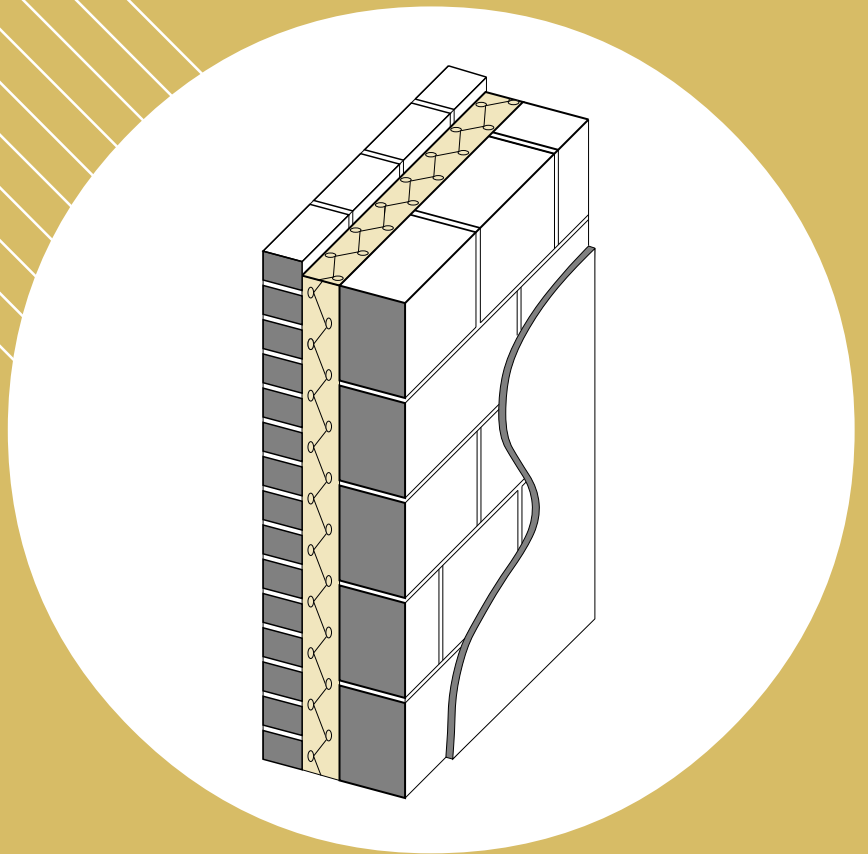
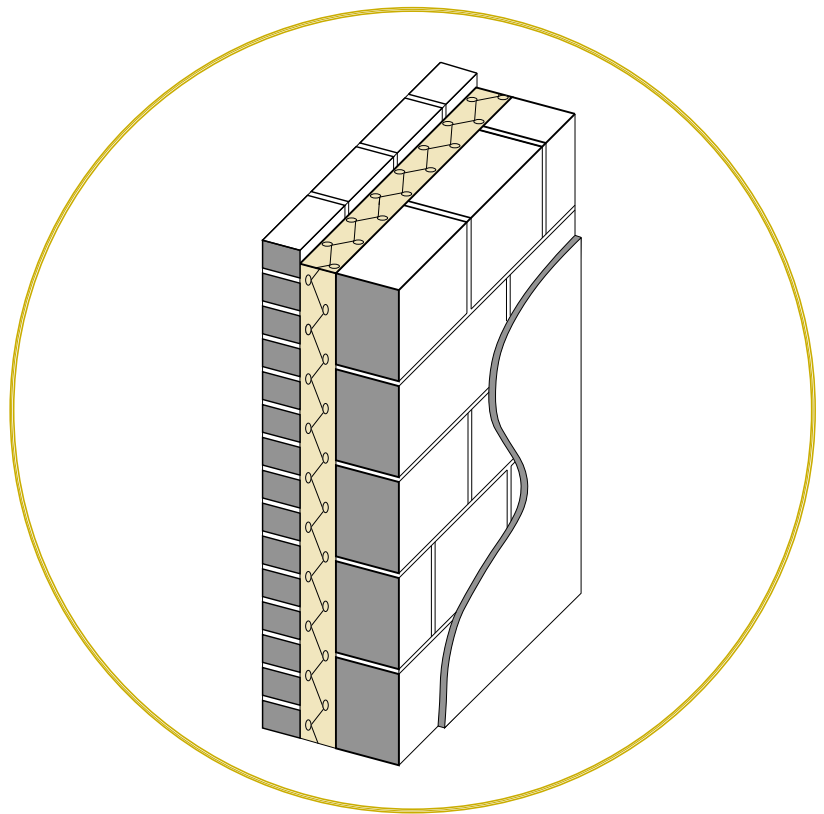


I S O L A T I O N  
T H E R M I Q U E  
D E S M U R S C R E U X



1 9 9 8

**I S O L A T I O N  
T H E R M I Q U E  
D E S M U R S C R E U X**



**Edition 1998**



## Table des matières

1. Introduction	5	5. Le mur creux à réaliser	17	9. Qualité de l'exécution	27
1.1. Le confort !	5	5.1. Caractéristiques des matériaux	17	9.1. Assurer une parfaite continuité de l'isolant	27
1.2. Que représentent les murs de façade dans l'ensemble des déperditions au travers de l'enveloppe du bâtiment ?	6	5.1.1. Maçonnerie de parement	17	9.2. Eviter la circulation d'air froid entre l'isolant et le mur intérieur	28
2. Mur monolithique	7	5.1.2. Isolant thermique	17	9.3. Drainage de la coulisse	28
3. Mur creux non isolé	8	5.1.3. Mur intérieur	18	9.4. Eviter le transfert d'eau vers le mur intérieur	29
3.1. Etanchéité à l'eau de pluie	8	5.1.4. Enduit intérieur	18	9.5. Empêcher les entrées d'air extérieur non contrôlées	30
3.2. Niveau d'isolation thermique	9	5.2. Mise en oeuvre de l'isolant	19	10. Quelques détails de conception et d'exécution	31
3.3. Risque de condensation superficielle et de formation de moisissures	9	5.2.1. Remplissage partiel de la coulisse	19	10.1. L'isolation thermique et les problèmes d'humidité au pied des façades	31
3.4. Risque de condensation interne	10	5.2.2. Remplissage complet de la coulisse	19	10.2. L'isolation thermique et l'étanchéité à l'eau et à l'air au niveau des baies	32
3.5. Ventilation de la coulisse	10	6. Le règlement thermique en Région Wallonne	21	10.3. Eviter les ponts thermiques	33
3.6. Mise en peinture de la maçonnerie de parement	11	7. Comment atteindre les performances thermiques ?	23	11. Conclusion	37
4. Mur creux existant à isoler - travaux de rénovation	12	8. Comportement hygrothermique du mur creux isolé	25	Bibliographie	39
4.1. Caractéristiques des matériaux isolants	12	8.1. Comportement thermique	25		
4.2. Isolation par l'intérieur	14	8.2. Comportement hydrique	25		
4.3. Isolation par l'extérieur	15	8.2.1. Risque de condensation superficielle et de formation de moisissures	25		
4.4. Isolation par remplissage de la coulisse	16	8.2.2. Risque de condensation interne	25		
		8.2.3. Ventilation de la coulisse	25		
		8.2.4. Mise en peinture de la maçonnerie de parement	26		
		8.2.5. Hydrofugation des maçonneries de parement	26		

Cette brochure s'adresse en priorité aux techniciens du bâtiment, aux dessinateurs et aux particuliers désireux d'établir un dialogue avec un entrepreneur ou un architecte.

Elle concerne uniquement l'isolation des murs creux dans le cadre d'une habitation unifamiliale, tant en construction neuve qu'en rénovation.



## Introduction

L'énergie est un problème crucial :

- la Wallonie ne produit que 2 % de l'énergie qui lui est nécessaire;
- les réserves énergétiques mondiales s'épuisent lentement;
- la pollution atmosphérique s'accroît et le CO<sub>2</sub> amplifie l'effet de serre.

Il devient urgent d'économiser davantage l'énergie.

Economie et confort, deux données conciliables ?

Nous voulons tous une habitation confortable, un petit nid douillet où il fait bon vivre, mais nous voulons aussi réduire notre facture énergétique...

Le confort sans gaspillage, c'est possible grâce à une isolation thermique performante.

**Une maison bien isolée ? Une maison où il fait bon vivre !**

Une maison plus saine où l'on se sent mieux. Sans courants d'air intempêtes, sans humidité, sans coups de froid.

**Une maison bien isolée ? Une maison économe en énergie !**

Pour un même confort, la température de l'air pourra être quelque peu abaissée et les déperditions par ventilation seront donc plus faibles.

Une meilleure isolation augmente l'effet utile des gains solaires et internes (éclairage, électro-ménagers etc ...), la saison de chauffe est écourtée, la puissance de l'installation plus faible et par conséquent la consommation d'énergie réduite.

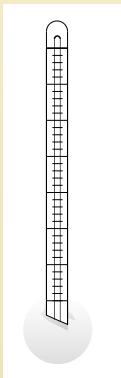
Beaucoup d'énergie se perd par les parois extérieures de l'habitation (toiture, fenêtres, sol, ...), surtout lorsqu'elles sont peu ou non isolées.

### 1.1. Le confort !

En préconisant un niveau d'isolation thermique plus performant de nos bâtiments, la réglementation tend également à en améliorer le confort.

En effet, la température de confort à l'intérieur d'un local n'est autre que la moyenne entre la température de l'air et celle des parois environnantes. Or, il est bien connu que plus le niveau d'isolation thermique d'une paroi est élevé et plus la température de surface de cette dernière sera proche de celle de l'air ambiant.

**Par conséquent, plus l'enveloppe du bâtiment est isolée thermiquement, plus rapidement le confort est atteint avec une température d'air plus faible.**



*Figure 1.*  
La température de confort (température résultante sèche) peut être mesurée au moyen d'un thermomètre ordinaire dont le réservoir de mercure est placé au centre d'une sphère creuse à paroi mince (balle de ping-pong, par exemple).

Ou encore : un même confort peut être obtenu en chauffant moins l'air, en raccourcissant la période de chauffe, en réduisant la puissance de l'installation de chauffage; bref, en faisant des économies.

Le règlement thermique a également pris en considération la qualité de l'air de nos logements, qui fait trop souvent l'objet d'un amalgame avec ce que certains appellent une "sur-isolation".

En imposant des dispositions propres à la ventilation des bâtiments, la Région Wallonne a clairement voulu dissocier la notion de qualité d'air de celle de l'isolation thermique; et ce, même si ces deux paramètres ont des répercussions sur le confort.

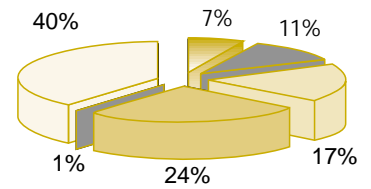
### 1.2. Que représentent les murs de façade dans l'ensemble des déperditions au travers de l'enveloppe du bâtiment ?

Une étude réalisée en Flandre et portant sur deux cents logements (\*) récents isolés thermiquement montre, qu'avec les fenêtres, les murs de façade se taillent la part la plus importante des déperditions calorifiques de nos bâtiments.

Il ressort de cette étude que, si les façades représentent encore une source importante de déperdition, c'est, d'une part, parce que les surfaces qu'elles représentent sont significatives et, d'autre part, parce que nous n'avons pas encore l'habitude de prévoir des épaisseurs d'isolant permettant d'atteindre un niveau d'isolation réellement performant.

(\*) L'enquête SENVIV "Aspects energetiques des nouvelles constructions en Flandre : isolation, ventilation, chauffage" a été réalisée dans le cadre d'un programme subsidié par IWT-VLIET.

Immeubles d'appartements



Maisons individuelles

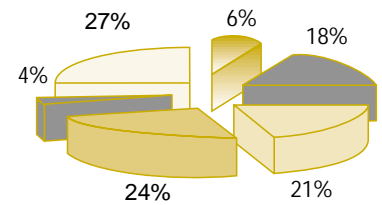


Figure 2 - Participation (%) des différentes parois dans l'obtention du niveau d'isolation global K.

- ponts thermiques
- plafonds et toitures
- planchers intérieurs
- murs
- portes extérieures
- fenêtres

# 2

## Mur monolithique

Pendant très longtemps, les murs de façade étaient constitués par une maçonnerie monolithique d'une brique ou d'une brique et demie d'épaisseur.

Ce type de conception a été abandonné pour les raisons suivantes :

- risque d'infiltration au travers des façades exposées aux pluies battantes;
- déperditions calorifiques trop importantes (\*\*);
- formation possible de condensation superficielle et de moisissures.

---

(\*\*) Pour les murs massifs en blocs légers (béton cellulaire, par exemple), un coefficient de transmission thermique  $k$  de  $0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  nécessite l'emploi de blocs de  $29 \text{ cm}$  d'épaisseur et l'application d'un enduit étanche à l'eau du côté extérieur.

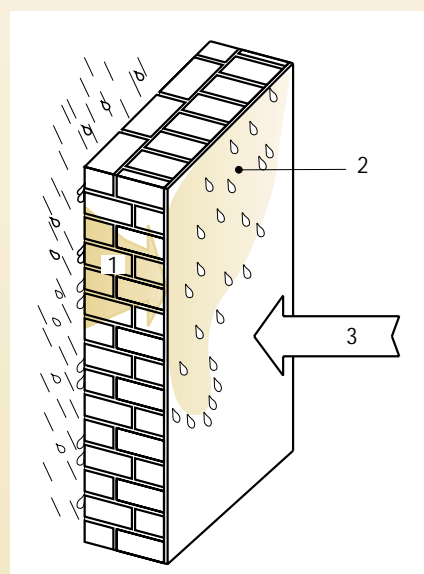


Figure 3 - Mur monolithique.

1. pénétration de l'eau de pluie
2. condensation superficielle et moisissures
3. déperdition de chaleur



## Mur creux non isolé

### 3.1. Etanchéité à l'eau de pluie

Afin de pallier les inconvénients du mur monolithique, le mur creux a, dans notre pays, supplanté le premier cité depuis de nombreuses années.

En effet, ce type de mur permet de réaliser le principe de la double barrière d'étanchéité.

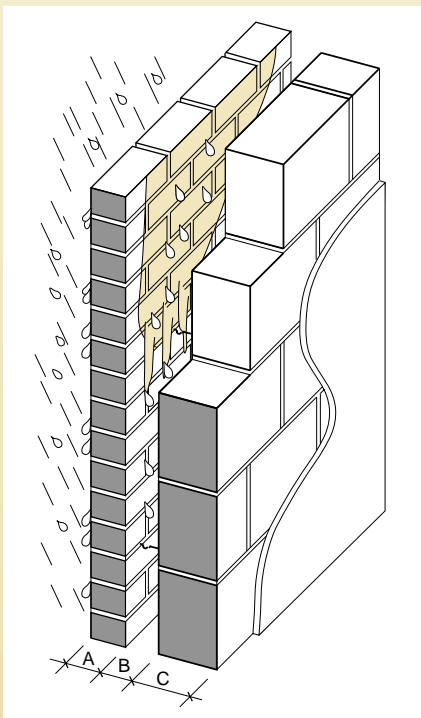


Figure 4 - Mur creux traditionnel

#### A. Maçonnerie de parement

Elle joue le rôle d'écran contre les pluies battantes, mais n'offre pas une étanchéité totale.

La quantité d'eau et la rapidité avec laquelle celle-ci traverse la maçonnerie de parement est bien sûr fonction du soin apporté à la réalisation de cette maçonnerie, mais également de la capillarité de cette dernière.

Par capillarité, il faut entendre la capacité d'absorption d'eau d'un matériau par succion naturelle.

Une maçonnerie de parement capillaire ne donnera lieu à des écoulements d'eau significatifs dans la coulisse (B) qu'après une exposition prolongée aux pluies battantes.

A l'inverse, une maçonnerie de parement constituée de matériaux peu capillaires sera le siège, dans les mêmes conditions, de pénétrations d'eau rapides et abondantes dans la coulisse.

#### B. Coulisse

La coulisse remplit la fonction de rupture capillaire et de chambre de décompression. Elle empêche que l'eau qui a traversé la maçonnerie de parement soit transportée vers l'intérieur et permet à cette eau de s'écouler sur la face interne du parement.



Contact avec l'eau  
et début d'absorption  
capillaire

Fin de l'absorption  
Saturation initiale

Saturation maximale

Figure 5 - Absorption de l'eau dans un système poreux

La coulisse devra donc être drainée afin que l'eau soit renvoyée à l'extérieur, à hauteur de chaque interruption (baies de fenêtre et de porte, pied de façade, ...).

Elle empêche le transfert vers l'intérieur, de l'eau qui a traversé la maçonnerie de parement et permet à cette eau de s'écouler sur la face interne de cette dernière.

### C. Paroi intérieure enduite

Cette partie de la façade joue le rôle de barrière à l'air et permet une mise en équilibre des pressions de part et d'autre de la maçonnerie de parement.

En l'absence d'une barrière à l'air efficace, l'eau qui aurait traversé la maçonnerie de parement au droit d'une petite discontinuité pourrait être projetée au point d'atteindre la paroi intérieure de la façade lorsque celle-ci est exposée à des pluies accompagnées de grand vent.

C'est pourquoi, en l'absence d'un enduit appliqué sur la face vue de la paroi intérieure (maçonnerie intérieure apparente), il y a lieu d'assurer l'étanchéité à l'air en enduisant cette paroi, mais du côté coulisse, afin que l'eau perde toute vitesse et s'écoule à la face interne de la maçonnerie de parement.

## 3.2. Niveau d'isolation thermique

Le niveau d'isolation thermique d'une paroi est caractérisé par son coefficient de transmission thermique  $k$  (\*\*\*) . Ce coefficient représente la quantité de chaleur, exprimée en J ou en W.s, qui traverse  $1 \text{ m}^2$  de la paroi par seconde lorsque celle-ci sépare deux ambiances dont la température diffère de  $1 \text{ K}$  ( $1^\circ \text{ C}$ ).

Le coefficient  $k$  s'exprime donc en  $\text{W/m}^2.\text{K}$  et, plus sa valeur est faible, plus la paroi est isolante thermiquement.

A titre d'exemple, la figure 6 reprend le coefficient  $k$  de 3 types de murs de façade, tels qu'ils

(\*\*\*) Les documents en vigueur au niveau européen utilisent la lettre  $U$  au lieu de  $k$  pour désigner le coefficient de transmission thermique.

étaient fréquemment réalisés dans notre pays. Une telle composition de mur ne permet pas d'atteindre le coefficient de transmission thermique maximum  $k$  imposé par le règlement thermique wallon, à savoir :

$$k_{\text{max}} \leq 0,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

## 3.3. Risque de condensation superficielle et de formation de moisissures

Pour un climat intérieur normal (température comprise entre  $15$  et  $20^\circ \text{ C}$  et une humidité relative de l'air comprise entre  $45$  et  $65 \%$ ), le risque de condensation à la face intérieure d'un mur creux non isolé est pratiquement nul. En outre, la condensation superficielle se manifestera en premier lieu au niveau du vitrage, qui est généralement plus froid que le mur et doit être considérée comme étant un signe

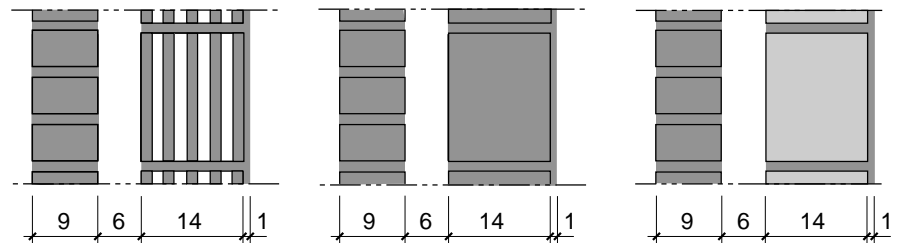


Figure 6

Brique de parement  
Coulisse  
Bloc de terre cuite perforé  
Enduit intérieur  
 $k = 1,37 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Brique de parement  
Coulisse  
Bloc de béton mi-lourd  
Enduit intérieur  
 $k = 2,17 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Brique de parement  
Coulisse  
Bloc de béton cellulaire  
Enduit intérieur  
 $k = 0,88 \text{ W/m}^2.\text{K}$

d'une humidité relative de l'air trop élevée si elle est fréquente et prolongée.

Le risque devient toutefois réel, si le coefficient  $k$  de la façade est supérieur à  $1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ; et ce, plus particulièrement au dos des meubles, derrière des tentures ou encore dans des angles, là où la circulation d'air est moins intense et où, de ce fait, la température superficielle est plus basse et le taux d'humidité relative de l'air plus élevé.

Quant au développement de moisissures, s'il peut être favorisé par la condensation superficielle, celle-ci n'est cependant pas indispensable. En effet, un taux d'humidité relative élevé ( $\pm 80 \%$ ) peut entraîner une humidification des matériaux (hygroscopicité) - comme les enduits, les papiers peints, ... - propice au développement de moisissures lorsque celles-ci y trouvent un fond nourrissant.

Les murs creux non isolés thermiquement ne donnent qu'exceptionnellement lieu à la formation de condensation superficielle, mais peuvent néanmoins être le siège d'un développement de moisissures. C'est pourquoi le coefficient  $k_{\text{max}}$  imposé par le règlement thermique wallon pour les murs de façade est  $\leq 0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

### 3.4. Risque de condensation interne

Pendant la majeure partie de l'année, le climat régnant dans les logements est tel que la pression de vapeur y est plus élevée qu'à l'extérieur. Cette situation a pour conséquence qu'une certaine quantité de vapeur diffuse au travers des murs de façade et peut s'y condenser.

Des études ont toutefois démontré que, pour

les locaux d'habitation dont les façades sont constituées par des murs creux, la condensation interne se produisait au niveau de la maçonnerie de parement et que la quantité de condensat représentait annuellement un débit largement inférieur à celui susceptible d'être absorbé par cette maçonnerie lors d'une seule pluie battante.

Le phénomène de condensation interne à la façade ne doit dès lors être pris en considération que pour des bâtiments qui sont le siège d'une production de vapeur importante (piscines, cuisines industrielles, ...) et plus particulièrement lorsque leurs parements extérieurs sont peints ou réalisés en briques émaillées.

Il faut toutefois éviter les fuites d'air directes entre l'ambiance intérieure et la coulisse, le transport de vapeur par convection étant

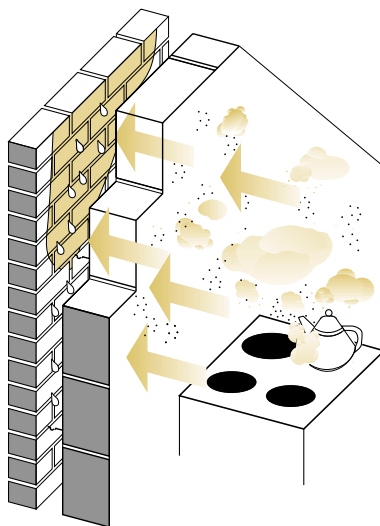


Figure 7 - Diffusion de vapeur au travers de la façade

sensiblement plus important que par diffusion au travers des matériaux.

La mise en oeuvre d'un pare-vapeur dans les murs creux n'a aucune utilité si le climat intérieur est celui d'un logement normal et si la finition intérieure des façades est étanche à l'air (\*\*\*).

La quantité de vapeur qui diffuse au travers d'un mur creux est à ce point dérisoire par rapport à la quantité de vapeur produite dans un bâtiment, qu'il est totalement illusoire de tabler sur la perméabilité à la vapeur des façades ("respiration du mur"), pour se débarrasser de l'humidité résultant de l'occupation.

C'est pour cette raison que le règlement thermique wallon impose une ventilation des bâtiments destinée entre autres à évacuer les vapeurs produites.

### 3.5. Ventilation de la coulisse

Cette ventilation, qui est généralement réalisée en laissant des joints verticaux ouverts en pied et en tête de la maçonnerie de parement, devrait, selon certains :

- réduire les risques de condensation superficielle;
- permettre d'éliminer la condensation interne à la paroi;
- favoriser le séchage de la maçonnerie de parement.

(\*\*\*) Pour les bâtiments à ossature en bois, un pare-vapeur doit être disposé sur la face chaude de l'isolant; il assurera simultanément les rôles de barrière à la vapeur et d'étanchéité à l'air.

Rien n'est moins vrai en ce qui concerne les phénomènes de condensation superficielle et/ou interne, puisqu'une ventilation intensive de la coulisse en période hivernale a pour conséquence un refroidissement, aussi bien de la maçonnerie de parement que du mur intérieur; ce qui ne peut mener qu'à une augmentation des risques précités.

En ce qui concerne le séchage de la maçonnerie de parement, celui-ci peut être quelque peu favorisé par la ventilation de la coulisse lorsque ce parement ne peut sécher aisément par la face extérieure (présence de peinture, briques émaillées, ...).

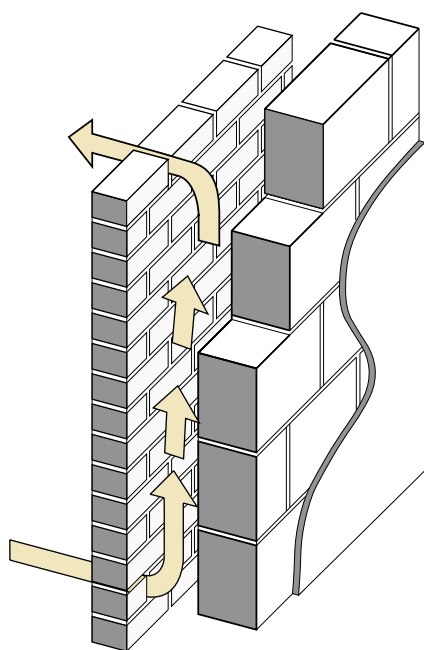


Figure 8 - Ventilation de la coulisse

La ventilation de la coulisse n'a d'utilité que dans le cas de parements faiblement perméables à la vapeur. Seules les ouvertures permettant le drainage de la coulisse au pied de la façade doivent donc toujours être maintenues.

### 3.6. Mise en peinture de la maçonnerie de parement

Trop souvent, on compte sur la mise en peinture de la maçonnerie de parement pour remédier à des infiltrations d'eau au travers d'une façade.

Or, il faut savoir que l'eau qui traverse la maçonnerie de parement pénètre dans cette dernière par les inévitables petites discontinuités (joints incomplètement remplis, petits trous, fissures, ...) qui y sont présentes et qui ne peuvent pas toujours être colmatées par le feuil de peinture.

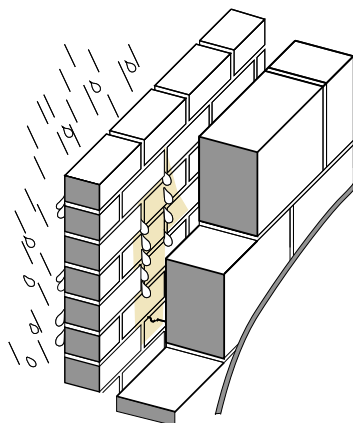


Figure 9 - Pénétration d'eau au travers de la maçonnerie de parement

Par ailleurs, si la peinture peut réduire dans des proportions sensibles la quantité d'eau susceptible de pénétrer dans la maçonnerie par capillarité, elle freine également considérablement le séchage de cette dernière. C'est pourquoi il est important de veiller à éviter les pénétrations directes d'eau dans la maçonnerie (couvre-murs efficaces, seuils étanches, ...).

Quant aux hydrofuges de surface, ils permettent de réduire les pénétrations d'eau par capillarité et ne ralentissent que très faiblement le séchage de la maçonnerie. Ils ont comme avantage de retarder la saturation de la maçonnerie et donc de permettre à cette dernière d'absorber l'eau qui aurait pénétré dans la coulisse par les imperfections du parement.

Vu le grand nombre de discontinuités présentes dans les feuil de peinture appliqués sur les maçonneries, le rôle de la peinture réside essentiellement dans la décoration et non dans la réalisation d'une étanchéité.

## Mur creux existant à isoler - travaux de rénovation

Il ressort du § 3. que, si le mur creux non isolé est sensiblement plus performant que le mur monolithique, il présente néanmoins des lacunes importantes du point de vue des déperditions calorifiques.

Pour remédier à cette situation, il convient donc de prévoir une isolation thermique qui peut être rapportée :

- par l'intérieur;
- par l'extérieur;
- par insufflation d'un matériau isolant dans la coulisse.

### 4.1. Caractéristiques des matériaux isolants

Les isolants thermiques mis en œuvre au niveau des façades appartiennent le plus souvent aux 3 grandes familles suivantes :

- laines minérales;
- mousses plastiques;
- verre cellulaire;
- autres (\*).

Sont considérés comme isolants thermiques les matériaux dont le coefficient de conducti-

té thermique ( $\lambda$ ) est  $\leq 0,065$  W/m.K. Plus la valeur de ce coefficient est faible et plus le matériau sera performant du point de vue isolation thermique.

Le tableau 1 reprend les principales caractéristiques des isolants thermiques.

(\*) D'autres isolants tels que la perlite, la vermiculite, le liège ... peuvent être envisagés; il s'agit toutefois de matériaux réservés généralement à des applications spécifiques.

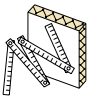

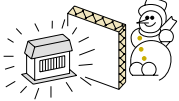
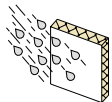
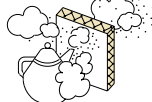
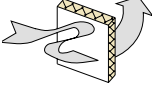
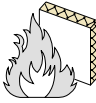
Tableau 1	Laine minérale MW	Mousses synthétiques				Verre cellulaire CG
		EPS	XPS	PUR revêtue	PIR revêtue	
<b>Conditionnement commercial</b>  Longueur (cm) : Largeur (cm) : Epaisseur (mm) :	Panneau rigide ou semi-rigide  100 à 130 60 40 à 120	Panneau rigide avec ou sans emboitements  100 à 130 60 40 à 120				Panneau rigide  120 60 40 à 100
<b>Origine et fabrication</b> 	Obtenue à partir de verre ou de roche en fusion. Les fibres sont transformées en produit homogène à l'aide d'un liant hydrofuge	Obtenue par moussage de matières plastiques issues de la pétrochimie (chimie du pétrole)				Constitué de verre pur expansé

Tableau 1 (suite)	Laine minérale MW	Mousses synthétiques				Verre cellulaire CG
		EPS	XPS	PUR revêtue	PIR revêtue	
<b>Conductivité thermique (<math>\lambda</math>)</b> 	<sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> 0,032 à 0,041 0,045	0,033 à 0,040 0,045	0,027 à 0,034 0,040	0,024 à 0,029 0,035	0,024 à 0,029 0,035	0,040 à 0,048 0,055
<b>Comportement à l'eau</b> 	Non capillaire (n'absorbe pas l'eau)	Imperméable = étanche à l'eau				Imperméable = étanche à l'eau
<b>Comportement à la vapeur d'eau</b> 	Totalemment perméable à la vapeur d'eau Non hygroscopique (prise d'humidité quasi nulle)	Faiblement perméable à la vapeur d'eau				Etanche à la vapeur d'eau
<b>Perméabilité à l'air</b> 	Totalemment perméable à l'air	Très faiblement perméable à l'air				Imperméable à l'air
<b>Réaction au feu</b> 	Non combustible	Combustible				Non combustible
<p> <sup>(1)</sup> Id : intervalle de valeurs certifiées dans les agréments techniques ATG.  <sup>(2)</sup> Selon l'addendum 1 à la norme NBN B 62-002, on utilise la valeur normalisée à défaut de valeur Id.            (*) autres isolants         </p> <p>           MW : laine minérale - laine de roche ou laine de verre            EPS : polystyrène expansé            XPS : polystyrène extrudé         </p> <p>           PUR : polyuréthane            PIR : polyisocyanurate            CG : verre cellulaire         </p> <p>           (*) Pour des isolants tels que la perlite, la vermiculite, le liège, ... qui ne disposent pas d'un agrément technique, on se référera à la brochure "Isolation thermique de la toiture inclinée".         </p>						

## 4.2. Isolation par l'intérieur

On distingue essentiellement deux techniques d'exécution qui peuvent être schématisées comme aux figures 10 et 11 ci-après.

### Inconvénients

Si l'isolation par l'intérieur est valable en ce qui concerne les économies d'énergie et le comportement de l'isolation dans le temps, elle présente néanmoins les inconvénients suivants :

- la maçonnerie portante subit des écarts

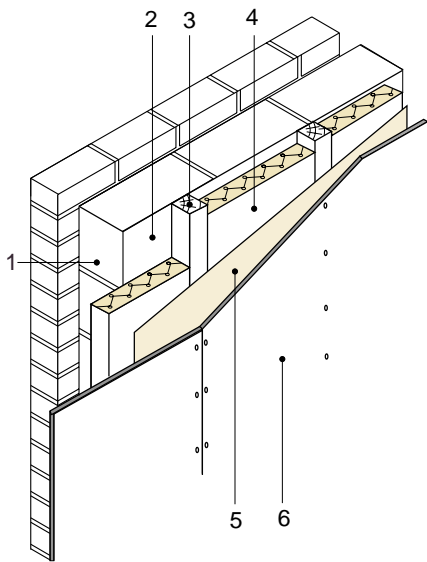


Figure 10 - Isolation par l'intérieur (système avec lattage)

1. maçonnerie (existante)
2. enduit intérieur éventuel
3. lattage
4. isolation entre les lattes
5. pare-vapeur
6. finition intérieure

de température été-hiver qui peuvent provoquer des variations dimensionnelles susceptibles de favoriser l'apparition de fissures au droit des jonctions avec les parois adjacentes; en outre, en période hivernale, le risque de dégâts dus au gel est accru;

- afin d'éviter une condensation à l'interface maçonnerie portante / isolant, il y a lieu de protéger soigneusement ce dernier au moyen d'une barrière étanche à l'air et à la vapeur; il est en outre prudent de choisir un isolant peu perméable à la vapeur et d'éviter la présence d'une lame d'air,

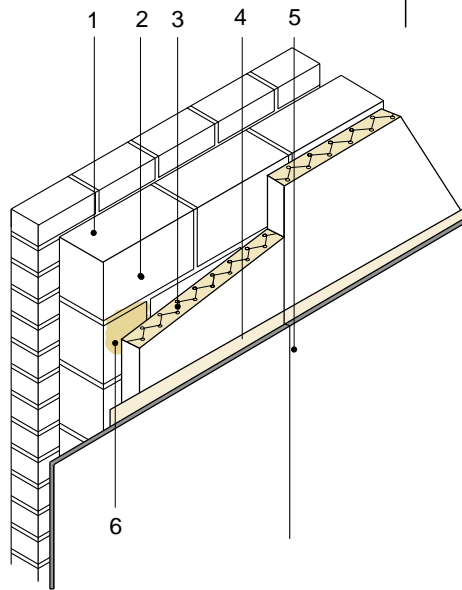


Figure 11 - Isolation par l'intérieur (panneaux sandwich)

1. maçonnerie (existante)
2. enduit intérieur éventuel
3. isolation partiellement ou complètement collée, éventuellement fixée mécaniquement
4. pare-vapeur éventuel
5. finition intérieure (le plus souvent panneaux de plâtre)
6. plot de colle

même de faible épaisseur, entre l'isolant et la maçonnerie;

- l'isolation thermique étant interrompue au droit des jonctions avec les autres parois, un pont thermique subsiste à tous ces endroits; il en résulte un risque de formation de condensation et de moisissures (voir fig. 12);
- l'isolation thermique intérieure réduit la capacité thermique du mur et donc la possibilité d'y accumuler de la chaleur;
- le risque de dégât par le gel dans les canalisations d'eau situées entre le mur et l'isolant est fortement accru.

Figure 12 - Pont thermique au droit de la jonction avec les parois adjacentes

1. moisissures
2. isolant thermique
3. pare-vapeur
4. finition intérieure

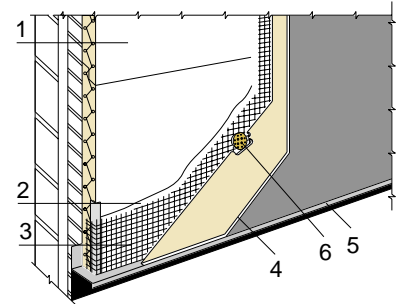
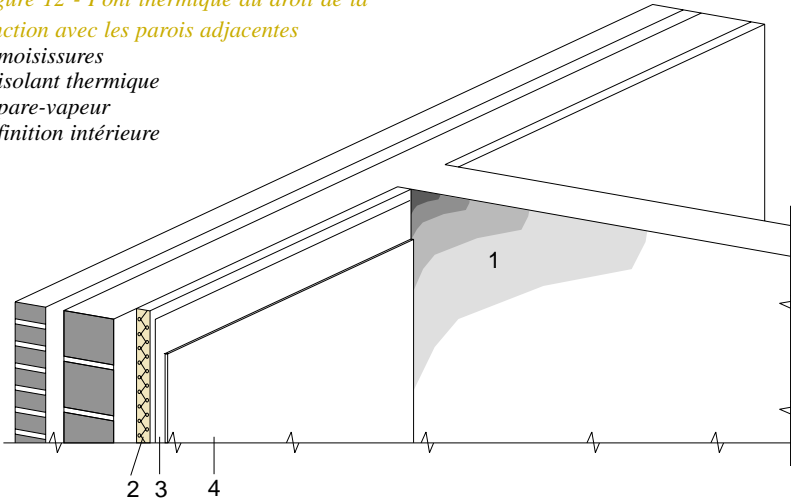


Figure 13 - Système d'isolation par l'extérieur

1. isolant thermique
2. sous-couche de l'enduit
3. armature
4. enduit de finition
5. profile de rive
6. fixation mécanique de l'isolant

### 4.3. Isolation par l'extérieur

Cette technique consiste généralement à appliquer une couche d'isolation thermique et à poser un revêtement assurant à la fois la finition et la protection contre les sollicitations climatiques et mécaniques.

On retient essentiellement cinq systèmes :

- l'enduit isolant comprenant :
  - une sous-couche isolante constituée par un mortier composé de granulés de polystyrène expansé et/ou de perlite et d'un liant du type ciment,
  - une couche de finition le plus souvent à base de liant hydraulique (cimentage);
- les panneaux d'isolation pourvus d'un enduit comprenant :
  - des panneaux de polystyrène, de laine minérale, de verre cellulaire ou de polyuréthane collés et/ou fixés mécaniquement au support,

- un enduit de finition synthétique ou minéral, armé d'un treillis synthétique ou métallique (figure 13);
- les panneaux d'isolation complétés d'une structure supportant l'enduit : cette technique se rapproche de la précédente, si ce n'est que l'isolant est disposé entre les éléments d'une structure servant de support à l'armature de l'enduit; dans ce cas, l'enduit est le plus souvent minéral et est indépendant de l'isolant;
- l'isolation thermique protégée par un bardage : ce système est similaire au précédent, si ce n'est que l'enduit armé est remplacé par un bardage (ardoises, lamelles métalliques ou plastiques, revêtement en bois, ...) fixé sur l'ossature (fig. 14);
- les éléments isolants préfabriqués : il s'agit le plus souvent de panneaux comportant une âme isolante et un revêtement métallique ou synthétique que l'on fixe mécaniquement sur le support.

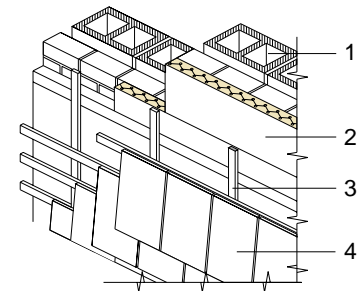


Figure 14 - Isolation extérieure protégée par un bardage

1. mur creux existant
2. isolation thermique
3. lattage
4. bardage



### Remarques

La technique qui consiste à appliquer un enduit isolant nécessite des épaisseurs excessives pour atteindre un coefficient  $k$  de  $0,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  prescrit par le règlement thermique wallon.

Pour les systèmes composés d'un panneau d'isolation et d'un enduit, il est vivement conseillé d'avoir recours aux produits bénéficiant d'un agrément technique (ATG). L'exécution sera de préférence confiée à une entreprise spécialisée.

Etant donné le niveau de sollicitation des enduits, ceux-ci seront de préférence de teinte claire et seront suffisamment déformables pour limiter les risques de fissuration; ils nécessiteront en outre un entretien tous les 10 à 15 ans.

On veillera à supprimer la ventilation éventuelle de la coulisse qui subsiste au sein du mur creux initial.

#### 4.4. Isolation par remplissage de la coulisse

Cette technique d'isolation mène au remplissage complet de la coulisse par insufflation de :

- perlite siliconée;
- laine minérale en flocons;
- billes de mousse de polystyrène expansé.

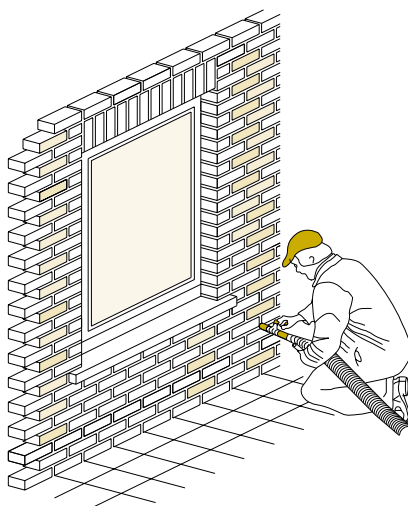


Figure 15 - Insufflation d'isolant dans la coulisse

Les techniques d'injection de mousse polyuréthane (PUR) ou de mousse d'urée formaldéhyde (UF) sont actuellement peu pratiquées et/ou abandonnées.

Les matériaux insufflés ou injectés doivent être non capillaires et/ou hydrofugés, afin d'éviter les transferts d'humidité vers l'intérieur; ils seront en outre très perméables à la vapeur.

### Limites d'application

Le remplissage complet de la coulisse entraînant une augmentation du niveau de sollicitation dans la maçonnerie de parement (contraintes thermiques et gel), on évitera cette technique d'isolation lorsque :

- la maçonnerie de parement présente des briques effritées et/ou des joints expulsés;
- la façade comporte des ponts thermiques importants ne pouvant être corrigés;
- la paroi intérieure n'est pas étanche à l'air (maçonnerie non enduite).

En outre :

- un examen préalable de la coulisse (endoscopie) est fortement recommandé, afin d'en vérifier l'état (présence de gravats, ponts de mortier, membranes de drainage, ...);
- le recours à des systèmes d'isolation bénéficiant d'un agrément technique (ATG) est vivement conseillé.

## Le mur creux à réaliser

### 5.1. Caractéristiques des matériaux

#### 5.1.1. Maçonnerie de parement

Pour la réalisation du parement des murs creux, on rencontre généralement :

- les briques en terre cuite;
- les briques ou blocs de béton;
- la pierre naturelle.

Comme nous l'avons indiqué au § 3.1. ci-avant, la maçonnerie de parement sera de préférence capillaire. Lorsque le matériau est peu capillaire (blocs de béton, par exemple) et/ou lorsque le remplissage complet des joints pose problème (blocs de grand format, par exemple), le drainage de la coulisse nécessite davantage de précautions.

Compte tenu de la plus grande sollicitation des murs creux isolés thermiquement (séchage plus lent, cycles de gel-dégel plus nombreux, ...), il est indispensable d'avoir recours à des matériaux non gélifs pour la réalisation des maçonneries de parement. Pour les briques en terre cuite, cela signifie qu'elles devront présenter une "résistance élevée au gel" si elles sont directement exposées aux pluies battantes et une "résistance normale au gel" si elles sont protégées des pluies importantes. Ces désignations correspondent à des critères définis dans les addenda 1 et 2 à la norme NBN B 23-002.

Pour les briques et les blocs de béton lourd et mi-lourd, les problèmes de gélivité ne se posent guère; pour les blocs de béton léger (béton cellulaire), il est vivement conseillé de les protéger par un enduit imperméable à l'eau, mais perméable à la vapeur.

Quant aux pierres calcaires, elles doivent pouvoir résister aux essais de gel définis dans la Note d'Information Technique n° 205 : "Pierres naturelles" du CSTC.

En ce qui concerne les mortiers de maçonnerie et de jointoiement, ils sont nécessairement confectionnés au moyen d'un sable mi-gros à gros et dosés à raison de 300 kg de ciment par m<sup>3</sup> de sable.

S'il s'agit de mortiers bâtards, les dosages seront respectivement de 250 ou 200 kg de ciment et 50 ou 100 kg de chaux grasse hydratée par m<sup>3</sup> de sable gros.

#### 5.1.2. Isolant thermique

Les isolants thermiques susceptibles d'être mis en oeuvre dans les murs creux à réaliser disposent des caractéristiques reprises au § 4.1. ci-avant.

En outre, l'isolant thermique mis en oeuvre dans la coulisse doit être hydrophobe et non capillaire, c'est-à-dire qu'il ne peut ni s'humidifier dans la masse ni transférer l'eau qui aurait traversé la maçonnerie de parement.

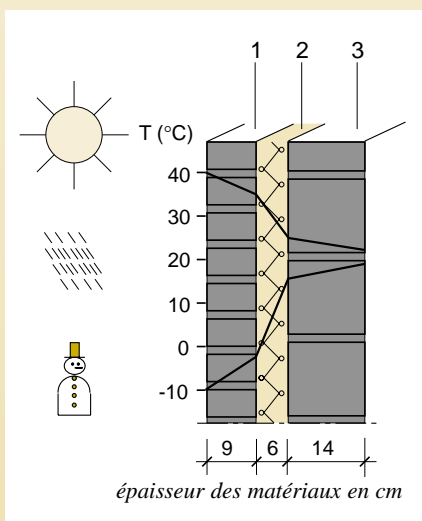


Figure 16 - Evolution de la température au sein d'un mur creux isolé  
1. maçonnerie de parement  
2. isolant thermique  
3. maçonnerie portante

L'étanchéité à l'air d'un mur creux est généralement assurée par un enduit appliqué sur la face intérieure (plafonnage). Quant la condensation interne éventuelle, elle se produit au niveau de la maçonnerie de parement où elle est sans conséquence (voir § 3.4.).

Les perméabilités à l'air et à la vapeur de l'isolant sont dès lors des propriétés d'importance secondaire.

Pour ce qui est de la réaction au feu de l'isolant, elle constitue également un paramètre moins significatif, étant donné le faible risque d'exposition à la chaleur. Dans le cas d'un bâtiment à ossature en bois, cette caractéristique de l'isolant mérite néanmoins une certaine attention.

### 5.1.3. Mur intérieur

En général, la maçonnerie de la paroi intérieure du mur creux joue le rôle d'élément porteur; c'est donc cette fonction qui est prédominante.

On utilise pour la réalisation de cette maçonnerie :

- des blocs en terre cuite allégée ou non;
- des blocs en béton lourd, mi-lourd ou léger;
- des blocs silico-calcaires;
- une ossature en bois.

Dans tous les cas où il est possible d'atteindre le coefficient de transmission thermique  $k_{\max} \leq 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , grâce à une épaisseur suffisante d'isolant thermique, on donnera la préférence à une maçonnerie portante lourde (faiblement isolante). Une paroi lourde remplit en effet une fonction capacitive qui permet une certaine accumulation de chaleur et, donc, joue le rôle de volant thermique.

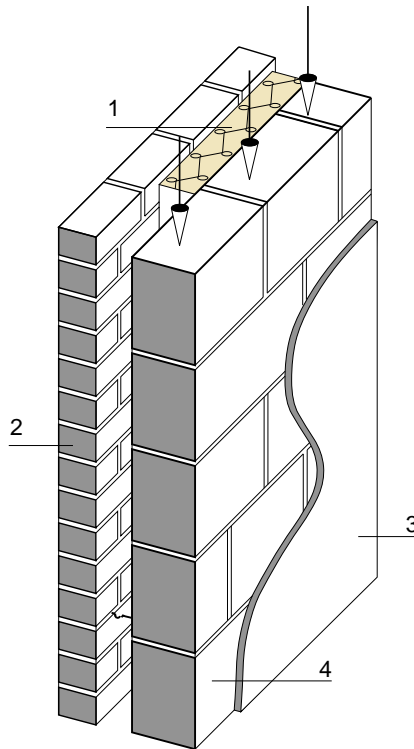


Figure 17 - Mur creux traditionnel

1. isolant thermique
2. maçonnerie de parement
3. enduit
4. maçonnerie portante

### 5.1.4. Enduit intérieur

Les enduits intérieurs remplissent essentiellement la fonction d'étanchéité à l'air et permettent en général une finition de la maçonnerie. Lorsqu'on souhaite que cette dernière soit apparente intérieurement, l'enduit peut être appliqué sur la face orientée du côté de la coulisse (voir § 3.1. ci-avant).

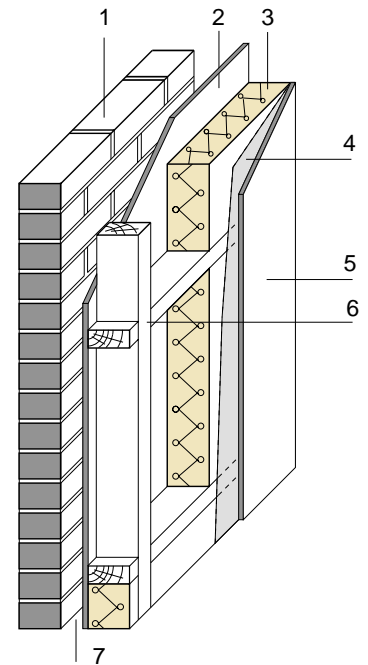


Figure 18 - Mur de façade à ossature en bois

1. maçonnerie de parement
2. écran à l'humidité éventuel
3. isolant thermique
4. pare-vapeur
5. finition intérieure
6. ossature en bois
7. coulisse

Les enduits peuvent être à base de plâtre, d'un mortier de plâtre et de chaux ou encore de ciment.

D'autres finitions sont envisageables, telles que les plaques de plâtre enrobé de carton ou les revêtements en bois ou en agglomérés de bois; dans ce cas, on veillera toutefois à ce que les joints soient étanches à l'air.

## 5.2. Mise en oeuvre de l'isolant

Si, comme pour les murs creux existants, il est possible de rapporter une isolation par l'extérieur ou par l'intérieur, ou encore de remplir ultérieurement la coulisse par injection ou insufflation (voir § 4.2., 4.3. et 4.4.), nous pensons que ces techniques doivent être évitées dans le cas de façades neuves.

Une seule question subsiste :

- remplissage partiel de la coulisse ?
- remplissage complet de la coulisse ?

### 5.2.1. Remplissage partiel de la coulisse

Lors de la construction, on place dans le creux du mur un matériau d'isolation dont l'épaisseur est inférieure à celle de la coulisse, de façon à ménager un espace d'air entre l'isolant et la maçonnerie de parement. Cette lame d'air aura de préférence une épaisseur minimale de 3 cm.

Le remplissage partiel se fait en général avec des plaques isolantes rigides ou semi-rigides en matériaux tels que :

- mousse de polystyrène expansé;
- mousse de polystyrène extrudé;
- mousse de polyuréthane;
- verre cellulaire;
- laine minérale hydrofugée, semi-rigide à rigide.

Pour assurer une meilleure herméticité des joints entre les plaques, certaines sont pourvues d'un emboîtement; leur fixation se fait le plus souvent au moyen de crochets spéciaux et/ou d'écarteurs ad hoc (voir fig. 24, § 9.4.).

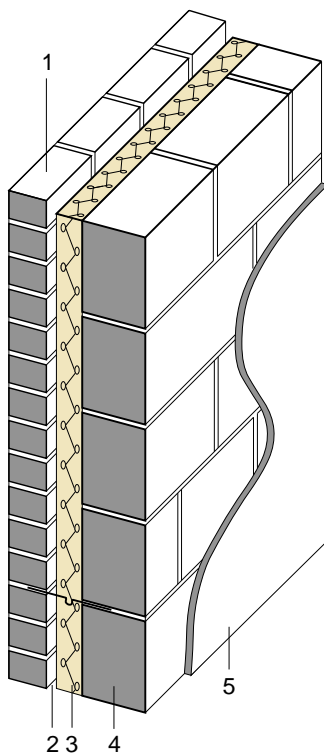


Figure 19 - Mur creux avec coulisse partiellement remplie d'isolant

1. maçonnerie de parement
2. coulisse
3. isolant
4. maçonnerie portante
5. enduit

#### Remarques

Compte tenu du mode de construction couramment utilisé en Belgique, à savoir l'élévation simultanée de la maçonnerie intérieure et du parement extérieur, le remplissage partiel présente fréquemment l'inconvénient de rédui-

re les performances thermiques escomptées.

En effet, si l'isolant utilisé est de type rigide et s'il n'est pas pourvu de dispositifs spéciaux lui permettant d'épouser les irrégularités de la maçonnerie, les balèvres de mortier auront tendance à écarter les panneaux isolants vers l'extérieur et favoriseront dès lors leur contournement par de l'air froid. Cette situation a pour résultat une augmentation du coefficient  $k$ , qui pourrait aller jusqu'au doublement lors de conditions climatiques défavorables (grands vents).

En conséquence, pour réaliser un remplissage partiel d'une manière optimale, nous conseillons d'adapter le processus de construction de façon à ce que l'isolant soit appliqué et fixé parfaitement contre la maçonnerie intérieure avant l'exécution de la maçonnerie de parement.

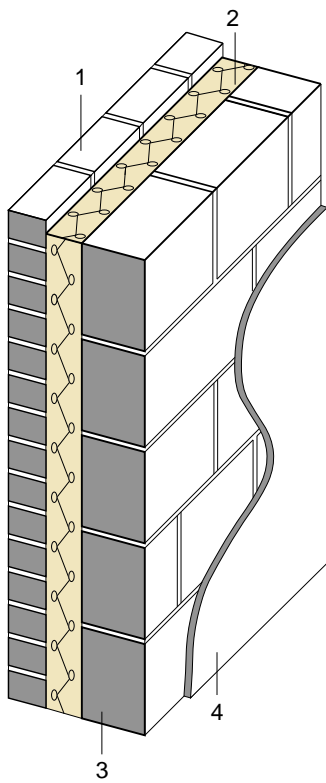
La technique du remplissage partiel de la coulisse est recommandée pour :

- des façades très exposées (zone côtière, bâtiments élevés, sites particulièrement exposés, options architecturales particulières);
- des façades dont la maçonnerie de parement est faiblement perméable à la vapeur (briques émaillées, maçonnerie peinte, ...).

Dans ces cas, la coulisse sera également légèrement ventilée afin de favoriser le séchage de la maçonnerie de parement (voir § 3.5.).

### 5.2.2. Remplissage complet de la coulisse

Durant l'élévation de la maçonnerie, on place dans la coulisse des panneaux d'isolation



d'une épaisseur voisine de cette dernière, en veillant à ce qu'ils soient bien jointifs.

L'isolant le plus couramment utilisé est la laine minérale semi-rigide et hydrofugée. D'autres panneaux imperméables à base de mousse plastique peuvent également être utilisés; ils sont toutefois moins aptes à absorber les pressions locales exercées par les balèbres de mortier.

**Remarque**

Cette technique permet de conserver la méthode de construction couramment utilisée en Belgique et de limiter, dans une très large mesure, les risques de contournement de l'isolant par de l'air extérieur.

*Figure 20 - Remplissage complet de la coulisse*

- 1. maçonnerie de parement
- 2. isolant thermique
- 3. maçonnerie portante
- 4. enduit

# 6

## Le règlement thermique en Région Wallonne

La nouvelle réglementation thermique est d'application depuis le 1er décembre 1996.

Elle concerne :

- les maisons;
- les immeubles de logement;
- les bâtiments d'hébergement (hôpitaux, homes, hôtels, internats, ...);
- les bâtiments scolaires;
- les immeubles de bureaux.

Elle fait une distinction entre :

- les nouvelles constructions;
- les constructions rénovées avec ou sans changement de fonction.

Elle impose, au moment de la demande de permis de bâtir, que l'auteur du projet démontre la performance énergétique du bâtiment qu'il a conçu (voir tableau 2 ci-après).

Tableau 2 Isolation thermique			
Type de bâtiment	Construction neuve	Rénovation avec changement de fonction	Rénovation sans changement de fonction
<b>Logements :</b> - maisons - immeubles d'appartements et d'hébergement	K55 (1) ou $b_{e450}$ (2) et valeurs $k_{max}$ (3)	K65 (1) et valeurs $k_{max}$ (3)(4)	-  valeurs $k_{max}$ (3)(4)
<b>Bureaux et bâtiments scolaires</b>	K65 (1) et valeurs $k_{max}$ (3)	K70 (1) et valeurs $k_{max}$ (3)(4)	valeurs $k_{max}$ (3)(4)

(1) Les niveaux K55, K65 et K70 sont calculés selon la norme NBN B62-301 et tiennent compte de la compacité du bâtiment (volume chauffé divisé par la surface totale de l'enveloppe du volume protégé) et des pertes de chaleur au travers des parois du volume protégé.

(2) Les besoins nets en énergie pour le chauffage  $b_{e450}$  (MJ/m<sup>2</sup>.hiver) sont calculés suivant le règlement paru au Moniteur Belge du 9 mai 1996.  
Les calculs tiennent compte : - des pertes de chaleur au travers des parois du volume protégé; - des pertes par ventilation;  
- des apports internes dus à l'occupation; - des apports solaires.

(3) Les valeurs  $k_{max}$  (W/m<sup>2</sup>.K) calculées suivant la norme NBN B62-002 sont reprises au tableau 3 ci-après.

(4) Dans le cas des rénovations avec ou sans changement de fonctions, les valeurs  $k_{max}$  s'appliquent aux parois faisant l'objet de la rénovation.

Elle prévoit pour tous les bâtiments nouveaux ou rénovés des exigences de  $k_{max}$  applicables aux éléments de construction faisant partie de la superficie de déperditions et nouvellement

construits (pour les nouveaux bâtiments) ou rénovés (voir tableau 3 ci-après).

Aux performances thermiques sont ajoutées des exigences de ventilation.

Tableau 3	Eléments de la superficie de déperditions	$k_{max}$ (W/m <sup>2</sup> .K)
	1. Fenêtres et autres parois translucides, portes	3,5
	2. Murs et parois opaques verticales : - entre le volume protégé (VP) et l'ambiance extérieure ou entre le volume protégé et un local non chauffé non à l'abri du gel - entre le volume protégé et un local non chauffé à l'abri du gel - entre le volume protégé et le sol	0,6 0,9 0,9
	3. Toiture entre volume protégé (VP) et l'ambiance extérieure, ou ensemble plafond + grenier + toiture	0,4
	4. Plancher : - entre le volume protégé (VP) et l'ambiance extérieure ou entre le volume protégé et un local non chauffé non à l'abri du gel - entre le volume protégé et un local non chauffé à l'abri du gel - entre le volume protégé et le sol	0,6 0,9 1,2
	5. Paroi mitoyenne (paroi entre deux volumes protégés ou entre appartements)	1

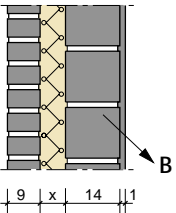
Le fait de respecter la valeur  $k_{max}$  pour les différents éléments de la superficie de déperditions n'implique pas nécessairement qu'il sera satisfait au K55, K65, K70 ou encore  $b_{e450}$ ; il faut donc tendre vers des niveaux d'isolation plus performants.

# 7

## Comment atteindre les performances thermiques ?

Dans le tableau 4 ci-après, nous reprenons les épaisseurs minimales de différents isolants qu'il y a lieu d'ajouter à des murs creux de

compositions courantes; et ce, respectivement pour atteindre des coefficients  $k_{max} \leq 0,6 \text{ W/m}^2.K$ ,  $k \leq 0,4 \text{ W/m}^2.K$  et  $k \leq 0,3 \text{ W/m}^2.K$ .

<b>Tableau 4</b> <b>Composition du mur creux</b> 	<b>Coefficient k de la façade sans isolant (W/m².K)</b>	<b>Épaisseurs d'isolant (x en cm) à ajouter pour</b>				
		<b>k = (W/m².K)</b>	<b>Nature de l'isolant (*)</b>			
			<b>MW EPS</b>	<b>XPS</b>	<b>PUR PIR</b>	<b>CG</b>
B = blocs de béton lourd ou mi-lourd	2,17	0,6	5,8	5,1	4,5	7,0
		0,4	9,5	8,4	7,4	11,6
		0,3	13,3	11,8	10,3	16,2
B = blocs perforés de terre cuite	1,37	0,6	4,5	4,0	3,5	5,6
		0,4	8,3	7,4	6,4	10,1
		0,3	12,0	10,7	9,4	14,7
B = blocs perforés de terre cuite allégée	1,07	0,6	3,6	3,2	2,8	4,4
		0,4	7,4	6,5	5,7	9,0
		0,3	11,1	9,9	8,6	13,6
B = blocs de béton léger	1,42	0,6	4,7	4,1	3,6	5,7
		0,4	8,4	7,5	6,5	10,3
		0,3	12,2	10,8	9,5	14,9
B = blocs de béton cellulaire	0,88	0,6	2,7	2,4	2,1	3,4
		0,4	6,5	5,8	5,0	7,9
		0,3	10,2	9,1	8,0	12,5

(\*) Pour les caractéristiques des isolants, voir § 4.1



**Remarques :**

- Les épaisseurs d'isolant reprises dans le tableau 4 ont été déterminées en adoptant, pour les maçonneries, les coefficients  $\lambda$  et/ou les résistances thermiques mentionnées dans la norme NBN B 62-002 et, pour les isolants thermiques, celles proposées par l'addendum 1 à la NBN B 62-002.
- Les épaisseurs d'isolant calculées doivent être majorées de manière à atteindre l'épaisseur commerciale supérieure.
- Lors de l'emploi d'un isolant disposant d'un agrément technique (ATG), il est possible de réduire, en fonction du  $\lambda_d$  repris dans ce document, les épaisseurs mentionnées dans le tableau.

- A épaisseur d'isolant égale, la présence d'une lame d'air moyennement ventilée entre ce dernier et la maçonnerie de parement apporte une réduction du coefficient de transmission thermique  $k$  de 2,5 à 5 %, c-à-d. une amélioration du niveau d'isolation par rapport au même mur dont la coulisse est complètement remplie. Dans ce cas il faut toutefois que l'isolant soit posé avec grand soin et que la coulisse ne favorise pas une circulation d'air entre l'isolant et le mur intérieur.

Il est recommandé d'avoir recours à un isolant thermique disposant d'un agrément technique (ATG) et de le mettre en oeuvre dans des épaisseurs  $\geq 8$  cm.

## Comportement hygrothermique du mur creux isolé

### 8.1. Comportement thermique

Comparativement au mur creux non isolé, la présence d'isolant dans la coulisse n'aggrave que faiblement les variations de température au sein de la maçonnerie de parement, mais en augmente le nombre de cycles et réduit au contraire sensiblement les écarts de température dans la paroi intérieure. Cette situation a pour conséquence que le risque de fissuration de la maçonnerie de parement est quelque peu accru, alors que ce risque est réduit pour la paroi intérieure.

Il est donc recommandé de prévoir des joints de dilatation dans les maçonneries de parement à des intervalles compris entre 6 et 12 m, selon la nature et le format du matériau qui les compose.

Si le parement extérieur est constitué par un enduit, il est recommandé d'armer la maçonnerie qui lui sert de support afin de mieux répartir les déformations de cette dernière et de limiter le risque de fissuration.

La présence de l'isolant dans la coulisse accroît le nombre de cycles gel-dégel dans la maçonnerie de parement; il est dès lors impératif que celle-ci soit constituée par des matériaux non gélifs (briques, blocs et mortier).

### 8.2. Comportement hydrique

#### 8.2.1. Risque de condensation superficielle et de formation de moisissures

Nous avons vu au § 3.3. que, pour le mur creux non isolé, le risque de condensation superficielle était faible, mais que la possibilité de développement de moisissures était réelle à des endroits où la circulation d'air est freinée (derrière les meubles, tentures, ...).

Dans le cas du mur creux correctement isolé ( $k \leq 0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ), ces risques sont inexistants, sauf dans des locaux non chauffés et mal ventilés ou encore au droit de ponts thermiques.

#### 8.2.2. Risque de condensation interne

Comme pour le mur creux non isolé (voir § 3.4. ci-avant), l'éventuelle condensation interne se produit au niveau de la maçonnerie de parement extérieure et est dès lors sans conséquence, sauf si cette dernière est peu perméable à la vapeur (présence de peinture ou briques émaillées) et si la production de vapeur à l'intérieur du bâtiment est importante (piscine, ...).

#### 8.2.3. Ventilation de la coulisse

Cette ventilation n'a bien entendu de sens que

si la coulisse est partiellement remplie d'isolant. Elle aura un effet négatif si de l'air extérieur peut circuler (courants convectifs) entre l'isolant et la maçonnerie intérieure.

Comme pour les murs creux non isolés, la ventilation de la coulisse n'a donc d'utilité que dans le cas d'une maçonnerie de parement peu perméable à la vapeur (présence de peinture, briques émaillées, ...).

#### **8.2.4. Mise en peinture de la maçonnerie de parement**

Dans ce cas également, le comportement du mur creux isolé thermiquement est voisin de celui du même mur non isolé.

Seule la quantité de condensat résultant de la diffusion de vapeur peut être plus importante et provoquer une humidification légèrement plus élevée de la maçonnerie de parement. La présence de l'isolant a par ailleurs pour conséquence de réduire quelque peu la température au sein de la maçonnerie de parement durant la période hivernale et, donc, d'en ralentir le séchage.

La mise en peinture freinant également le séchage de la maçonnerie, il est d'autant plus impératif que les matériaux (briques et mortiers) qui constituent le parement extérieur soient non gélifs. Il est en outre vivement conseillé de conserver une lame d'air ventilée entre ce dernier et l'isolant thermique si la façade est exposée aux pluies battantes.

#### **8.2.5. Hydrofugation des maçonneries de parement**

Comme nous l'avons vu au § 3.6., les hydrofuges de surface ont essentiellement pour rôle de limiter l'absorption capillaire des matériaux et, donc, de retarder sensiblement la saturation de la maçonnerie de parement et de réduire le débit d'eau s'écoulant dans la coulisse avant que cette saturation soit atteinte.

Les hydrofuges seront peu efficaces ou même inutiles sur des matériaux peu ou pas capillaires comme certaines pierres très compactes (granits, Petit Granit, ...) et certains bétons.

Ils seront également inefficaces lorsqu'ils sont appliqués sur des matériaux présentant une structure très ouverte, comme certains blocs de béton, ou présentant des discontinuités (petits trous, fissures) d'une ouverture supérieure à 0,3 mm.

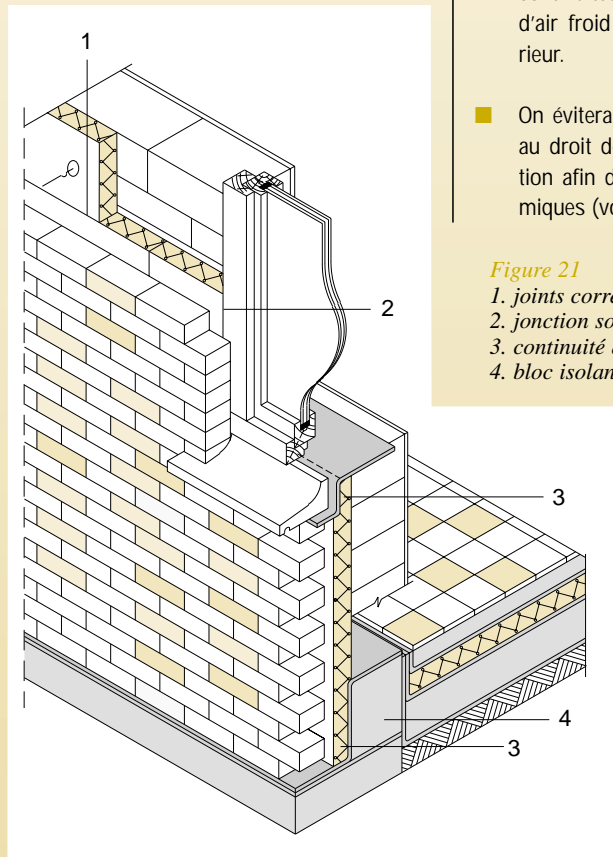
Appliqués correctement, les hydrofuges ralentissent également le salissement de la façade, en facilitent le nettoyage et retardent le développement de mousses. Pour effectuer un traitement efficace, il est recommandé :

- de choisir un produit dont la concentration en résine est adaptée au matériau à hydrofuger;
- d'avoir de préférence recours à des produits bénéficiant d'un agrément technique (ATG);
- d'appliquer l'hydrofuge de manière continue et à refus sur un support sec.

## Qualité de l'exécution

Pour assurer une exécution correcte, il y a lieu de respecter un certain nombre de critères, dont les principaux sont abordés ci-après.

### 9.1. Assurer une parfaite continuité de l'isolant (figure 21)



- Les panneaux isolants seront manipulés avec précaution et stockés de façon adéquate afin de ne pas les dégrader avant leur mise en oeuvre.
- Les panneaux seront posés de manière parfaitement jointive afin d'éviter les discontinuités et la possibilité de circulation d'air froid entre l'isolant et le mur intérieur.
- On évitera les interruptions de l'isolation au droit de certains détails de construction afin de ne pas créer de ponts thermiques (voir § 10 ci-après).

Figure 21

1. joints correctement fermés
2. jonction soignée avec la menuiserie
3. continuité de l'isolant
4. bloc isolant (béton ou verre cellulaire)

## 9.2. Eviter la circulation d'air froid entre l'isolant et le mur intérieur (figure 22)

- La maçonnerie intérieure présentera une planéité suffisante (éviter les balèvres de mortier, ...) afin de permettre un contact intime entre l'isolant et le mur.
- Utiliser des panneaux semi-rigides ou rigides afin d'éviter les affaissements de l'isolant dans la coulisse.

■ Assurer une fermeture des joints entre panneaux en les superposant soigneusement, en les emboitant s'ils sont pourvus de dispositifs "ad hoc" ou encore en les refermant au moyen de bandes collantes.

■ Prévoir et répartir régulièrement un nombre suffisant de crochets de liaison (5 par m<sup>2</sup>) munis de rondelles ou d'écarteurs adéquats, afin de maintenir les panneaux en contact avec le mur intérieur dans le cas du remplissage partiel de la coulisse.

■ Eliminer soigneusement tous les gravats et chutes de mortier susceptibles de provoquer une discontinuité de l'isolation.

## 9.3. Drainage de la coulisse (figure 23)

■ La largeur totale de la coulisse sera au minimum de 6 cm, que celle-ci soit complètement ou partiellement remplie d'isolant, afin de permettre un drainage correct.

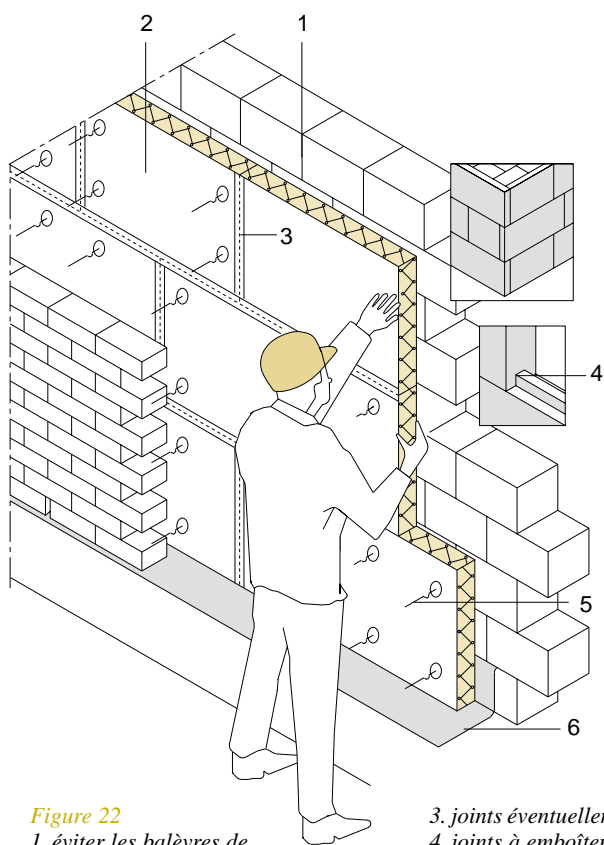


Figure 22

1. éviter les balèvres de mortier
2. isolant rigide ou semi-rigide

3. joints éventuellement fermés par des bandes collantes
4. joints à emboîtement
5. crochets de liaison avec casse-gouttes
6. membrane de drainage de la coulisse

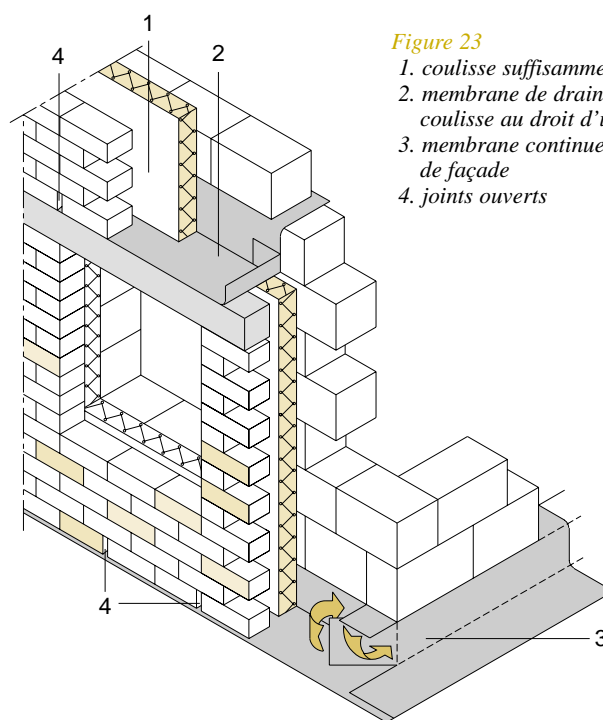


Figure 23

1. coulisse suffisamment large
2. membrane de drainage de la coulisse au droit d'une baie
3. membrane continue en pied de façade
4. joints ouverts

- Des membranes posées en escalier et de façon continue (membranes d'une pièce et/ou assemblées par collage aux jonctions et dans les angles) assurent la récolte et l'évacuation de l'eau qui a pénétré dans la coulisse (voir aussi § 10.1. et 10.2. ci-après). Lorsque la membrane de drainage n'est pas continue (bairs de porte et de fenêtre), ses extrémités sont relevées comme l'indique la figure 23.
- Éviter l'accumulation de gravats et de chutes de mortier sur les membranes.
- Prévoir un nombre suffisant de joints verticaux ouverts (au moins 1 par m) immédiatement au-dessus de la membrane et veiller à ce qu'ils soient dégagés de tout mortier.

#### 9.4. Éviter le transfert d'eau vers le mur intérieur (figure 24)

- Utiliser un isolant hydrophobe et non capillaire.
- Utiliser des crochets équipés de casse-gouttes dans le cas d'un remplissage partiel de la coulisse, positionner correctement les crochets (en pente vers l'extérieur) dans le cas d'un remplissage complet de la coulisse.
- Dégager les crochets des gravats et chutes de mortier éventuelles.

- Limiter au maximum les discontinuités dans la maçonnerie de parement en soignant l'exécution.
- Utiliser de préférence une maçonnerie de parement constituée de matériaux capillaires.
- Hydrofuger éventuellement la maçonnerie de parement (voir § 8.2.5.).
- Assurer une étanchéité à l'air par un enduit, afin de favoriser le bon fonctionnement du principe de la double barrière (voir § 3.1.).

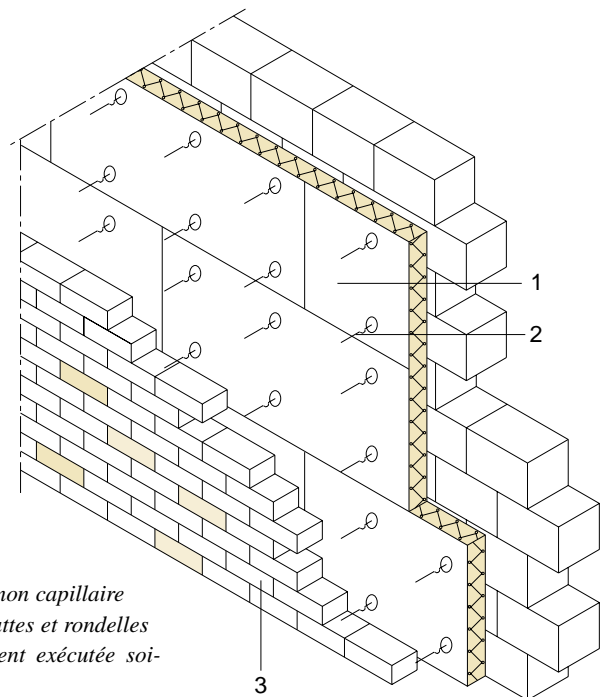


Figure 24

1. isolant hydrophobe et non capillaire
2. crochet avec casse-gouttes et rondelles
3. maçonnerie de parement exécutée soigneusement

### 9.5. Empêcher les entrées d'air extérieur non contrôlées (figure 25)

- Un enduit intérieur ou réalisé dans la coulisse doit assurer l'étanchéité à l'air du mur de façade.
- L'étanchéité à l'air doit également être assurée à la jonction entre menuiseries extérieures et mur de façade. Cette étan-

chéité peut être réalisée par des joints de mastic et/ou une injection de mousse plastique; cette dernière ne peut toutefois constituer un pont d'humidité et n'entrera donc de préférence pas en contact avec la maçonnerie de parement.

- Le raccord entre le gros oeuvre et la caisse à volet doit également être rendu étanche.

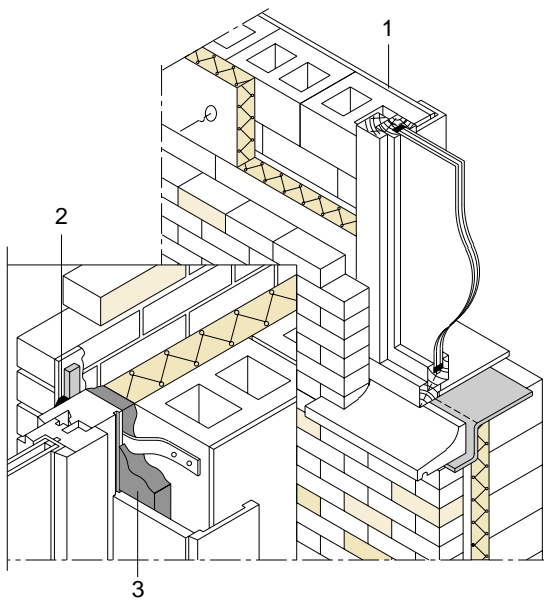
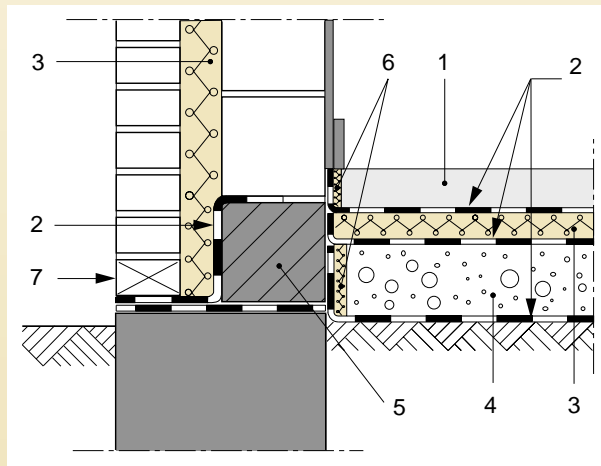


Figure 25  
1. enduit intérieur  
2. joint souple  
3. mousse plastique

# 10

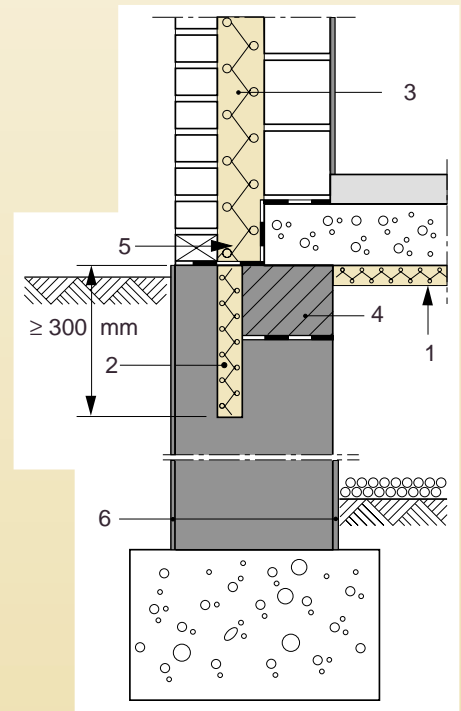
## Quelques détails de conception et d'exécution

### 10.1. L'isolation thermique et les problèmes d'humidité au pied des façades (figures 26 et 27)



**Figure 26**  
Réalisation du drainage de la coulisse et de l'isolation au pied d'une façade, dans le cas d'un plancher sur terre-plein

- 1. chape
- 2. membrane imperméable
- 3. isolant
- 4. fondation
- 5. béton ou verre cellulaire
- 6. isolant périphérique compressible
- 7. joints ouverts pour le drainage



**Figure 27**  
Réalisation du drainage de la coulisse et de l'isolation au pied d'une façade, dans le cas d'un plancher sur vide sanitaire

- 1. isolant
- 2. polystyrène extrudé
- 3. isolant pour mur creux
- 4. béton ou verre cellulaire
- 5. drainage (joints verticaux ouverts ou élément spécial)
- 6. protection éventuelle de la maçonnerie enterrée



10.2. L'isolation thermique et l'étanchéité à l'eau et à l'air au niveau des baies (figures 28,29,30,31 et 32)

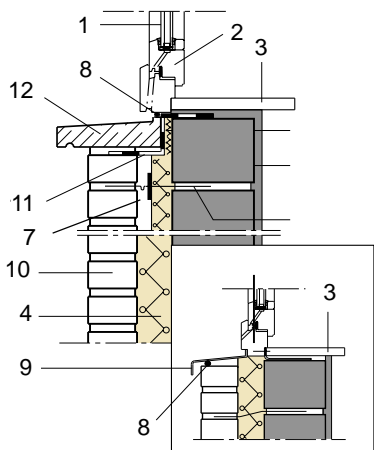


Figure 28 - Seuil de fenêtre

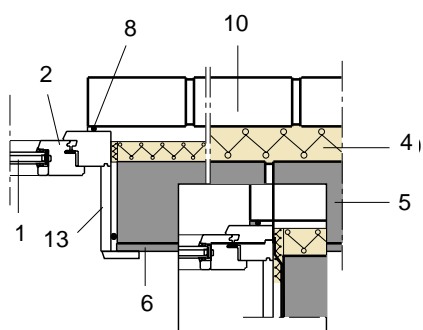


Figure 29 - Ebrasement de baie

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1. vitrage             | 8. joint souple            |
| 2. châssis             | 9. seuil métallique        |
| 3. tablette            | 10. maçonnerie de parement |
| 4. isolant thermique   | 11. membrane continue      |
| 5. maçonnerie portante | 12. seuil                  |
| 6. enduit              | 13. ébrasement             |
| 7. crochet de liaison  |                            |

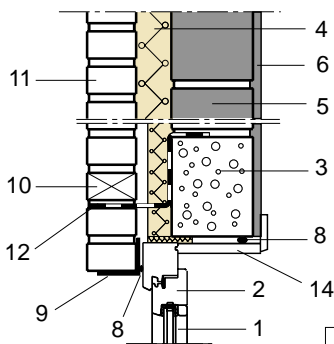


Figure 30 - Linteau de baie

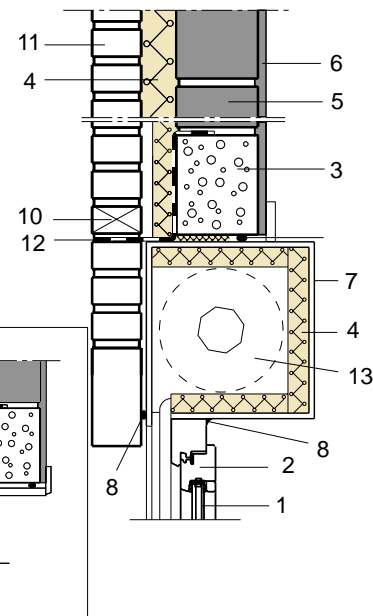


Figure 31 - Linteau de baie avec caisse à volet

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1. vitrage             | 8. joint souple            |
| 2. châssis             | 9. cornière métallique     |
| 3. linteau             | 10. joints ouverts         |
| 4. isolant thermique   | 11. maçonnerie de parement |
| 5. maçonnerie portante | 12. membrane de drainage   |
| 6. enduit              | 13. volet                  |
| 7. caisse à volet      | 14. ébrasement             |

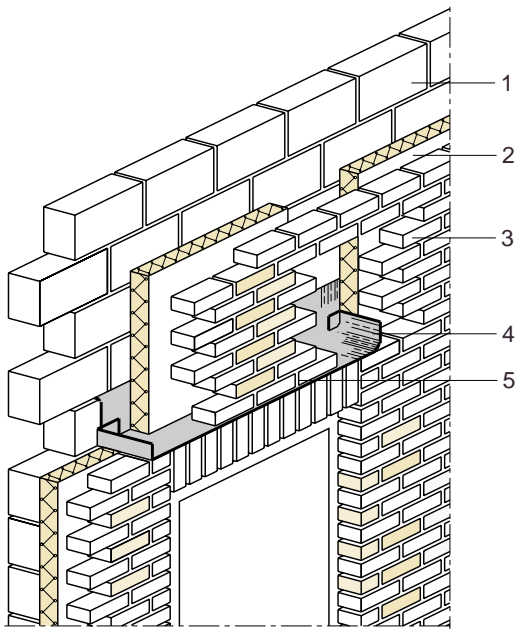


Figure 32 - Drainage de la coulisse au droit d'une baie

1. maçonnerie portante
2. isolant
3. maçonnerie de parement
4. bords de la membrane relevés
5. joints verticaux ouverts

### 10.3. Eviter les ponts thermiques

Comme nous l'avons vu au § 1.2., les ponts thermiques représentent en moyenne 6 % des déperditions calorifiques globales.

En outre, ils peuvent être le siège d'un phénomène de condensation superficielle et/ou d'un développement de moisissures.

Ils constituent non seulement une discontinuité dans l'isolation thermique, mais créent en outre une jonction conductrice entre des éléments extérieurs et intérieurs de la construction.

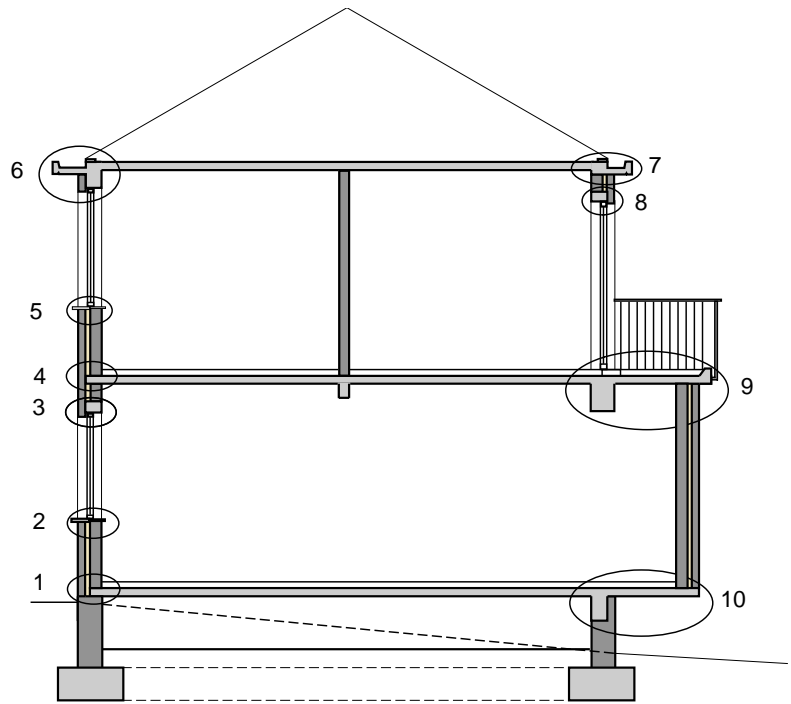


Figure 33 - Ponts thermiques rencontrés dans le bâtiment

La figure 33 représente la plupart des ponts thermiques susceptibles d'être rencontrés dans le bâtiment.

Les solutions pouvant être apportées sont envisagées ci-après dans l'ordre de la numérotation de la figure 33.

- N° 1 : Voir figures 26 et 27.
- N° 2 et 5 : Voir figures 28 et 29.
- N° 3 et 8 : Voir figures 30 et 31.
- N° 4 : Le contact direct entre un élément de plancher et la maçonnerie de parement doit être évité de la manière schématisée à la figure 34.

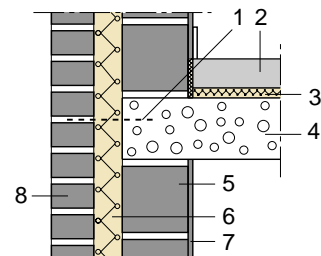


Figure 34 - Appui de plancher

1. ancrage supplémentaire
2. isolant pour mur creux
3. isolant pour plancher
4. plancher
5. chape
6. maçonnerie portante
7. enduit
8. maçonnerie de parement

- N° 6 et 7 : Les rives et dépassants de toiture doivent être conçus de manière telle que la continuité de l'isolation puisse être assurée comme schématisé aux figures 35, 36, 37 et 38.

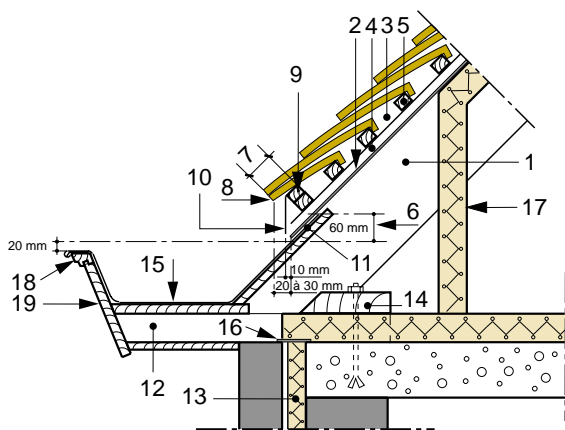


Figure 35 - Toiture inclinée - Pied de versant avec chéneau

1. chevron ou fermette, fixé à la sablière
2. sous-toiture
3. lame d'air entre les tuiles et la sous-toiture
4. contre-latte
5. liteau
6. recouvrement de l'extrémité de la gouttière par la sous-toiture
7. porte-à-faux de la tuile de pied
8. tuile de pied (raccourcie)
9. latte de pied
10. bande de protection de la latte de pied contre la pluie battante et contre la pénétration d'oiseaux
11. partie remontante du chéneau reposant sur le voligeage, lui-même incorporé dans les chevrons ou placé entre ceux-ci
12. support du chéneau
13. isolation de la façade
14. sablière appuyée sur le support du chéneau
15. fond donnant l'inclinaison voulue au chéneau
16. étanchéité à l'air du raccord façade/ toiture dans le cas d'un remplissage partiel du mur creux
17. isolation du comble
18. profil d'encadrement
19. planche de rive extérieure

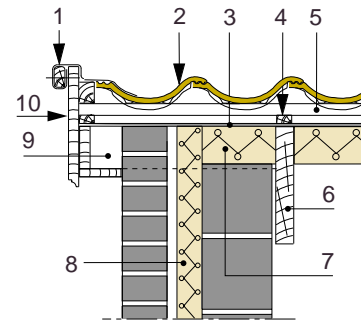


Figure 36

1. bande métallique
2. tuile
3. sous-toiture
4. contre-latte
5. liteau
6. chevron ou fermette
7. isolation thermique destinée à éviter le pont thermique
8. isolation du mur creux
9. chevron transversal
10. planche de rive

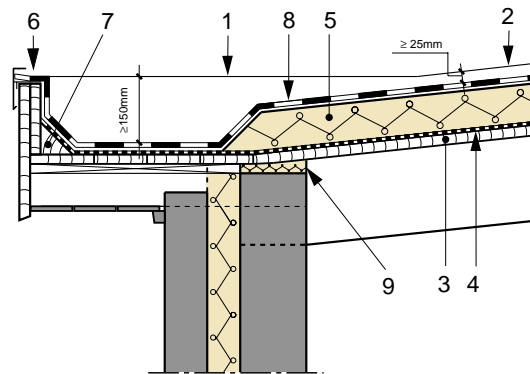
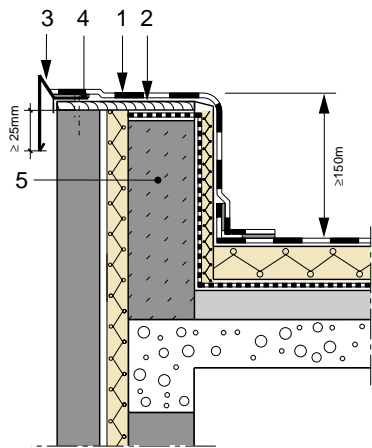
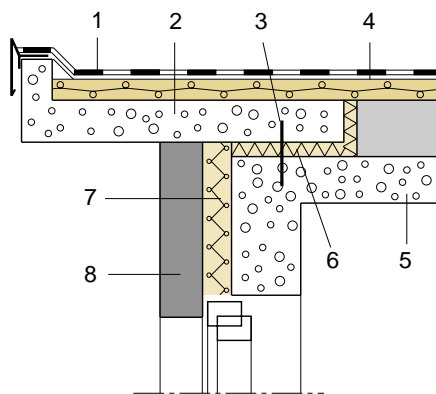


Figure 37

1. rive horizontale au droit de la gouttière
2. rive en pente
3. support sur pannes
4. pare-vapeur éventuel
5. isolant thermique
6. profilé de rive
7. chanfrein éventuel
8. étanchéité
9. obturation étanche au vent



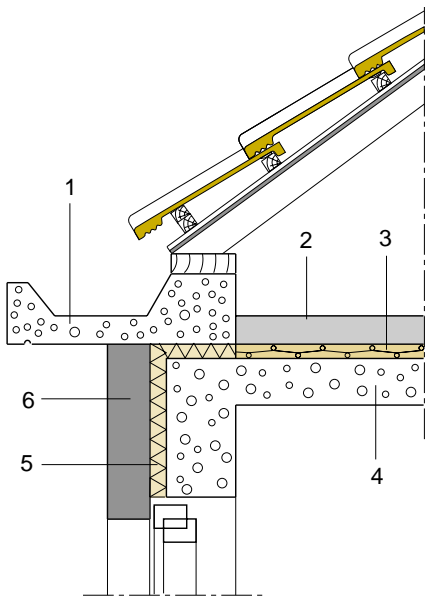
**Figure 38**  
 1. étanchéité  
 2. obturation de la coulisse  
 3. profilé de rive  
 4. soudure  
 5. maçonnerie isolante



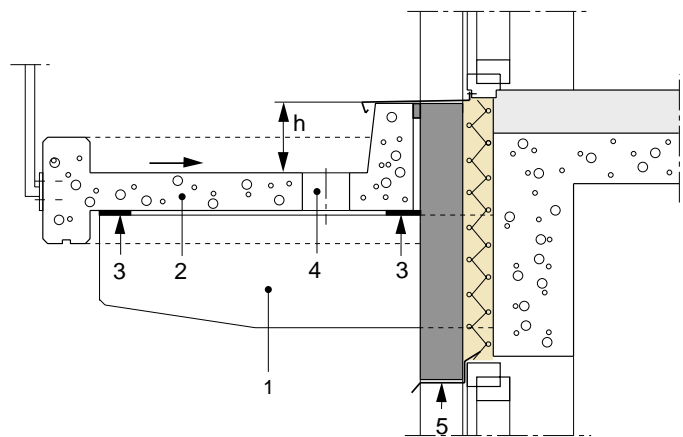
**Figure 40 - Toiture plate - rive en béton**  
 1. étanchéité  
 2. élément préfabriqué  
 3. ancrage mécanique  
 4. isolant de toiture  
 5. plancher de toiture  
 6. coupure thermique  
 7. isolant de façade  
 8. maçonnerie de parement

Des corniches et rives en béton doivent être évitées dans toute la mesure du possible. Dans l'éventualité où elles ne peuvent être abandonnées, il y a lieu de prendre des dispositions telles que schématisées aux figures 39 et 40.

- N° 9 : Pour les balcons, on peut envisager de les poser sur des consoles (voir figure 41) ou d'insérer une coupure thermique (voir figure 42, p. 36).



**Figure 39 - Toiture à versants - chéneau en béton**  
 1. élément préfabriqué  
 2. chape  
 3. isolant  
 4. plancher des combles  
 5. coupure thermique  
 6. maçonnerie de parement



**Figure 41 - Balcon en béton sur consoles**  
 1. poutre en encorbellement  
 2. plancher portatif préfabriqué en béton  
 3. appuis souples en matière synthétique  
 4. orifice de passage pour l'avaloir de balcon  
 5. déflecteur au-dessus des châssis dans le cas de balcons sans étanchéité

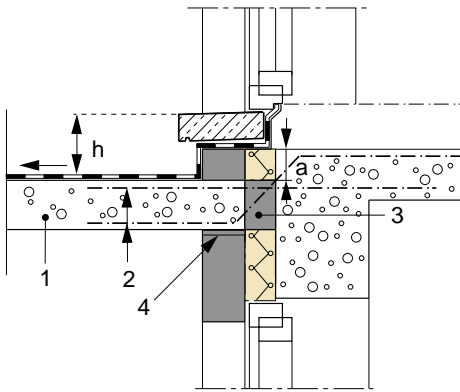


Figure 42 - Balcon en béton, fixé au moyen d'ancrages à coupure thermique

1. plancher portant
2. ancrages
3. coupure thermique
4. joint souple

$h$  = hauteur du relevé de l'étanchéité  
 $a$  = différence de hauteur admissible, précisée par le fabricant des ancrages à coupure thermique

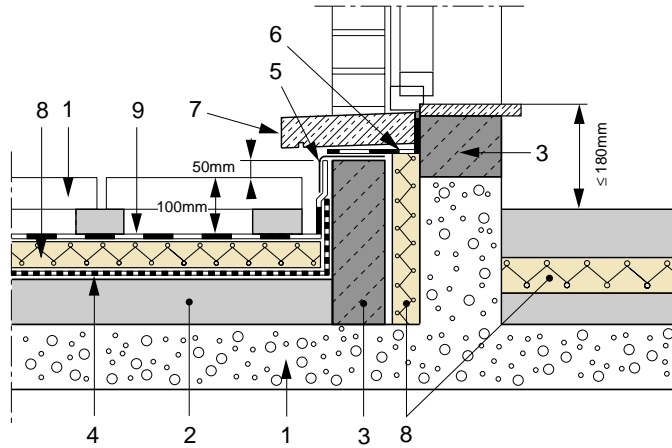


Figure 43 - Toiture-terrasse

1. plancher portant
2. béton de pente
3. blocs de béton isolants ou en verre cellulaire
4. pare-vapeur
5. solin en métal
6. barrière anticapillaire
7. seuil scellé
8. isolation
9. étanchéité du balcon
10. dallage sur plots

Lorsqu'il s'agit de terrasses situées au-dessus de locaux chauffés, il y a lieu de procéder à une isolation comme schématisé à la figure 43.

- N° 10 : En ce qui concerne les constructions en encorbellement - comme des orielles - il est pratiquement impossible d'assurer une continuité parfaite de l'isolant, de sorte qu'il est conseillé de procéder comme à la figure 44.

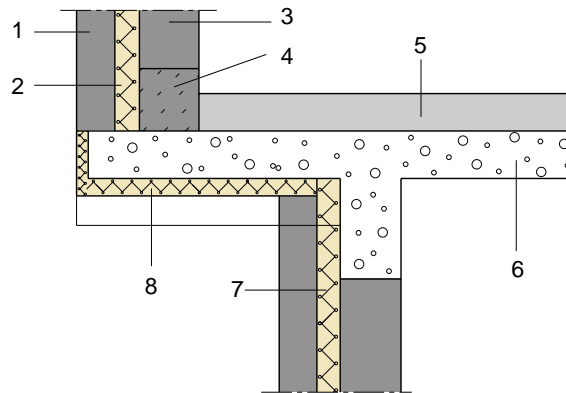


Figure 44 - Construction en encorbellement

1. maçonnerie de parement
2. isolant
3. maçonnerie portante
4. béton cellulaire ou verre cellulaire
5. chape
6. plancher
7. isolant de façade
8. isolation protégée des intempéries

## Conclusion

- L'isolation thermique des façades a pour but :
  - de réduire les déperditions calorifiques, et la consommation d'énergie et, par voie de conséquence, d'améliorer l'environnement en diminuant la pollution;
  - d'apporter un meilleur confort thermique.
- L'évolution de la conception des murs de façade a fait que :
  - les murs monolithiques – sauf s'ils sont constitués d'une forte épaisseur de béton cellulaire – ont été abandonnés;
  - les murs creux non isolés thermiquement, s'ils permettent de résoudre certains problèmes d'humidité, n'offrent pas des performances suffisantes du point de vue de la limitation des déperditions calorifiques et du développement des moisissures. De plus, en général, ils ne satisfont pas au nouveau règlement thermique wallon;
  - les murs creux existants peuvent être isolés par l'extérieur ou par remplissage de la coulisse et, en l'absence d'autres possibilités, par l'intérieur;
- les murs creux à réaliser peuvent comporter une coulisse complètement ou partiellement remplie d'isolant. Cette dernière solution est impérative dans le cas de parements extérieurs peu perméables à la vapeur et vivement conseillée pour les façades dont l'exposition aux intempéries est très sévère.
- Les caractéristiques des matériaux seront telles que :
  - ceux constituant le parement extérieur doivent être résistants à l'humidité tout en étant de préférence capillaires et non gélifs;
  - les isolants sont performants thermiquement ( $\lambda \leq 0,065$  W/m.K), hydrophobes et non capillaires;
  - le mur porteur est résistant mécaniquement et assure l'étanchéité à l'air, éventuellement grâce à l'application d'un enduit.
- Le nouveau Règlement thermique wallon est applicable aux constructions neuves et rénovées destinées au logement et à l'hébergement, ainsi qu'aux écoles et bureaux.

Les exigences requises sont les suivantes :

- pour les maisons neuves, le niveau d'isolation thermique global est K 55 ou les besoins nets en énergie  $< be_{450}$ ;
- pour les rénovations avec changement de fonction, le niveau d'isolation est  $< K 65$ ;
- pour les murs de façade, le coefficient de transmission thermique  $k_{max}$  est  $\leq 0,6 \text{ W/m}^2.K$  pour les logements neufs ou rénovés.

Le Règlement prévoit également des dispositions pour la ventilation des bâtiments.

■ Le niveau d'isolation vers lequel il faut tendre :

- est tel que le seul respect des valeurs  $k_{max}$  ne mène pas nécessairement à l'obtention d'un niveau global d'isolation K 55;
- devrait être tel que le coefficient de transmission thermique  $k$  soit  $\leq 0,4 \text{ W/m}^2.K$ , ce qui représente, pour les murs de façade habituels, une épaisseur d'isolant  $\geq 8 \text{ cm}$ .

■ Le niveau de sollicitation des maçonneries de parement des façades isolées thermiquement n'est que légèrement supérieur à celui des murs creux non isolés, mais nécessite néanmoins le recours à des matériaux non gélifs et à la création d'une lame d'air légèrement ventilée dans le cas où le parement extérieur est faiblement perméable à la vapeur.

■ Lors de l'exécution d'un mur creux isolé thermiquement, on veillera à :

- assurer une parfaite continuité de l'isolant;
- éviter la circulation d'air froid entre l'isolant et le mur intérieur;
- drainer correctement la coulisse;
- éviter le transfert d'eau vers le mur intérieur;
- empêcher les entrées d'air extérieur non contrôlées;
- éviter les ponts thermiques en soignant les détails d'exécution.

## Bibliographie

- CSTC  
NIT 153 Problèmes d'humidité dans les bâtiments. Bruxelles, 1984.
- CSTC  
NIT 178 L'isolation thermique des façades. Bruxelles, 1989.
- CSTC  
NIT 188 La pose des menuiseries extérieures. Bruxelles, 1993.
- CSTC  
NIT 196 Les balcons. Bruxelles, 1995.
- CSTC  
NIT 205 Pierres Naturelles. Bruxelles, 1997.
- Guide pratique pour les architectes.  
CNOA - S.A.F. - DGTRE.
- Hauglustaine, J.M. et Simon, F. L'isolation thermique des murs creux.
- Hens, H. Le mur creux. Programme RD Energie, 1984. Services de programmation de la politique scientifique (SPPS), Bruxelles, 1994.
- IBN  
NBN B 23-002. Briques de parement en terre cuite. Institut belge de Normalisation, Bruxelles, 1986. Addendums en 1991 et en 1995.
- L'isolation thermique des murs creux, Guide pratique, CFFUL - FFC - DGTRE, Bruxelles, 1994.



La réalisation de cette brochure a été confiée au

Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC)  
Etablissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947  
21-23, rue de la Violette  
B-1000 Bruxelles.

*Rédaction* : Michel Wagneur.

*Dessins techniques* : Serge Peeters et Walter Verbesselt

*Réalisation graphique et mise en pages* : Robert Roodenburg

*Comité de lecture et supervision* :

- Myriam Hay, consultante au Guichet de l'Energie d'Ottignies
- Lutgarde Neirinckx, ingénieur, Styfabel (auteur de la version précédente);
- J.M. Guillemeau - CIFFUL;
- J. Uyttenbroeck - directeur scientifique au CSTC
- la Division de l'Energie du Ministère de la Région Wallonne.

Brochure disponible sur simple demande au :

Ministère de la Région Wallonne  
DGTRE - Division de l'Energie  
Avenue prince de Liège, 7  
B-5100 Namur

ou aux Guichets de l'Energie de votre région.

Le téléphone vert du Ministère de la Région Wallonne (08001-1901, appel gratuit)  
vous informera de leurs coordonnées.

Dépôt légal : D/1998/5322/7

*Ministère de la Région Wallonne,  
Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie.  
Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC).  
Centre interdisciplinaire de formation de formateurs de l'Université de Liège.*



DIRECTION GENERALE  
DES TECHNOLOGIES  
DE LA RECHERCHE ET DE L'ENERGIE

Avenue Prince de Liège 7 - B-5100 Namur



Tél. 081-32.15.69 - Fax 081-30.66.00