$
3. avoir un contact suffisant avec la couche isolante – exigence d'épaisseur de contact :  $d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{\text{insulating part}}, dx)$

Afin de respecter l'exigence d'épaisseur de contact, FOAMGLAS® offre trois solutions :

1. PERINSUL S de 10 cm d'épaisseur et avec une valeur lambda de 0,050 W/mK.  
Dans ce cas, la valeur R est de 2 m<sup>2</sup>K/W.
2. PERINSUL HL de 12 cm d'épaisseur et avec une valeur lambda de 0,058 W/mK.  
Dans ce cas, la valeur R est de 2,06 m<sup>2</sup>K/W.
3. Lorsqu'un nœud constructif est considéré de manière individuelle, un bloc PERINSUL de 5 cm d'épaisseur est déjà suffisant.  
Un tel bloc permet toujours d'avoir une valeur psi calculée inférieure à la valeur psi limite exigée par la PEB.

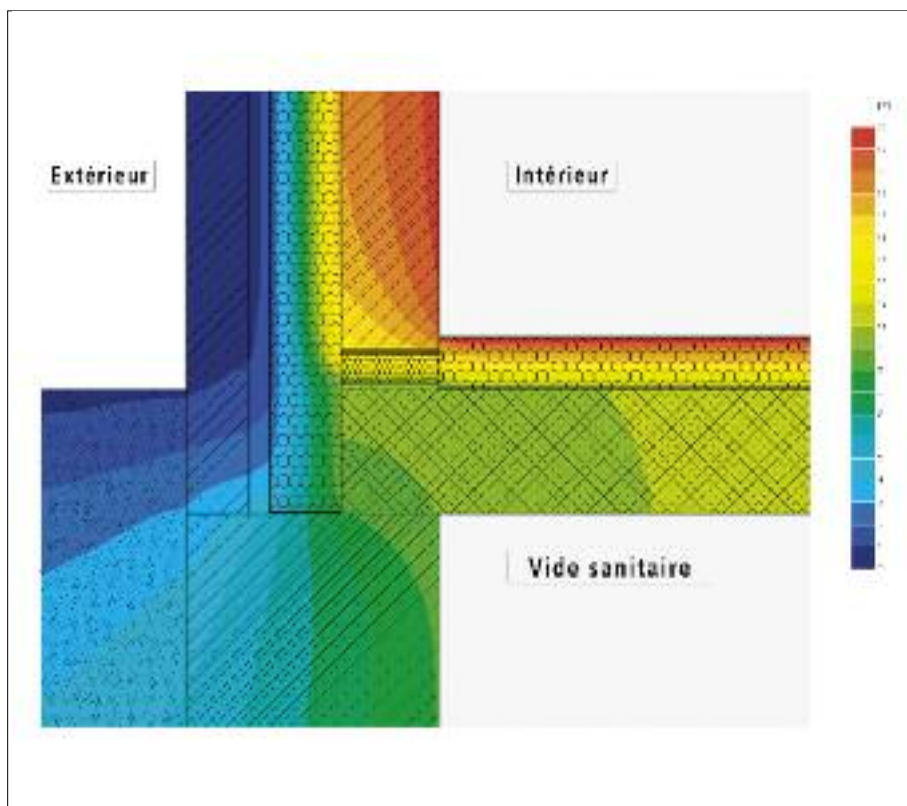
Les dessins et tableaux des pages suivantes indiquent cela.

## Fondation d'un vide sanitaire

(mur de vide sanitaire en blocs de béton plein)

Perinsul HL Epaisseur cm	U mur W/m <sup>2</sup> K	U plancher W/m <sup>2</sup> K	psi ( $\Psi_e$ ) W/mK	facteur f	temp. min °C
5	0,361	0,352	<b>-0,125</b>	0,84	16,8
5	0,287	0,314	<b>-0,1</b>	0,865	17,3
5	0,22	0,283	<b>-0,078</b>	0,878	17,56
5	0,142	0,143	<b>-0,037</b>	0,902	18,04
5	0,097	0,099	<b>-0,025</b>	0,92	18,4
Température extérieure 0 °C			Température intérieure 20 °C		

Lorsque psi ( $\Psi_e$ ) est inférieure ou égale à 0,00 W/m·K, le nœud constructif est «PEB-conforme» et diminue le niveau K.

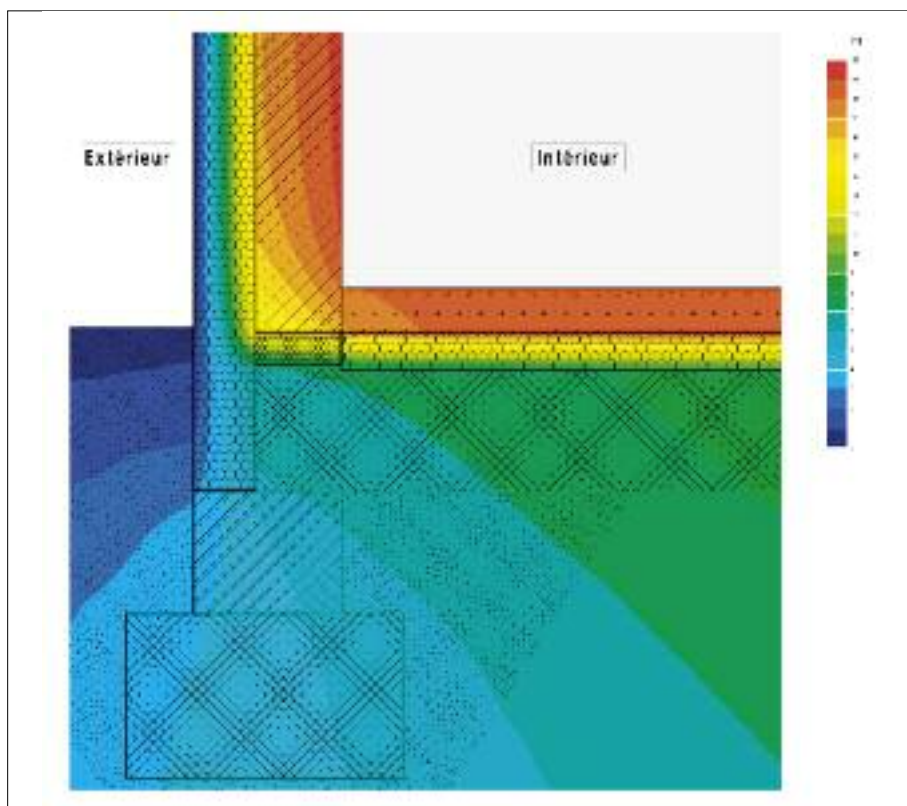


## Fondation d'une façade isolante

Perinsul HL Epaisseur cm	U mur W/m <sup>2</sup> K	R plancher m <sup>2</sup> K/W	psi ( $\Psi_e$ ) W/mK	facteur f	temp. min °C
5	0,351	1,28	<b>-0,06</b>	0,876	17,52
5	0,351	2,725	<b>-0,048</b>	0,89	17,8
5	0,28	1,53	<b>-0,035</b>	0,888	17,76
5	0,28	3,07	<b>-0,028</b>	0,9	18,0
5	0,234	2,018	<b>-0,022</b>	0,898	17,96
5	0,234	3,76	<b>-0,0173</b>	0,908	18,16
5	0,147	6,86	<b>0</b>	0,927	18,54
5	0,097	10,31	<b>0,009</b>	0,941	18,82

Température extérieure 0 °C      Binnentemperatuur 20 °C

Lorsque psi ( $\Psi_e$ ) est inférieure ou égale à 0,05 W/m·K, le nœud constructif est «PEB-conforme» et diminue le niveau K.

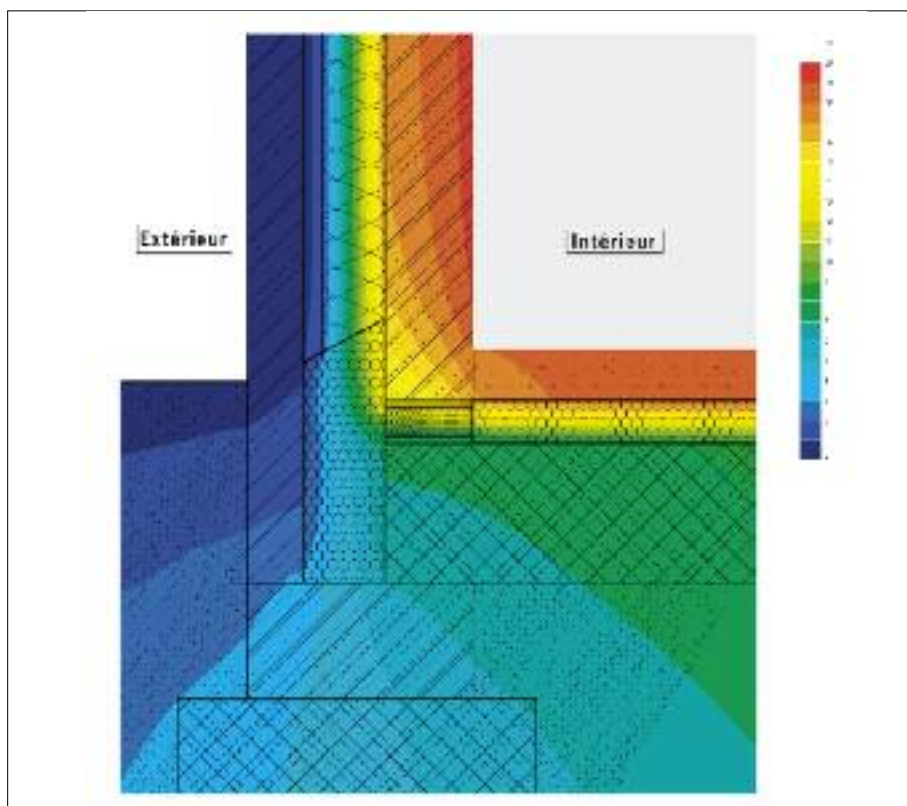


## Fondation d'un mur creux

Perinsul HL Epaisseur cm	U mur W/m <sup>2</sup> K	R plancher m <sup>2</sup> K/W	psi ( $\Psi_e$ ) W/mK	facteur f	temp. min °C
5	0,361	1,28	<b>-0,059</b>	0,88	17,6
5	0,361	2,725	<b>-0,051</b>	0,892	17,84
5	0,287	1,53	<b>-0,026</b>	0,887	17,74
5	0,287	3,07	<b>-0,023</b>	0,897	17,94
5	0,22	2,018	<b>-0,007</b>	0,898	17,96
5	0,22	3,76	<b>-0,005</b>	0,907	18,14
5	0,142	6,86	<b>0,01</b>	0,925	18,5
5	0,097	10,31	<b>0,01</b>	0,941	18,82

Température extérieure 0 °C      Température intérieure 20 °C

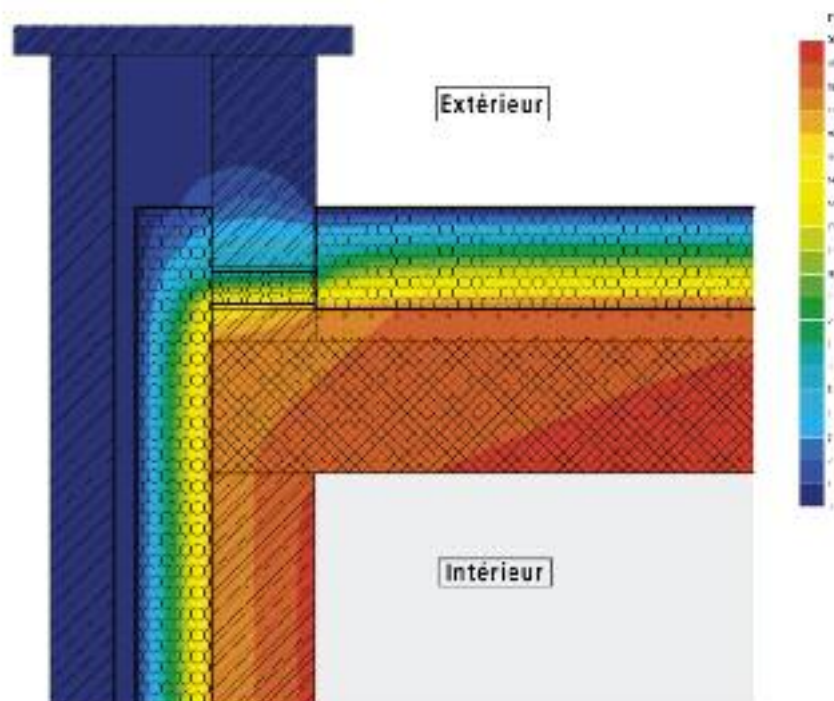
Lorsque  $\psi$  ( $\Psi_e$ ) est inférieure ou égale à 0,05 W/m·K, le nœud constructif est «PEB-conforme» et diminue le niveau K.



## Acrotère (Dalle en béton)

Perinsul S Epaisseur cm	U mur W/m <sup>2</sup> K	U dalle W/m <sup>2</sup> K	psi ( $\Psi_e$ ) W/mK	facteur f	temp. min °C
5	0,361	0,291	<b>-0,044</b>	0,899	17,98
5	0,287	0,255	<b>-0,039</b>	0,914	18,28
5	0,22	0,227	<b>-0,034</b>	0,927	18,54
5	0,142	0,146	<b>-0,026</b>	0,947	18,94
5	0,097	0,097	<b>-0,025</b>	0,961	19,22
Température extérieure 0 °C			Température intérieure 20 °C		

Lorsque psi ( $\Psi_e$ ) est inférieure ou égale à 0,00 W/m·K, le nœud constructif est «PEB-conforme» et diminue le niveau K.

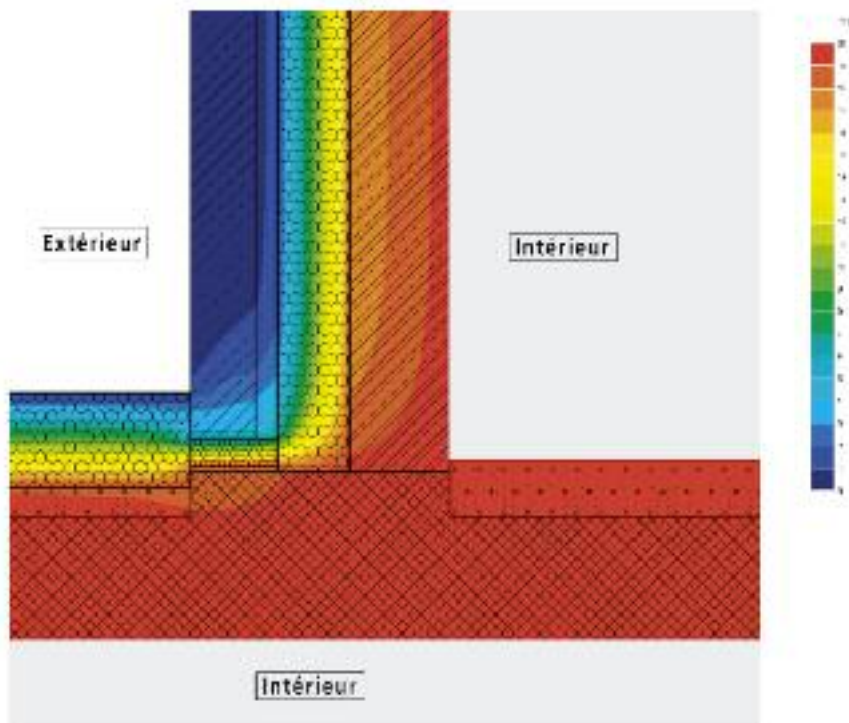


## Terrasse / plateforme

(Les locaux contigus sont chauffés)

Perinsul S Epaisseur cm	U mur W/m <sup>2</sup> K	U dalle W/m <sup>2</sup> K	psi ( $\Psi_e$ ) W/mK	facteur f	temp. min °C
5	0,361	0,291	<b>0,118</b>	0,953	19,06
5	0,287	0,255	<b>0,118</b>	0,963	19,26
5	0,22	0,227	<b>0,117</b>	0,971	19,42
5	0,142	0,146	<b>0,116</b>	0,982	19,64
5	0,097	0,097	<b>0,108</b>	0,986	19,72
Température extérieure 0 °C			Température intérieure 20 °C		

Lorsque psi ( $\Psi_e$ ) est inférieure ou égale à 0,15 W/m·K, le nœud constructif est «PEB-conforme» et diminue le niveau K.





## Le verre cellulaire : un matériau aux propriétés exceptionnelles

FOAMGLAS® PERINSUL est en verre cellulaire, un matériau isolant aux propriétés exceptionnelles. FOAMGLAS® conserve dans le temps ses propriétés originelles, même en cas d'inondation, d'incendie ou sous de fortes charges.

Ces qualités remarquables sont dues à la structure unique du verre cellulaire FOAMGLAS® : des cellules de verre hermétiques qui enferment un gaz inerte isolant. Ces cellules apparaissent grâce à l'expansion de verre pur lors du processus de moussage.



- 1 Imperméable** Grâce aux cellules de verre fermées, FOAMGLAS® est complètement étanche à l'humidité et ce autant pendant qu'après les travaux de construction. FOAMGLAS® reste absolument sec, même en cas de précipitations, de pluie battante ou d'inondations. FOAMGLAS® est également imputrescible. FOAMGLAS® reste sec et efficace, été comme hiver, durant des décennies.
- 2 Résistant à la vermine** De par leur structure cellulaire et leur recouvrement de bitume, les blocs FOAMGLAS® PERINSUL n'ont aucun attrait pour les rongeurs, la vermine, les insectes, notamment les fourmis, etc. Les blocs FOAMGLAS® PERINSUL ne pourrissent pas et ne réagissent pas aux acides.
- 3 Incompressibilité** FOAMGLAS® est incompressible même sous de fortes charges et ce sur une longue période.
- 4 Incombustible** Le verre cellulaire est incombustible (Euroclasse A1), n'émet pas de fumée, ne libère pas de gaz toxiques et ne dégage aucune odeur. FOAMGLAS® peut être stocké et appliqué sans danger. En cas d'incendie, FOAMGLAS® ne diffusera pas le feu via ses cellules fermées.
- 5 Etanche à la vapeur** FOAMGLAS® est le matériau isolant qui est non seulement complètement imperméable mais également entièrement étanche. La vapeur ne peut y pénétrer et donc y condenser. FOAMGLAS® ne peut devenir humide et peut donc être utilisé comme barrière à la vapeur. FOAMGLAS® empêche le passage de gaz radon.
- 6 Stable** Le verre se dilate à peine et très peu comparé aux autres matériaux isolants. Son coefficient de dilatation est équivalent au métal, au béton et à la maçonnerie; il s'ensuit une absence de tension en cas de modifications de température. Lors des fluctuations de température et des modifications d'humidité, il n'y a pas de risque de voir apparaître des joints ouverts entre les panneaux isolants.
- 7 Résistant aux agents chimiques** Le verre pur est résistant aux agents chimiques tels que l'acide humique et les engrais.
- 8 Facile à travailler** Etant donné que FOAMGLAS® est constitué des cellules de verre à paroi mince, le matériau est facile à travailler simplement avec des outils comme une scie égoïne.
- 9 Ecologique** FOAMGLAS® est inoffensif pour les personnes et l'environnement. FOAMGLAS® est un produit inorganique, moussé sans cfc, hcfc ou pentane et ne contient aucun élément cancérigène. Le matériau est composé d'au moins 60% de verre recyclé. Après démolition du bâtiment, FOAMGLAS® peut à nouveau être utilisé comme matériau de remblayage par exemple.

## L'appui idéal pour les maçonneries

Les points faibles classiques d'un bâtiment se situent au niveau des maçonneries d'élévation. Les blocs PERINSUL sont dans ce cas la solution idéale. Grâce à ses propriétés, FOAMGLAS® PERINSUL permet d'assurer la continuité de l'isolation thermique. FOAMGLAS® PERINSUL est à la fois un élément isolant et porteur qui peut solutionner complètement et durablement les ponts thermiques en pied de mur.



### Isoler avec FOAMGLAS® PERINSUL

Les blocs portants et isolants FOAMGLAS® PERINSUL comblent cette faille entre l'isolation des murs et plancher. Ils contribuent à la continuité et l'efficacité de l'enveloppe isolante.

Résultats :

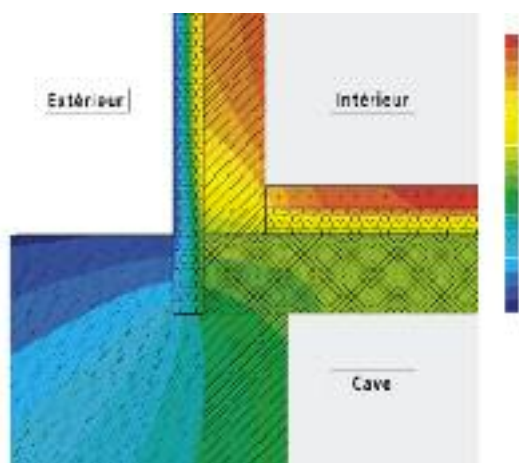
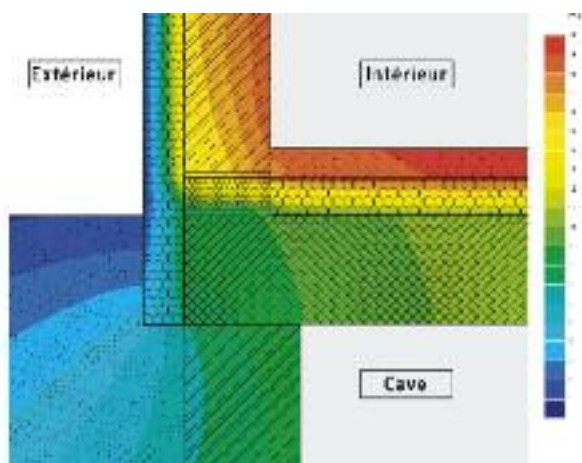
- une augmentation de la température superficielle intérieure et donc une diminution du risque de condensation et de développement de moisissure
- un air intérieur sain
- moins de déperditions calorifiques et par conséquent une économie dans la dépense énergétique.

### Fondations sans disposition particulière

Lorsqu'aucune disposition particulière n'est prise pour les fondations, la maçonnerie interrompt la continuité thermique entre l'isolation du mur extérieur et celle de la dalle. A cause de la grande conduction thermique de la maçonnerie dans le sens vertical ( $\lambda > 0,2 \text{ W/mK}$ ), il se crée un pont thermique important en pied de mur.

Cela signifie :

- une diminution de la température superficielle intérieure entraînant un risque de : décoloration du revêtement mural, développement de moisissures et condensation
- un accroissement de la perte de chaleur entraînant une augmentation de la dépense énergétique.





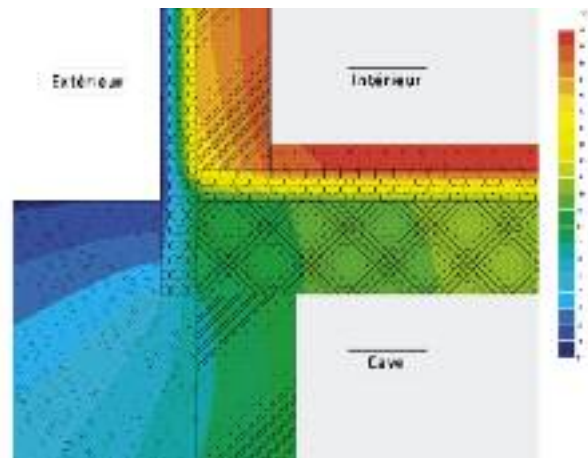
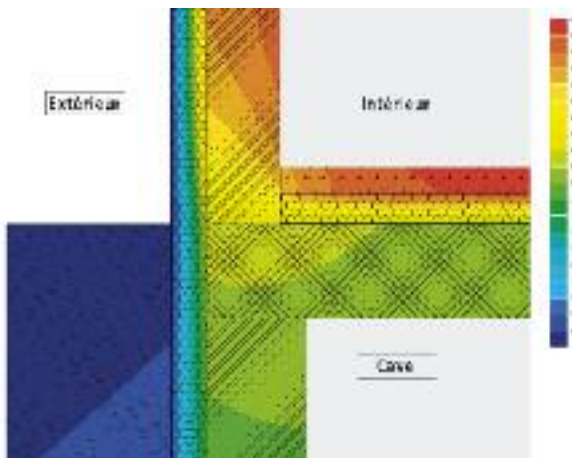
Isolation  
FOAMGLAS® PERINSUL

#### Isolation des murs en partie enterrée

Afin d'éviter des ponts thermiques en pied de mur, l'isolation verticale sera prolongée plus profondément dans le sol. Dans pareil cas, c'est onéreux et l'effet thermique atteint est limité à une profondeur de 0,5m.

#### Construction théoriquement isolée de manière idéale

La situation idéale théorique d'une enveloppe isolante complètement fermée est utilisée comme référence comparative. Dans la pratique, ce type de construction n'est pas réalisable.



## FOAMGLAS® : l'isolant dont la valeur lambda reste constante

Tous les matériaux de construction conduisent la chaleur. La valeur lambda (conductivité thermique) traduit cette capacité de conduction. Cette valeur peut être fortement influencée par la présence d'humidité dans le matériau. Plus un matériau a une capacité d'absorption importante, plus la valeur lambda peut varier. Grâce à son étanchéité totale (à l'eau et à la vapeur), FOAMGLAS® garantit sa valeur lambda dans le temps.

Des autres éléments de construction que FOAMGLAS® peuvent prendre l'humidité. Les éléments de construction humides ont un coefficient de conductivité thermique considérablement plus grande que la valeur  $\lambda$  indiquée dans les fiches techniques. Les valeurs mentionnées dans les fiches techniques sont toujours basées sur une situation idéale et sèche.

Prenons l'exemple du béton cellulaire. Le béton cellulaire qui est placé sous les maçonneries est en contact avec l'humidité sous-jacente qui, par capillarité, va migrer dans la couche isolante. Le béton cellulaire absorbe également de l'eau de gâchage des chapes.

Pour chaque 10%-en poids d'humidité, la conductivité thermique du béton cellulaire augmente de 50%. La valeur lambda d'un béton cellulaire humide peut monter de 0,2 à 0,6 W/mK; dans ce cas, le béton cellulaire ne répond plus à l'exigence de 0,2 W/mK (valeur lambda minimum suivant la règle de base 2 des exigences pour les nœuds constructifs PEB).

Les types de béton cellulaire courants (500 et 600 kg/m<sup>3</sup>) dépassent la limite de 0,2 W/mK lorsqu'ils ont absorbé une humidité de 11 respectivement 6%.

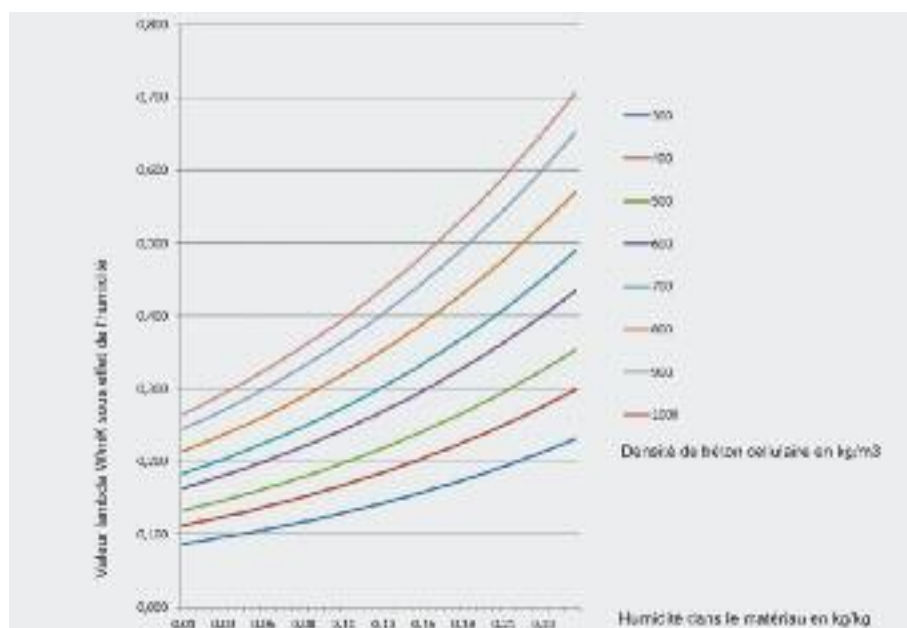
Par l'intermédiaire d'une simulation FEM, le Fraunhofer Institut für Bauphysik a pu établir que la conductivité thermique réelle d'une maçonnerie absorbante est plus grande que la valeur théorique non seulement pendant la phase des travaux mais aussi durant toute la période nécessaire au séchage d'un nouveau bâtiment.

**L'humidité absorbée pendant la phase des travaux par un mur et essentiellement la première rangée va sécher lentement et graduellement.**

L'humidité n'a aucun effet sur les blocs FOAMGLAS® PERINSUL. Ces derniers n'ont pas de pouvoir absorbant et donc constituent à proprement parlé une barrière contre l'humidité et les déperditions thermiques et cela sans devoir prendre de mesures particulières.

Le verre cellulaire FOAMGLAS® est un matériau isolant qui ne peut contenir de l'humidité. Grâce à ses cellules de verre fermées et agencées hermétiquement, FOAMGLAS® est complètement imperméable tant pendant qu'après les travaux. Il n'est donc pas nécessaire de placer une étanchéité supplémentaire : FOAMGLAS® est à la fois isolant et étanche.

FOAMGLAS® n'absorbe pas d'eau même en cas d'inondation ou de pluie battante. FOAMGLAS® est également un matériau isolant intrinsèquement étanche. L'humidité ne peut pas y pénétrer et par conséquent ne peut y condenser. Son imperméabilité lui assure une valeur lambda constante. Dès sa pose et durant toute sa durée de longue vie, l'effet isolant de FOAMGLAS® est constant. Été comme hiver, FOAMGLAS® reste sec et efficace durant plus de 50 ans comme le prouvent nos plus anciennes réalisations.



- Sources : Fraunhofer Institut für Bauphysik
- EN-ISO 10456





## Essais, TU Eindhoven

Résumé des essais menés sur : **PERINSUL S** et **PERINSUL HL**  
(Eurocode 6, ETA), 2010 - 2012

### Forte résistance et faible déformation

Les blocs FOAMGLAS® PERINSUL sont composés d'un même matériau homogène, à savoir le verre cellulaire et non d'un ensemble de couches de matériaux différents aux propriétés différentes. Cela explique la grande résistance à la compression et le peu de déformabilité tout en gardant sa capacité isolante.

Un isolant placé dans ou sous un mur maçonné doit reprendre le poids du mur ainsi que les charges transmises aux fondations via les murs.

Pour déterminer les utilisations possibles de FOAMGLAS® PERINSUL en tant que coupure thermique dans une maçonnerie portante, une recherche expérimentale étendue a été réalisée par le département Maçonnerie de l'Université Technique de Eindhoven et supervisée par SGS-Intron.

### Charge centrée

En premier lieu, les propriétés mécaniques de FOAMGLAS® PERINSUL S et HL ont été déterminées par une série de mises en charges de courte et longue durée, centrées et excentrées sur des éprouvettes de FOAMGLAS® PERINSUL de dimensions 100 x 100 x 100 mm<sup>3</sup> et 100 x 100 x 65 mm<sup>3</sup> (**fig. 1**).

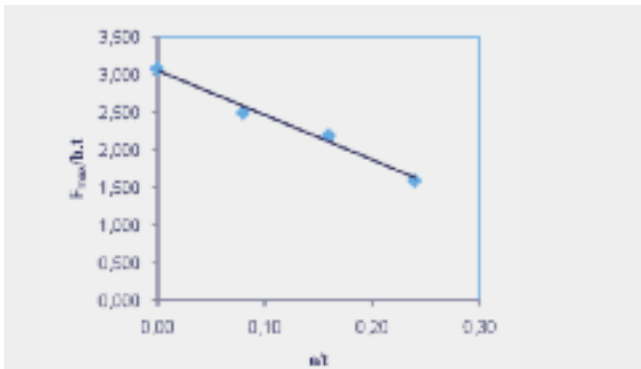
La résistance à la compression moyenne des deux matériaux est reprise dans le **tableau 1**. Vu que les ruptures sont quasiment toujours perpendiculaires à la direction de la charge, la résistance à la compression est indépendante de la forme de l'éprouvette (facteur de forme = 1). Le matériau étant insensible à l'humidité, il n'y a pas lieu de prendre un facteur de correction répercutant la teneur en humidité.

**Tableau 1** Résistance à la compression moyenne de FOAMGLAS® PERINSUL S et FOAMGLAS® PERINSUL HL

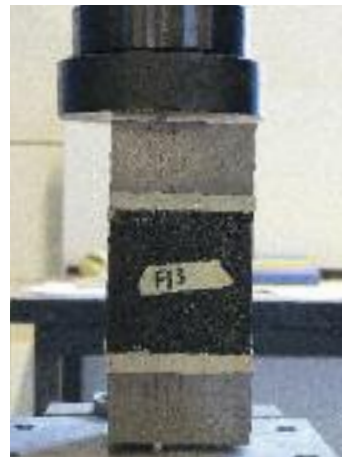
Matériau	Résistance à la compression moyenne MPa
Perinsul S	2,1
Perinsul HL	2,9



**Fig. 1**  
Charge centrée sur FOAMGLAS® PERINSUL S entre deux lits de mortier



**Fig. 3**  
Capacité portante des blocs FOAMGLAS® PERINSUL HL en fonction de l'excentricité relative



**Fig. 2**  
Charge excentrique sur un bloc FOAMGLAS® PERINSUL

### Charge excentrée

Dans la pratique, le mur de maçonnerie exerce une charge excentrique. L'impact de l'excentricité sur les capacités portantes de FOAMGLAS® PERINSUL a été étudié par des mises en charges avec différentes excentricités (**fig. 2**). De ceci, il découle que la capacité portante est affectée de façon linéaire avec l'augmentation de l'excentricité. Il faut donc tenir compte du facteur de réduction pour excentricité défini dans l'Eurocode 6, à savoir  $\Phi = 1 - 2e/t$  (**fig. 3**).

### Fluage

L'effet à long terme est évalué à l'aide d'essais de fluage sur des blocs FOAMGLAS® PERINSUL sans recouvrement (**fig. 4**). Les éprouvettes de FOAMGLAS® PERINSUL S ont été soumises à une charge constante de 0,5 MPa tandis que celles de FOAMGLAS® PERINSUL HL étaient chargées de 0,8 MPa. Ces charges sont plus grandes que les charges permanentes rencontrées en réalité. Même sous des charges aussi importantes, un facteur de fluage de moins de 1,5 a été mesuré, ce qui est du même ordre de grandeur que les briques et les blocs silico-calcaires.



**Fig. 4**  
Essais de compression sur des blocs FOAMGLAS® PERINSUL

### FOAMGLAS® dans un mur de maçonnerie

Ensuite, le comportement mécanique du matériau FOAMGLAS® PERINSUL a été analysé afin d'évaluer sa collaboration avec la maçonnerie. Des essais de compression ont été réalisés sur des murets en blocs silico-calcaires (**fig. 5**), en blocs de terre-cuite pleins et blocs de terre-cuite alvéolés (**fig. 6**) avec rupteur de pont thermique conformément à la Norme Européenne EN 1052-1. Lorsque la rupture du pont thermique a été faite par FOAMGLAS® PERINSUL S, du mortier de qualité M5 était utilisé; tandis qu'avec FOAMGLAS® PERINSUL HL, un mortier M10 était appliqué.

Les valeurs caractéristiques des maçonneries avec rupteurs de ponts thermiques sont reprises dans le **tableau 2**.



**Fig. 5**  
Essai de compression sur un muret avec maçonnerie en blocs silico-calcaires et rupteur de pont thermique



**Fig. 6**  
Essai de compression sur un muret avec maçonnerie en blocs de terre-cuite alvéolés et rupteur de pont thermique



**Tableau 2** Valeurs caractéristiques des maçonneries  $f_k$

		PERINSUL S $f_b = 1,8 \text{ MPa}$	PERINSUL HL $f_b = 2,9 \text{ MPa}$
<b>M5</b>	<b>KZ</b>	1,20	
	<b>P</b>	0,90	
	<b>SB</b>	0,90	
<b>M10</b>	<b>KZ</b>		1,90
	<b>P</b>		1,60
	<b>SB</b>		1,60

**M5** : mortier de classe M5 5 N/mm<sup>2</sup>    **M10** : mortier de classe M10 10 N/mm<sup>2</sup>  
**KZ** : bloc silico-calcaire 327 x 150 x 157 mm    **P** : bloc terre-cuite plein 240 x 140 x 100 mm  
**SB** : bloc terre-cuite alvéolé 290 x 140 x 140 mm

### Résistance à la compression de la maçonnerie avec rupteur de pont thermique suivant Eurocode 6

Sur base de ces résultats, la résistance à la compression de la maçonnerie avec rupteur de pont thermique peut être calculée en suivant les principes de l'Eurocode 6. Pour obtenir la résistance de calcul à la compression, la résistance caractéristique est divisée par le facteur de matériau  $\gamma_M$ . Ce facteur est défini au niveau national et peut varier de 1,5 à 3,7. Afin de tenir compte du caractère friable du verre cellulaire, il est recommandé de prendre, par analogie avec la méthode décrite dans l'Eurocode 2 pour le béton non armé, un facteur de friabilité  $\gamma_{M;b} = 1,2$  dans la formule :

$$f_d = f_k / \gamma_M / \gamma_{M;b}$$

Pour vérifier la résistance à la compression d'un mur au droit de la rupture du pont thermique, l'excentricité au bas de ce mur doit d'abord être déterminée. Suivant l'Eurocode 6, cette excentricité 'e' est au moins égale à 5% de l'épaisseur du mur. Dès lors, la valeur de calcul de la résistance aux charges verticales d'un mur peut être vérifiée par :

$$N_{Rd} = (1 - e/t) b t f_d$$

où

- b** = largeur du mur
- t** = épaisseur du mur
- e** = excentricité de la charge
- f<sub>d</sub>** = résistance de calcul à la compression de la maçonnerie avec rupteur thermique

### Efforts horizontaux

Afin de connaître la résistance aux efforts horizontaux d'un mur avec rupteur thermique, des tests expérimentaux sont effectués (**fig. 7**) conformément au protocole décrit par la norme EN 1052-3.

Il en ressort que la résistance aux efforts horizontaux d'une rupture de pont thermique avec FOAMGLAS® PERINSUL est plus grande que la valeur minimale exigée pour les classes d'exposition de maçonnerie MX1 et MX2.



**Fig. 7**  
Essai avec des charges horizontales

## Calcul de résistance à la compression d'un mur de maçonnerie suivant Eurocode 6 versus NBN B24-301

L'ancienne **norme belge NBN B24-301** décrit deux méthodes de calcul pour un contrôle de résistance des murs de maçonnerie :

- La méthode des **contraintes admissibles** et
- La méthode des **états-limites**

Dans la première méthode, le calcul se base sur les valeurs caractéristiques de la charge sans coefficient multiplicateur tandis que dans la seconde méthode, les charges sont corrigées par un facteur de charge. Dans les deux méthodes, la résistance de la maçonnerie est déterminée sur base d'une valeur caractéristique divisée par un facteur de matériau  $\gamma_M$ . Comme les deux méthodes doivent avoir des résultats équivalents, le facteur de matériau aux contraintes admissibles (3,75 à 5,25) est plus grand que dans la méthode aux états-limites (1,7 à 3,5). En outre, lors des calculs il faut tenir compte de l'excentricité des charges et de l'élançement du mur.

Le calcul suivant **Eurocode 6 (EC6)** est basé sur la méthode des états limites (**états-limites ultimes et de service**) qui est comparable avec la seconde méthode de l'ancienne norme belge. La différence principale réside dans le calcul de la résistance caractéristique de la maçonnerie.

Cette valeur se base sur la **résistance à la compression normalisée des blocs de maçonnerie**  $f_b$  et la **résistance moyenne du mortier**  $f_m$  tandis que dans la NBN B24-301 c'est la valeur caractéristique des blocs de maçonnerie qui est utilisée. Afin de garantir la qualité des blocs de maçonnerie, il est stipulé dans l'Eurocode 6 que le coefficient de variation des blocs ne peut être supérieur à 25%. En outre, l'Eurocode 6 indique que dans le cas de blocs appartenant à la catégorie II (ceux qui n'ont pas un contrôle de qualité certifié), un facteur de matériau plus grand doit être utilisé.

Afin de simplifier le calcul, la résistance à la compression normalisée  $f_b$  est déclarée, la plupart du temps, par le fabricant (marquage CE). Dans les normes européennes, la qualité du mortier est représentée par la lettre M suivie de la résistance moyenne du mortier  $f_m$  en N/mm<sup>2</sup>.

Un mortier M2 selon la norme NBN B24-301 devient M12 dans l'EC6. Les classes de mortier les plus fréquentes dans la pratique sont M5 et M10.

Si le concepteur ne souhaite pas réaliser d'essai pour déterminer la **résistance caractéristique de la maçonnerie**  $f_k$ , il peut utiliser la formule suivante :

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$$

Le facteur K et les coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  sont fixés par la législation nationale pour les différents types de blocs de maçonnerie et de mortier. Sur base de la résistance caractéristique de la maçonnerie, la **valeur de calcul de la résistance de la maçonnerie**  $f_d$  est déterminée comme suit :

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Avec le facteur de matériau  $\gamma_M$  qui est fixé par la réglementation nationale.

La **valeur de calcul de la résistance aux sollicitations verticales du mur**  $N_{Rd}$  est finalement déterminée en appliquant un facteur de réduction  $\Phi$  qui tient compte de l'excentricité et de l'élançement dans le calcul suivant :

$$N_{Rd} = \Phi b t f_d ,$$

où

- b = la longueur du mur (1000 mm si une charge par mètre courant est considérée) et
- t = l'épaisseur du mur.

Le facteur de réduction  $\Phi$  peut être calculé par des formules ou déterminé grâce aux graphiques repris dans l'EC6. Cette manière de procéder est analogue à l'ancienne norme belge. Le mur est suffisamment résistant s'il répond à la **condition de résistance** :

$$N_d \leq N_{Rd} = \Phi b t f_d ,$$

où  $N_d$  est la **valeur de calcul de l'effort normal** appliquée sur le mur considéré.

# Données techniques

## Propriétés du matériau

### Description

La rupture thermique incompressible est réalisée par du verre cellulaire FOAMGLAS® PERINSUL. Cette solution aux ponts thermiques est en entre autre possible :

- Sur les fondations,
- Sous les acrotères dans le cas de toitures plates,
- Sous les seuils et fenêtres.

Cette isolation ne subit aucun vieillissement. FOAMGLAS® PERINSUL est placé sur un lit de mortier sous les maçonneries, seuils et fenêtres. Son pouvoir isolant et sa capacité portante sont constants.

### Matériau

La rupture thermique incompressible est réalisée par du verre cellulaire FOAMGLAS® PERINSUL, constitué à 60% minimum de verre recyclé. Tous les côtés sont revêtus de bitume. Les faces inférieures et supérieures sont également recouvertes d'un voile de verre et d'un film polyéthylène, compatible avec le mortier.

L'isolation thermique est conforme aux spécifications techniques européennes (EN 13167 en ETA) avec marquage de conformité CE et Keymark CEN. La production du verre cellulaire est couverte par un système de contrôle de qualité certifié ISO 9001 : 2008.

Dimensions :									
Longueur 45 cm x épaisseur 5 cm									
Largeur [cm]	9	11	11,5	14	17,5	19	24	30	36,5
Longueur 45 cm x épaisseur 10 cm									
Largeur [cm]	14	19							
Longueur 45 cm x épaisseur 12 cm									
Largeur [cm]	14	17,5	19	24					D'autres dimensions disponibles sur demande.

### Propriétés suivant EN 13167<sup>1)</sup> et ETA<sup>2)</sup>

	PERINSUL S (Standard)	PERINSUL HL (High load)
Masse volumique (± 15%) (EN 1602)	165 kg/m <sup>3</sup>	200 kg/m <sup>3</sup>
Épaisseur (EN 823) ± 2 mm	50, 100 et 120 mm	50, 100 et 120 mm
Longueur (EN 822) ± 2 mm	450 mm	450 mm
Largeur (EN 822) ± 2 mm	de 90 à 365 mm	de 90 à 365 mm
Conductivité thermique (EN ISO 10456)	$\lambda_D \leq 0.050 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	$\lambda_D \leq 0.058 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Résistance au feu (EN 13501-1)	Euroclasse F (Matériau Euroclasse A1)	Euroclasse F (Matériau Euroclasse A1)
Comportement sous charge ponctuelle (EN 12430)	PL ≤ 1.0 mm	PL ≤ 1.0 mm
Résistance à la compression (EN 826-A)	CS ≥ 1.6 MPa	CS ≥ 2.75 MPa
Module d'élasticité	E = 1500 MN/m <sup>2</sup>	E = 1500 MN/m <sup>2</sup>
BRE Green Guide Rating	C	C
Résistance à la compression EN 772-1 avec lits de mortier <sup>3)</sup> valeur moyenne	f <sub>b</sub> = 1.8 MPa	f <sub>b</sub> = 2.9 MPa
Résistance caractéristique de la maçonnerie f <sub>k</sub> <sup>3)</sup>	<b>KZ</b> : bloc silico-calcaire : 1.20 MPa <b>P</b> : bloc terre-cuite plein : 0.90 MPa <b>SB</b> : bloc terre-cuite alvéolé : 0.90 MPa	<b>KZ</b> : bloc silico-calcaire : 1.90 MPa <b>P</b> : bloc terre-cuite plein : 1.60 MPa <b>SB</b> : bloc terre-cuite alvéolé : 1.60 MPa

<sup>1)</sup> **PERINSUL S**: Le marquage de conformité CE est une déclaration de conformité avec les exigences essentielles du CPD, tel que mentionné dans EN 13167. Dans la Keymark CEN, toutes les propriétés déclarées sont certifiées par une tierce partie autorisée, notifiée et accréditée.

<sup>1)</sup> **PERINSUL HL**: Puisque l'EN 13167 limite la résistance à la compression à 1.6 N/mm<sup>2</sup>, il a été demandé un ETA qui devra permettre de déclarer une résistance à la compression plus grande, avec le marquage CE. Jusqu'à présent, les exigences de l'EN 1996-1-1 (Eurocode 'Maçonnerie') sont prises en considération dans l'examen d'admission de l'ETA.

<sup>2)</sup> L'ETA a été demandé et est attendu en 2012.

<sup>3)</sup> Déterminé suivant les principes de l'EN 1996-1-1 (Eurocode 6 'Maçonnerie') et éléments de mur testés suivant EN-1052-1 en MPa ou N/mm<sup>2</sup>.

## Mise en œuvre

### Préparation du support

La planéité du support devrait être telle que l'on puisse travailler avec une couche de mortier d'environ 10 à 15 mm. Le support sera également stable et résistant afin d'éviter tout affaissement ou glissement.

### Mise en œuvre de l'isolant

La mise en œuvre sera conforme aux exigences du fabricant. Les blocs isolants seront posés sur un lit de mortier ; on s'assurera d'un parfait encollage de la surface en tapotant sur ces éléments avec le plat de la truelle jusqu'à ce que le mortier déborde de part et d'autre. Il ne faut en aucun cas frapper les blocs isolants avec la tranche de la truelle ou avec tout autre objet tranchant.

Les joints verticaux seront aussi serrés que possible et sans mortier.

### - Sous maçonnerie

La première rangée de maçonnerie sera posée à plein bain de mortier sur l'isolation. Elle sera complètement en contact avec les blocs isolants.

Dans le cas d'une maçonnerie collée, la première rangée devra être posée sur un lit de mortier.

Si des blocs creux sont utilisés, la première rangée sera constituée de blocs posés à l'envers et dont les creux auront été remplis de mortier.

Comme pour toute maçonnerie, la pose en cas de gel est à éviter.

### - Sous châssis et seuils

Afin d'éviter tout poinçonnement, les châssis reposeront sur un élément suffisamment large et résistant tel qu'un panneau fibrociment. Les seuils seront posés sur un lit de mortier.

### Important!

1. Les charges maximales admissibles de l'isolation seront calculées par un bureau d'étude suivant l'Eurocode 6 (NBN EN 1996-1-1).
2. La charge maximale sera vérifiée en tout endroit et non localement.
3. L'écrasement à long terme du surfaçage bitumineux ne dépassera pas 1 mm.
4. Lors de l'exécution de la rupture thermique, les joints de dilatation et de tassement doivent être respectés.





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

**FOAMGLAS®**  
Building

**Pittsburgh Corning Europe NV**

Lasne Business Park, Bâtiment B  
Chaussée de Louvain 431  
B - 1380 Lasne  
Tél. + 32 (0)2 352 31 82  
Fax + 32 (0)2 353 15 99  
info@foamglas.be  
www.foamglas.be

**FOAMGLAS® Luxembourg**

White House Business Center  
57, Route de Longwy  
L - 8080 Bertrange  
Tél. + 352 26 92 37 21  
Fax + 352 26 92 37 40  
info@foamglas.lu  
www.foamglas.lu

**Pittsburgh Corning Europe NV**

**Headquarters**

Albertkade 1  
B - 3980 Tessenderlo  
Belgium  
www.foamglas.com  
RPR (Hasselt) 0401.338.785

