

# Introduction à la thermique du bâtiment

ÉDITION 2012

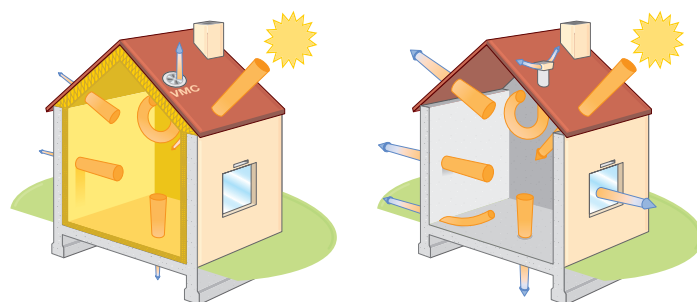


L'efficacité énergétique des bâtiments, les bâtiments à énergie positive, le confort d'été, autant de sujets d'actualité qui nécessitent pour mener à bien leurs réalisations de connaître les principes de base de la thermique du bâtiment.

Comprendre les valeurs thermiques qui caractérisent les matériaux et les systèmes est aujourd'hui indispensable pour choisir judicieusement ses produits à la fois d'un point de vue technique qu'économique.

Cet **ESSENTIEL DE L'HABITAT** vous accompagne au quotidien en vous apportant les définitions illustrées des principales caractéristiques thermiques utilisées pour les produits et systèmes de construction des parois opaques ou vitrées.

Vous retrouverez, dans les **ESSENTIELS DE L'HABITAT** dédiés aux réglementations thermiques par type de bâtiments les niveaux d'exigences thermiques demandés par type d'ouvrages.



## SOMMAIRE

Caractériser les transferts de chaleur d'une paroi .....	Page 3
Caractériser un matériau .....	Page 4
Caractériser les parois opaques .....	Page 6
Caractériser le bilan énergétique des vitrages et menuiseries .....	Page 10
Les formations Saint-Gobain .....	Page 14

# Caractériser les transferts de chaleur d'une paroi

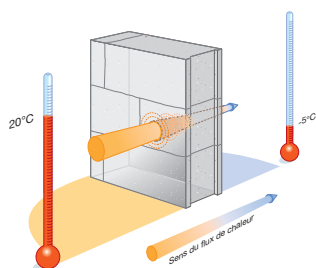
## ► Les phénomènes de conduction, convection et rayonnement

Lorsque deux éléments sont à des températures différentes, un échange de chaleur s'établit jusqu'à ce que les températures des deux éléments soient identiques. La chaleur va toujours du corps chaud vers le corps froid. Il est impossible d'empêcher ce phénomène d'échange, le but de l'isolation est donc de le freiner fortement. Dans le domaine du bâtiment, les échanges de chaleur se font principalement selon 3 modes de transmission : la conduction (majoritaire), la convection et le rayonnement.

### • La conduction :

C'est la transmission d'énergie de proche en proche dans la partie solide d'un matériau.

La chaleur se propage avec plus ou moins de facilité suivant la nature, les caractéristiques (résistances thermiques...) et la géométrie du matériau.

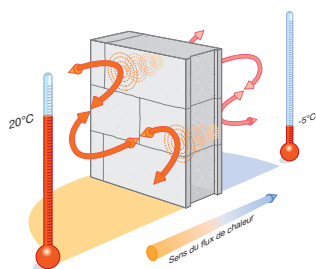


**Plus le matériau est isolant moins il y a de conduction.**

### • La convection :

Ce mécanisme de transfert de chaleur est propre aux fluides (gaz ou liquide).

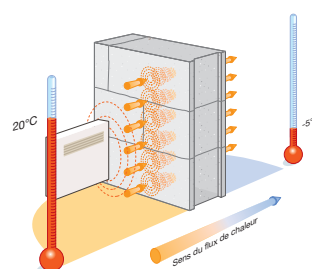
Au contact d'un élément chaud le fluide, de l'air par exemple, se met en mouvement et se déplace vers l'élément froid au contact duquel il perd sa chaleur créant ainsi un mouvement vertical qui accélère les échanges thermiques entre les 2 éléments



**Plus l'air est immobile moins il y a de convection.**

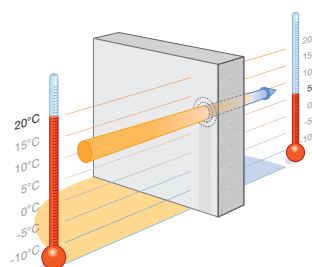
### • Le rayonnement :

C'est le transfert de chaleur d'un élément à un autre par onde électromagnétique sans contact direct. Ce type de transfert ne nécessite pas de support matériel il peut se produire même dans le vide.



**Plus l'émissivité du matériau est faible moins il y aura de transfert par rayonnement.**

## ► La fuite de la chaleur – le flux thermique : $\varphi$



### Définition :

Le flux de chaleur  $\varphi$  (phi) est la quantité d'énergie ou de chaleur passant au travers de 1m<sup>2</sup> de paroi pendant une seconde lorsqu'il existe un écart de température entre ses 2 faces. Il s'exprime en W/m<sup>2</sup>.

$$\varphi = \lambda \times \frac{\Delta T}{e}$$

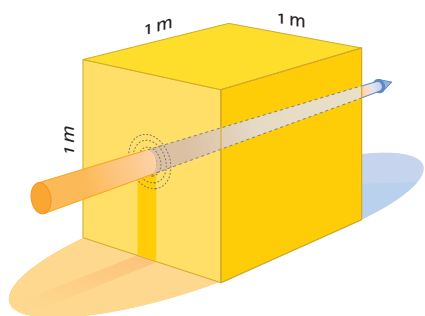
Avec  $\lambda$  la conductivité thermique ;  $\Delta T$  l'écart de température et  $e$  l'épaisseur de la paroi.

La quantité de chaleur s'échappant d'une paroi simple diminue : lorsque la conductivité thermique décroît, lorsque l'écart de température entre les 2 faces de la paroi diminue et lorsque l'épaisseur de la paroi augmente.

Dans le domaine du bâtiment, les leviers pour limiter la fuite de chaleur sont la diminution de la valeur de la conductivité thermique et l'optimisation de l'épaisseur des parois.

# Caractériser un matériau

## ► La conductivité thermique : $\lambda$



### Définition :

La conductivité thermique est la quantité d'énergie traversant  $1\text{m}^2$  de matériau d'un mètre d'épaisseur et, pour une différence de 1 degré de température. Elle s'exprime en  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})^1$ .

Elle représente l'aptitude du matériau à se laisser traverser par la chaleur.

C'est une caractéristique constante intrinsèque aux matériaux homogènes.

Attention : dans une même famille d'isolants on peut trouver des produits avec des performances variables (exemples : pour les laines minérales ou le polystyrène expansé la conductivité thermique  $\lambda$  varie de 0,04 à 0,03  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

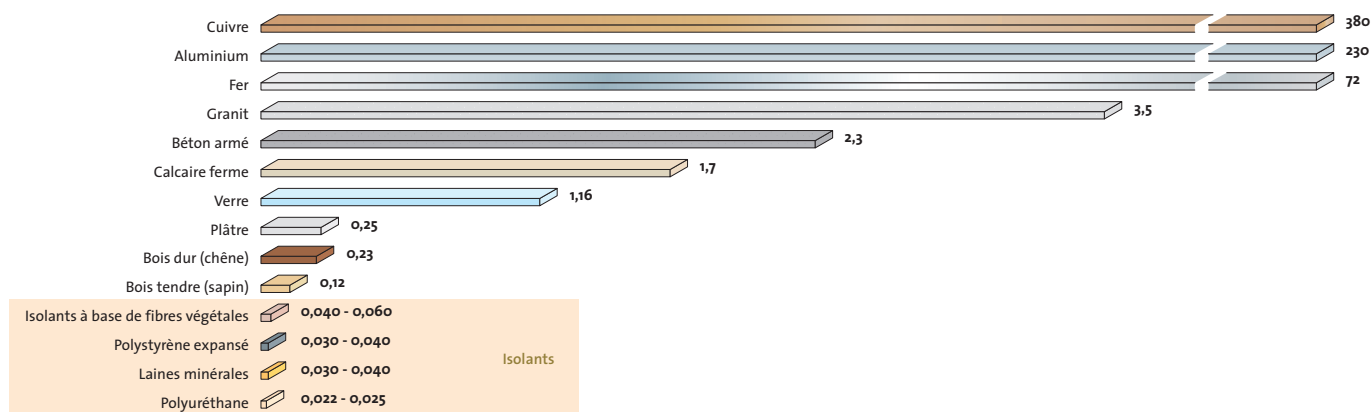
**Plus la conductivité est faible plus un matériau est isolant.**

### Dans la pratique

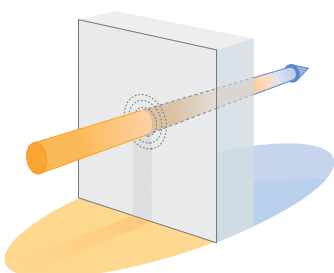
La conductivité thermique est mesurée en laboratoire. Dans le cadre du marquage CE, les fabricants d'isolants thermiques sont tenus d'indiquer sa valeur sur leurs produits. De plus, pour garantir la fiabilité de l'information fournie au consommateur, la caractéristique peut faire l'objet d'une certification volontaire.

On peut trouver des valeurs par défaut pour les principaux matériaux dans les règles Th en vigueur. Dans le cadre de la réglementation thermique, les valeurs utilisées pour les calculs thermiques sont déterminées comme il suit : si la valeur de conductivité thermique est certifiée la valeur est utilisée telle quelle, si la valeur est déclarée, la valeur utilisée est minorée selon  $\lambda_{\text{utilisée}} = 1,15 \times \lambda_{\text{déclarée}}$  et en l'absence de valeur on utilise les valeurs par défaut des règles Th en vigueur.

### Illustration de la différence de conductivité thermique de quelques matériaux usuels



## ► La résistance thermique d'un matériau : R



### Définition :

La résistance thermique d'un matériau caractérise sa capacité à ralentir le transfert de chaleur réalisé par conduction. Elle s'exprime en  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

Elle est calculée avec la formule suivante :  $R = \frac{e}{\lambda}$

Avec

R : résistance thermique en  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$  e : épaisseur du matériau en mètre  $\lambda$  : conductivité thermique du matériau en  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

<sup>1</sup> Avec W : Watt ; m : mètre et K : Kelvin











**Plus la résistance thermique est élevée plus le matériau est isolant.**

### Dans la pratique

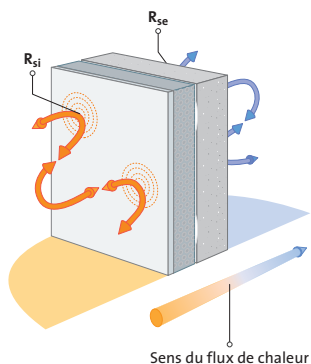
La résistance thermique des isolants thermiques, doit dans le cadre du marquage CE, être indiquée sur les produits par le fabricant. Pour garantir la fiabilité de l'information fournie au consommateur, la caractéristique peut faire l'objet d'une certification volontaire. Il est aussi possible d'estimer la résistance thermique par le calcul.

Dans le cadre de la réglementation thermique, les valeurs utilisées pour les calculs thermiques sont déterminées comme il suit : si la valeur de résistance thermique est certifiée la valeur est utilisée telle quelle, si la valeur est déclarée, la valeur utilisée est minorée selon  $R_{utilisée} = 1,15 / R_{déclarée}$  et en l'absence de valeur on utilise les valeurs par défaut des règles Th en vigueur.

### Epaisseur équivalente pour obtenir avec différent matériaux une résistance thermique de $R = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

	5,5 cm - Polyuréthane - $\lambda = 0,022 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
	8 cm - Polystyrène expansé - $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
	8 cm - Laine minérale - $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
	12,5 cm - Isolants à base de fibres naturelles - $\lambda = 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
	30 cm - Béton cellulaire - $\lambda = 0,12 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
	55 cm - Bois - $\lambda = 0,22 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
	437 cm - Béton - $\lambda = 1,75 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
	450 cm - Granit - $\lambda = 3,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	

### ► La résistance superficielle d'une paroi : $R_{se}$ et $R_{si}$



#### Définition :

La résistance superficielle d'une paroi caractérise la part des échanges thermiques qui se réalise à la surface des parois par convection et rayonnement. Elle dépend du sens du flux de chaleur et de l'orientation de la paroi ;  $R_{si}$  pour les échanges sur la surface de paroi interne et  $R_{se}$  pour les échanges sur la surface de paroi externe. Elle s'exprime en  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ .

#### Dans la pratique

Pour des parois planes, les valeurs de résistances thermiques superficielles sont données dans les règles Th<sup>1</sup> de la réglementation thermique en vigueur.

Parois opaques	$R_{si}$	$R_{se}$	$\Sigma R_s$
Paroi verticale	0,13	0,04	0,17
Paroi horizontale (flux ascendant)	0,10	0,04	0,14
Paroi horizontale (flux descendant)	0,17	0,04	0,21

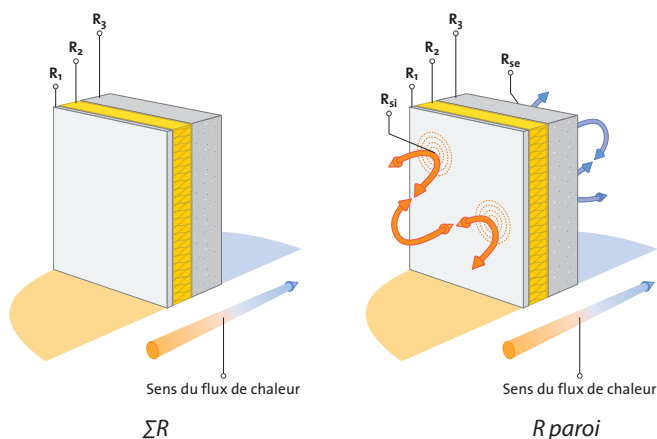
Parois vitrées	$R_{si}$	$R_{se}$	$\Sigma R_s$
Paroi verticale (flux horizontal)	0,13	0,04	0,17
Paroi horizontale (flux ascendant)	0,10	0,04	0,14

Valeurs de résistances superficielles des parois opaques en  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  selon les règles Th-U - Fascicule 4 : Parois opaques et Fascicule 3 : Parois vitrées

1. Règles Th-Bât, règles de détermination de paramètres d'entrée du bâti à utiliser pour le calcul réglementaire.

# Caractériser les parois opaques

## ► La résistance thermique d'une paroi homogène<sup>1</sup> : $R_{paroi}$



### Définition :

La résistance thermique totale d'une paroi homogène caractérise la somme des transferts de chaleur réalisés par conduction au sein des matériaux et des échanges thermiques superficiels réalisés par convection et rayonnement. Elle se calcule en additionnant les résistances thermiques des différents constituants de la paroi et les résistances superficielles correspondantes et s'exprime en  $m^2.K/W$ .

$$R_{paroi} = \sum R + R_{si} + R_{se}$$

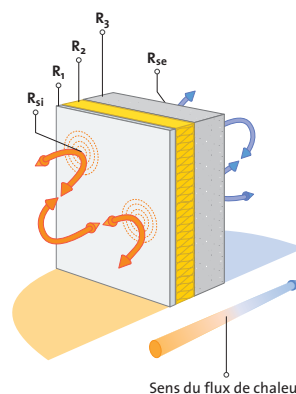
**Plus la résistance thermique de la paroi est élevée plus la paroi est isolante.**

### Dans la pratique

Le calcul de cette valeur est un préalable au calcul du coefficient de transmission thermique d'une paroi. Elle est calculée au cas par cas en fonction de la configuration considérée.

Il est à noter que seules les résistances thermiques s'ajoutent, les conductivités thermiques ne s'ajoutent pas.

## ► La déperdition d'une paroi en partie courante : $U_c$



### Définition :

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi homogène  $U_c$  traduit la quantité de chaleur s'échappant au travers d'une paroi homogène de  $1m^2$  pour un différentiel de 1 degré. Il s'obtient par le calcul, c'est l'inverse de la résistance thermique totale d'une paroi homogène<sup>2</sup> et s'exprime en  $W/(m^2.K)$

Il sert à caractériser les déperditions thermiques d'une paroi homogène composée d'un matériau simple ou de plusieurs matériaux.

$$U_c = \frac{1}{\sum R + R_{si} + R_{se}}$$

Avec :

R : Les résistances thermiques des éléments de la paroi homogène en  $m^2.K/W$ .

$R_{si}$  et  $R_{se}$  : Les résistances thermiques superficielles de la paroi en  $m^2.K/W$ .

**Plus le coefficient  $U_c$  est faible moins il y a de déperdition ; plus la paroi est performante thermiquement.**

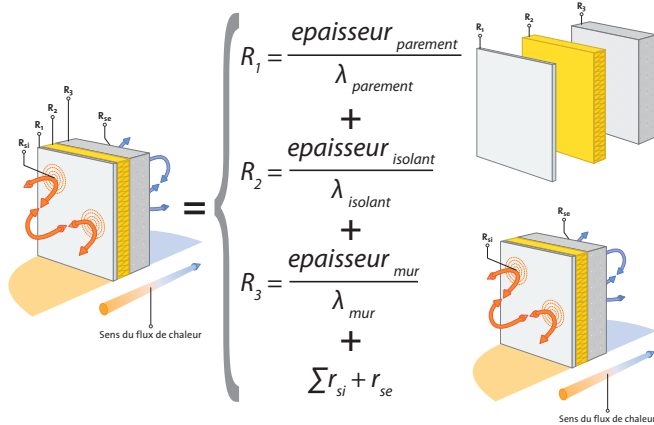
### Dans la pratique

Les fabricants de matériaux isolants peuvent indiquer des valeurs de  $U_c$  pour des configurations types dans leurs documentations. On peut faire une estimation avec les valeurs par défaut des règles Th, le calculer avec les informations transmises par les fabricants de chaque matériau constituant la paroi ou faire réaliser le calcul par un bureau d'étude.

1. On appelle une paroi homogène toute paroi dont les interfaces sont continues (sans lame d'air ventilée) et ne sont traversées par aucun accessoire, appui ou ossature métallique.  
2. Il s'agit de caractériser une paroi continue et homogène (sans pont thermique intégré)



Exemple de calcul d'un  $U_c$  pour un doublage sur paroi maçonnée.



$$U_p = \frac{1}{\sum R_{\text{paroi}} + \sum R_s} + \frac{\sum \text{ponts thermiques ponctuels} + \sum \text{ponts thermiques linéiques}}{\text{Aire de la paroi}}$$

Soit

$$U_p = U_c + \frac{\sum \psi_i L_i + \sum \chi_j}{A}$$

Avec :

$\psi_i$  : coefficient linéique du pont thermique structurel  $i$ , en W/(m.K).

$L_i$  : longueur du pont thermique intégré  $i$ , en m.

$\chi_j$  : coefficient ponctuel du pont thermique intégré  $j$ , en W/K.

$A$  : surface totale de la paroi, en m<sup>2</sup>.

**Plus le coefficient  $U_p$  est faible, moins il y a de déperdition ; plus la paroi est performante thermiquement.**

### Dans la pratique

Les fabricants peuvent indiquer cette valeur dans leurs documentations pour des configurations types de leurs systèmes.

En fonction de la configuration du projet, le calcul du  $U_p$  est réalisé au cas par cas, principalement par des bureaux d'études thermiques.

Dans le cadre de la réglementation thermique, les valeurs utilisées pour les calculs thermiques sont déterminées comme il suit : s'il existe une valeur  $U_p$  du système certifiée la valeur est utilisée telle quelle, si la valeur est déclarée, la

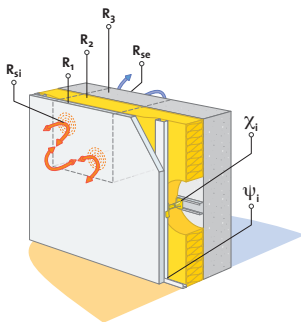
valeur utilisée est minorée selon  $U_{p \text{ utilisé}} = 1,15 \times U_{p \text{ déclaré}}$ .

En l'absence de valeur de  $U_p$ , le calcul est réalisé par un bureau d'étude, en utilisant les données fabricants (en l'absence de données fabricants en utilisant les valeurs par défaut des règles Th en vigueur).

## La déperdition thermique dans une paroi : $U_p$

### Définition :

Le coefficient de transmission thermique  $U_p$  traduit la quantité de chaleur s'échappant au travers d'une paroi, incluant des ponts thermiques intégrés<sup>1</sup>, de 1m<sup>2</sup> pour un différentiel de 1 degré. Il s'exprime en W/(m<sup>2</sup>.K)



Le coefficient de transmission thermique d'une paroi  $U_p$  se calcule en additionnant le coefficient de transmission thermique de la paroi homogène  $U_c$  et les fuites thermiques dues aux ponts thermiques intégrés (ponctuels  $\chi$  ou linéiques  $\psi$ ) rapportés à l'aire de la paroi<sup>2</sup>.

1. Voir encart p11 pour la définition des ponts thermiques intégrés

2. Pour des commodités de calcul on utilise souvent comme aire de paroi une aire de référence dite « Aire de paroi reproductible »

# Caractériser les parois opaques

## Ponts thermiques intégrés et ponts thermiques des liaisons

Les ponts thermiques intégrés rassemblent les ponts thermiques créés dans la paroi par des éléments tels que les ossatures métalliques, appuis et autres accessoires.

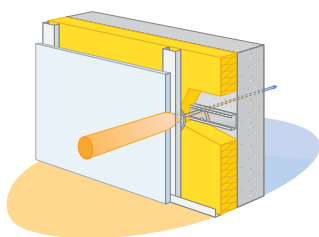
Ils ne doivent pas être confondus avec les ponts thermiques des liaisons qui caractérisent eux les interfaces de parois.

Les ponts thermiques peuvent être :

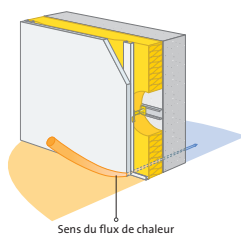
- ponctuels (noté  $\chi$ ) (exemple : appui métallique dans un doublage sur ossature) ;
- linéique (noté  $\psi$ ) (exemple : fourrure métallique dans un doublage sur ossature).

Ils s'expriment en  $W / (m.K)$ .

### Ponts thermiques intégrés

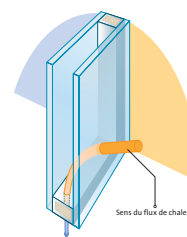


Appui métallique



Sens du flux de chaleur

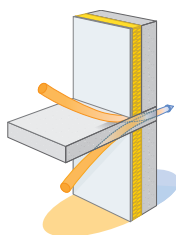
Rail métallique



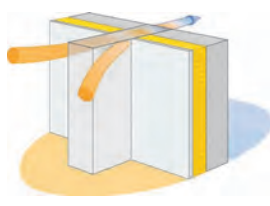
Sens du flux de chaleur

Espaceur de vitrage

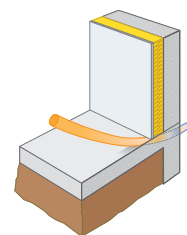
### Ponts thermiques des liaisons



Plancher intermédiaire

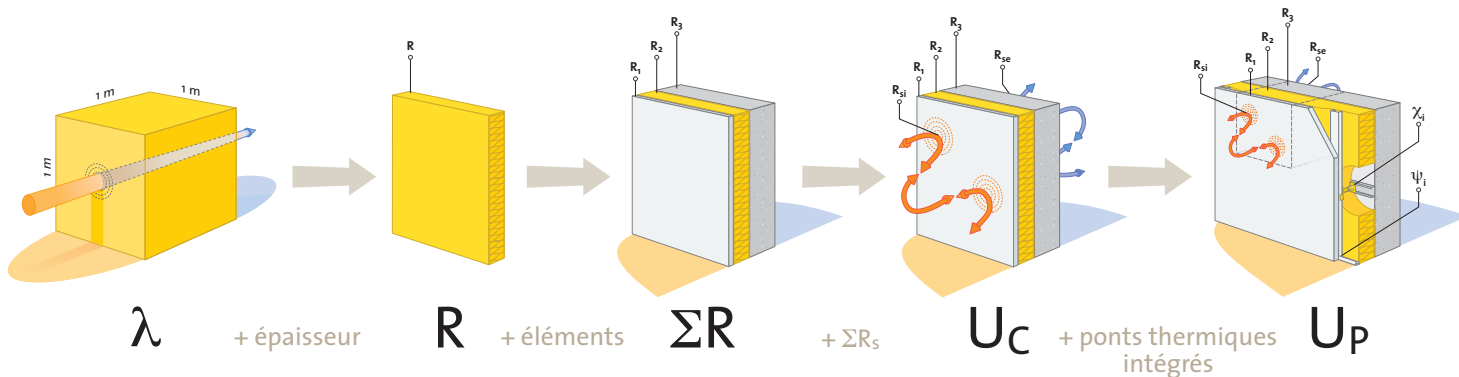


Mur de refend



Plancher bas

## Résumé des principales valeurs qui permettent de caractériser les performances thermiques d'une paroi opaque :





# Un premier pas vers la formation ...



## Pour vous initier

aux grandes thématiques de l'habitat  
et découvrir les solutions des marques  
du groupe Saint-Gobain.

Adfors • Clipper Coramine • Ecophon • Eurobeton industrie • Eurocoustic • GIMM • Glassolutions • Isover • Les menuiseries françaises • PAM • Placoplatre • Plafometal • Quantum • Saint-Gobain Glass • Saint-Gobain performance plastics • Saint-Gobain Solar • Sevax • Solar Gard • Vetrotech • Weber



SAINT-GOBAIN - BP 161 - 354, rue de Meaux - 93410 Vaujours

service-formation@saint-gobain.com | [www.construireavecsaint-gobain.fr](http://www.construireavecsaint-gobain.fr) |

 N°Azur 0 810 440 440  
PRIX APPEL LOCAL

# Caractériser le bilan énergétique des vitrages et menuiseries

## ► L'émissivité des vitrages : $\epsilon$

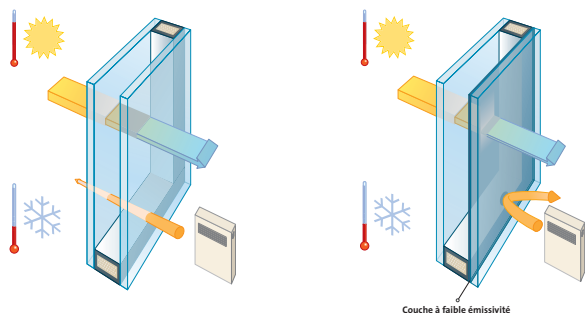


Illustration de la différence de transfert par rayonnement entre 2 doubles vitrages d'émissivités différentes : un double vitrage ordinaire et un double vitrage à couche à basse émissivité

### Définition :

L'émissivité  $\epsilon$  (epsilon) caractérise la capacité des surfaces d'un verre à absorber puis à réémettre de la chaleur par rayonnement. L'émissivité varie entre 0 et 1 et s'exprime sans unité.

**Plus l'émissivité du verre est basse, plus les pertes d'énergie/transfert de chaleur par rayonnement sont réduites, plus la performance thermique du vitrage isolant est élevée et moins il existe une sensation de paroi froide au bord des vitrages.**

Une faible émissivité est une caractéristique essentielle pour améliorer la performance thermique des vitrages isolants doubles ou triples.

Ces vitrages isolants à « isolation thermique renforcée » (ITR) intègrent un verre à faible émissivité. Ce produit verrier est un verre sur lequel a été déposée une couche mince transparente composée de matériaux d'origine métallique. L'émissivité d'un verre clair ordinaire (sans couche à faible émissivité) est de 0,89, l'émissivité d'un verre à couche faiblement émissive est de 0,03.

### Dans la pratique

L'émissivité est mesurée en laboratoire, les fabricants de vitrage peuvent indiquer sa valeur dans leurs documentations.

## ► Le facteur solaire : $g$

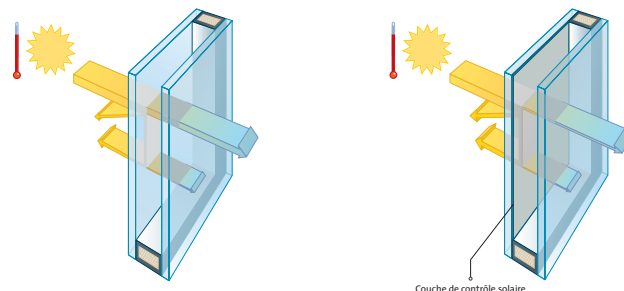


Illustration de la différence du facteur solaire entre 2 doubles vitrages : un double vitrage ordinaire et un double vitrage à couche de contrôle solaire

### Définition :

Le facteur solaire  $g$  est le rapport entre le flux solaire reçu par le vitrage et la somme des énergies solaires transmises (par transmission directe et absorption/réémission). Pour un vitrage de fenêtre, il représente le pourcentage total de l'énergie solaire entrant par la fenêtre dans le bâtiment. Le facteur solaire varie entre 0 et 1 et s'exprime sans unité.

**Plus le facteur solaire tend vers zéro, plus l'énergie solaire entrante sera faible**

Le facteur solaire d'un double vitrage standard à isolation thermique renforcée (ITR) est de l'ordre de 0,63 : cela signifie que 63% de l'énergie solaire entre dans la pièce. Les vitrages isolants qui ont un facteur solaire bas, 0,40 et plus bas, sont appelés vitrage de « contrôle solaire » : ils limitent les entrées de la chaleur du rayonnement solaire.

### Dans la pratique

Issue d'un calcul basé sur des mesures réalisées sur tous les constituants du vitrage, la valeur du facteur solaire d'un vitrage peut être indiquée par le fabricant dans sa documentation.

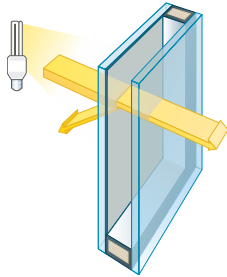
## ► La transmission lumineuse $T_l$

### Définition :

La transmission lumineuse  $T_l$  caractérise la fraction de la lumière incidente qui est transmise par le verre. La transmission lumineuse ne caractérise pas le rayonnement de chaleur transmis par le vitrage mais uniquement la transmission du rayonnement solaire visible (la lumière).



La transmission lumineuse TI s'exprime en pourcentage.



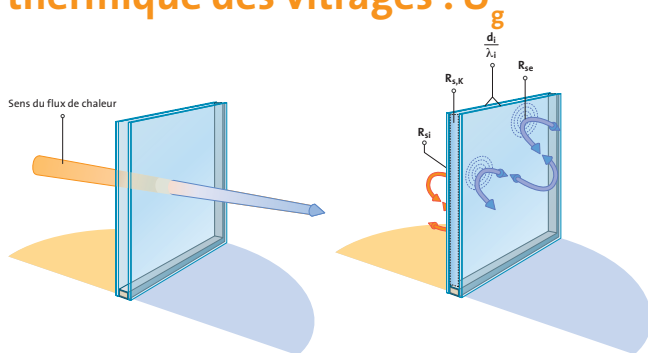
**Plus la transmission lumineuse TI est élevée plus le vitrage laisse passer la lumière.**

La transmission lumineuse d'un double vitrage standard à isolation thermique renforcée (ITR) est de l'ordre de 80%: cela signifie que 80% de la lumière entre dans la pièce. Les vitrages isolants qui ont une transmission lumineuse basse (inférieure à 70%), sont des vitrages de « contrôle solaire » : ils limitent un peu les entrées de lumière tout en diminuant fortement les entrées de chaleur du rayonnement solaire.

### Dans la pratique

Issue d'un calcul basé sur des mesures réalisées sur tous les constituants du vitrage, la valeur de transmission lumineuse d'un vitrage peut être indiquée par le fabricant dans sa documentation.

## ► Le coefficient de transmission thermique des vitrages : U<sub>g</sub>



### Définition :

Le coefficient de transmission thermique U<sub>g</sub> caractérise la quantité de chaleur s'échappant d'un vitrage (g pour glass/vitrage) de 1m<sup>2</sup> pour un différentiel de 1 degré. Il s'exprime en W/(m<sup>2</sup>.K)

Le coefficient de transmission thermique U<sub>g</sub> d'un vitrage

isolant se calcule en fonction des résistances thermiques :

- des différentes couches constituant le vitrage (dont les verres à couche de faible émissivité),
- de la lame d'air ou de gaz (Argon...),
- des résistances superficielles.

$$U_g = \frac{1}{\sum \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum R_{s,k} + R_{se} + R_{si}}$$

Avec :

d<sub>j</sub> : épaisseur du verre ou de la couche du matériau j (à l'exception de l'air ou du gaz), en m.

λ<sub>j</sub> : conductivité thermique du verre ou de la couche de matériau j, en W/(m.K).

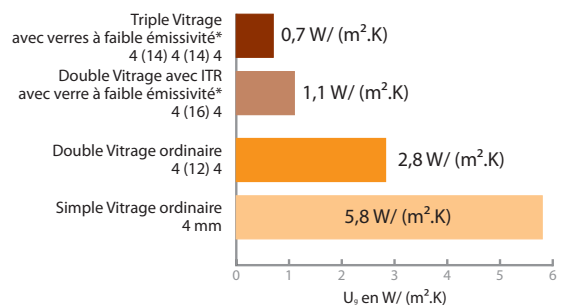
R<sub>s,k</sub> : résistance thermique de la lame d'air ou du gaz, en m<sup>2</sup>.K/W

R<sub>si</sub> et R<sub>se</sub> : résistances thermiques superficielles en m<sup>2</sup>.K/W.

**Plus le coefficient U<sub>g</sub> est faible moins il y a de déperdition ; plus le vitrage est performant thermiquement.**

### Dans la pratique

Le coefficient de transmission thermique du vitrage U<sub>g</sub> est calculé par le fournisseur qui doit indiquer cette valeur sur ses produits. De plus, pour garantir la fiabilité de l'information fournie au consommateur, la caractéristique peut faire l'objet d'une certification volontaire.



Exemple de valeurs de U<sub>g</sub> en fonction du type de vitrage  
Avec 4(16)4 = verre de 4 mm / 16 mm de gaz argon/ verre de 4 mm  
\*remplissage argon.

## ► Le coefficient surfacique moyen de la menuiserie : U<sub>f</sub>

### Définition :

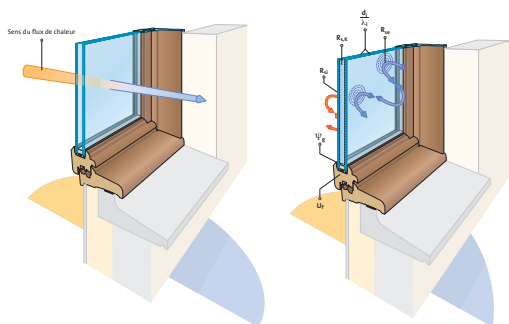
Le coefficient de transmission thermique moyen de la menuiserie U<sub>f</sub> caractérise la déperdition énergétique d'un cadre de menuiserie (f pour frame/ cadre). Il s'exprime en W/(m<sup>2</sup>.K).

### Dans la pratique

Ce coefficient est utilisé pour le calcul de la performance des fenêtres.

# Caractériser le bilan énergétique des vitrages et menuiseries

## ► Le coefficient de transmission thermique des fenêtres : $U_w$



### Définition :

Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre  $U_w$  caractérise la déperdition énergétique d'une fenêtre en prenant compte le vitrage ( $U_g$ ) le cadre ( $U_f$ ) et les ponts thermiques intégrés de la liaison vitrage/cadre  $\psi_g$  (w pour windows/fenêtre). Il s'exprime en  $W/(m^2.K)$

Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre  $U_w$  est le rapport entre les différents coefficients de transmission thermique du vitrage ( $U_g$ ) du cadre ( $U_f$ ) et du pont thermique intégré de la liaison vitrage/cadre  $\psi_g$  rapporté à la surface totale de la fenêtre.

$$U_w = \frac{U_g \times \text{surface vitrage} + U_f \times \text{surface cadre} + \psi_g \times \text{périmètre vitrage}}{\text{Surface totale fenêtre}}$$

Avec

$U_g$  : coefficient de transmission thermique au centre du vitrage (g pour glass) en  $W/(m^2.K)$ .

$U_f$  : coefficient de transmission thermique moyen du cadre de la fenêtre (f pour frame) en  $W/(m^2.K)$ .

$\psi_g$  : coefficient de transmission thermique linéique de liaison vitrage/cadre de la fenêtre qui combine les déperditions de l'intercalaire à la périphérie du vitrage l'isolant et du profilé.

**Plus le coefficient  $U_w$  est faible moins il y a de déperdition ; plus la fenêtre est performante thermiquement.**

### Dans la pratique

Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre  $U_w$  est calculé par le fabricant de menuiserie. Les fabricants doivent indiquer sa valeur sur leurs produits. De plus, pour garantir la fiabilité de l'information fournie au consommateur, la caractéristique peut faire l'objet d'une certification volontaire.

Il est aussi possible de réaliser le calcul la valeur de  $U_w$

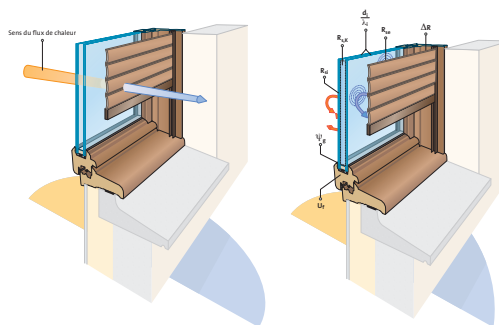
au moyen de la toute nouvelle version du logiciel de calcul Caluwin que SWISSPACER met gracieusement à la disposition de ses partenaires (téléchargeable sur [www.swisspacer.com](http://www.swisspacer.com)). Cette version comprend les fiches techniques relatives aux différents systèmes d'intercalaires. On y retrouve pour la première fois dans ce type de logiciel les valeurs Psi standard et représentatives du système, pouvant être appliquées dans le cadre de la déclaration du fabricant (marquage CE) relative à la valeur d'isolation thermique des fenêtres selon la norme EN 14351-1.

## ► Le coefficient des fenêtres équipées d'une fermeture extérieure : $U_{wf}$

### Définition :

Le coefficient de transmission thermique  $U_{wf}$  caractérise la déperdition énergétique d'une fenêtre équipée d'une fermeture extérieure mobile.

Il s'exprime en  $W/(m^2.K)$



$U_{wf}$  se calcule à partir du coefficient de transmission thermique de la fenêtre  $U_w$  et de la valeur de résistance thermique additionnelle  $\Delta R$  apportée par la fermeture.

$$U_{wf} = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_w} + \Delta R\right)}$$

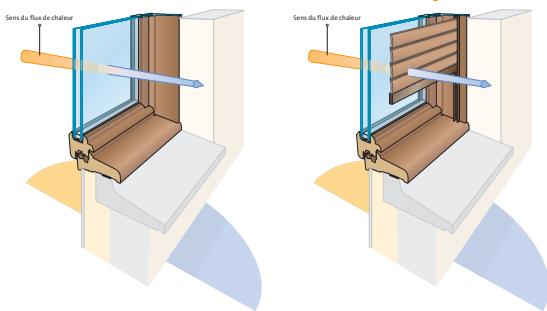
**Plus le coefficient  $U_{wf}$  est faible, plus l'ensemble fenêtre et fermeture est performant.**

### Dans la pratique

Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre  $U_{wf}$  peut être calculé au moyen de logiciels adaptés. Les fabricants peuvent indiquer sa valeur sur des produits type blocs-baies.



## ► Le coefficient de transmission thermique moyen jour-nuit d'une fenêtre avec fermeture : $U_{jn}$



### Définition :

Le coefficient de transmission thermique moyen  $U_{jn}$  caractérise la déperdition énergétique d'une fenêtre combinée à une fermeture au cours d'une journée (jour/nuit). Il s'exprime en  $W/(m^2.K)$

$$U_{jn} = \frac{U_w + U_{wf}}{2}$$

Le coefficient de transmission thermique moyen  $U_{jn}$  est la moyenne entre le coefficient de transmission thermique  $U_w$  de la fenêtre (pour le jour) et du coefficient  $U_{wf}$  qui caractérise la fenêtre équipée de sa fermeture extérieure (pour la nuit).

*Plus le coefficient  $U_{jn}$  est faible, plus l'ensemble fenêtre et fermeture est performant thermiquement.*

### Dans la pratique

Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre  $U_{jn}$  est calculé au moyen des valeurs transmises par le fabricant ou évalué avec des valeurs par défaut issues des règles Th.

### • La résistance thermique additionnelle des fermetures : $\Delta R$

#### Définition :

La résistance thermique additionnelle d'une fermeture caractérise l'opposition au transfert de chaleur apportée par l'ensemble fermeture - lame d'air ventilée. Elle s'exprime en  $m^2.K/W$ .

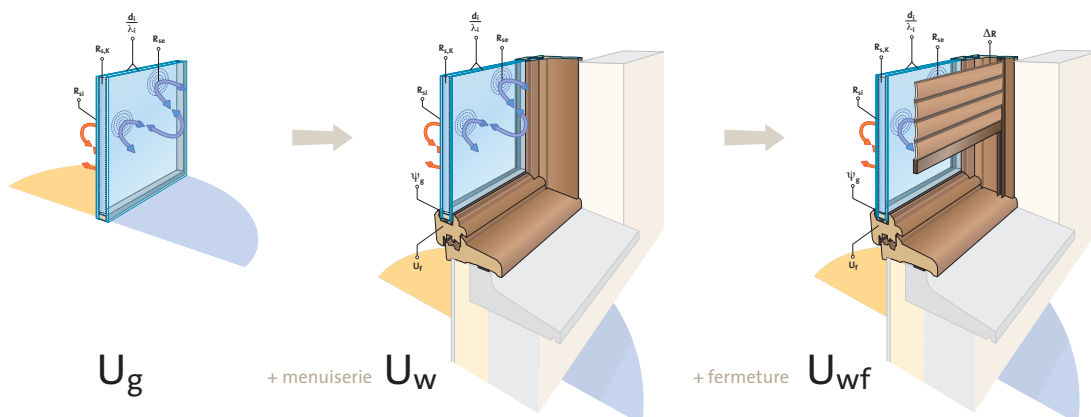
### Dans la pratique

Les valeurs de résistances thermiques additionnelles sont données par le fabricant de la fermeture, à défaut on utilise les valeurs suivantes données par les règles Th.

Fermetures	Type	$\Delta R$ en $m^2.K/W$
Jalousie accordéon, fermeture à lames orientables y compris les vénitiens extérieurs tout métal, volets battants ou persiennes avec ajours fixes	A	0,08
Fermeture sans ajours en position déployée, volets roulants Alu	B	0,14
Volet roulant PVC ( $e \leq 12mm$ ), persienne coulissante ou volet battant PVC, volet battant bois ( $e \leq 22mm$ )	C	0,19
Persienne coulissante PVC et volet battant bois ( $e > 22mm$ , volet roulant PVC $e > 12mm$ )	D	0,25

Valeurs par défaut issues des règles Th-U - Fascicule 3 : Parois vitrées

## Résumé des principaux coefficients qui permettent de caractériser les performances thermiques d'une paroi vitrée et de sa fermeture :



# Les formations Saint-Gobain

21 sociétés\* du Groupe Saint-Gobain associent aujourd'hui, leur expertise pour vous accompagner dans vos démarches de conception, de construction, de rénovation et de vente

## Une offre complète et segmentée

Plus de 70 stages vous sont proposés répondant à 10 thématiques spécifiques :

- Systèmes constructifs
- Façades et menuiseries extérieures
- Isolation et étanchéité
- Aménagement intérieur et finitions
- Protection incendie
- Génie climatique
- Energies renouvelables
- Canalisation et systèmes
- Réglementations et solutions
- Vente

Notre offre de formation s'articule autour de 3 grands axes :

### ► La formation à la mise en œuvre

*Pour s'initier, se perfectionner, se spécialiser dans un métier.*

Principalement dédiées aux artisans et entreprises, ces formations traitent de thématiques variées allant de l'enveloppe du bâtiment, à l'aménagement intérieur, en passant par les finitions et les énergies renouvelables.

### ► La formation à la conception d'un habitat durable

*Pour comprendre, appliquer, se conformer aux réglementations en vigueur.*

Destinés en priorité aux décideurs et prescripteurs, ces stages détaillent les réglementations spécifiques et relatives à chaque métier ou type d'ouvrages. Ils présentent les solutions et innovations des sociétés du groupe Saint-Gobain.

### ► La formation à la vente des produits et systèmes

*Pour argumenter, convaincre ses clients pour monter en gamme et améliorer son mix.*

## Une offre unique sur le marché

L'originalité et l'exclusivité de notre offre réside dans la complémentarité des systèmes et solutions proposés par les différentes marques du Groupe. Cette approche globale et transversale vise la montée en compétences de toute la filière du bâtiment. Elle donne une vision claire et pratique des solutions disponibles pour imaginer et concevoir l'habitat d'aujourd'hui à demain.

Que vous soyez artisan, entreprise, négociant en matériaux ou prescripteur (bureau d'études ou de contrôle, architecte, économiste de la construction, maître d'ouvrage,...), vous trouverez au fil de notre offre de formation des programmes adaptés à vos besoins.



SAINT-GOBAIN - BP 161 - 354, rue de Meaux - 93410 Vaujours

Organisme de formation Enregistré sous le numéro\* 11 78 8171878

\*Cet enregistrement ne vaut pas agrément de l'État



Structure  
du bâti

Aménagement  
intérieur

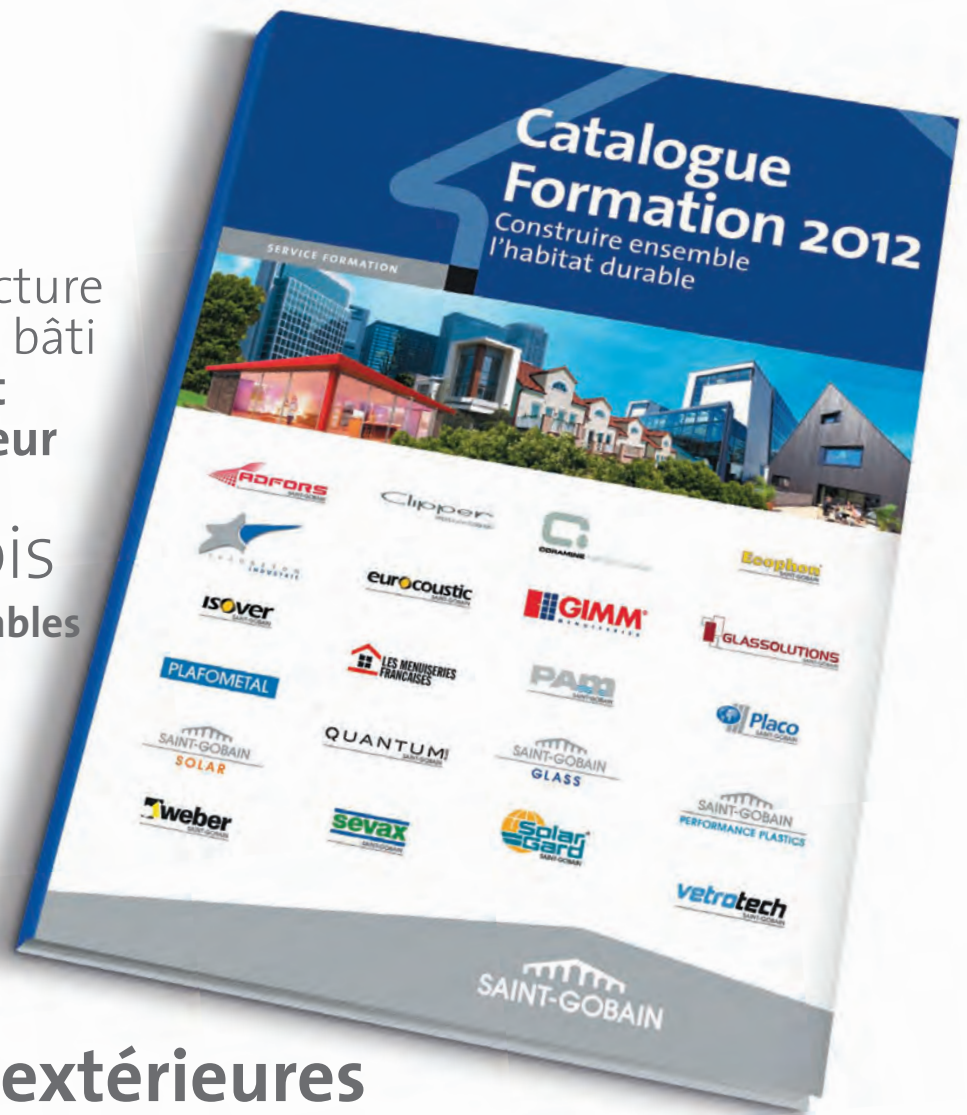
Maison  
ossature bois  
Énergies renouvelables

Isolation  
par l'extérieur  
par l'intérieur

Menuiseries  
intérieures

**Menuiseries extérieures**

Protection Solaire  
Canalisations



\* Adfors • Clipper Coramine • Ecophon • Eurobeton industrie • Eurocoustic • GIMM • Glassolutions • Isover • Les menuiseries françaises • PAM • Placoplatre • Plafometal • Quantum • Saint-Gobain Glass • Saint-Gobain performance plastics • Saint-Gobain Solar • Sevax • Solar Gard • Vetrotech • Weber

**Pour plus d'informations** sur l'offre de formation Saint-Gobain :  
[service-formation@saint-gobain.com](mailto:service-formation@saint-gobain.com) | [www.construireavecsaint-gobain.fr](http://www.construireavecsaint-gobain.fr)

**N°Azur 0 810 440 440**  
 PRIX APPEL LOCAL



www.adfors.com



www.clipper.fr  
www.amenagementtertiaire.fr



www.coramine.com  
www.amenagementtertiaire.fr



www.ecophon.fr



www.eurobeton-industrie.com



www.eurocoustic.com



www.gimm.fr  
Tél : 04.74.64.54.44



SAINT-GOBAIN  
BP 161  
354, rue de Meaux  
93410 Vaujours

www.construireavecsaint-gobain.fr

► N° Azur 0 810 440 440  
PRIX APPEL LOCAL



www.glassolutions.fr

Assistance technique :  
► N° Indigo 0 820 810 820  
0,118 € TTC / MN



www.isover.fr  
www.toutsurlisolation.com

Assistance technique :  
► N° Indigo 0 825 00 01 02  
0,15 € TTC / MN



Tél : 03.25.30.52.00



www.pamline.fr  
www.pamelixair.com



www.placo.fr  
www.toutplaco.com

Assistance technique :  
► N° Indigo 0 825 023 023  
0,15 € TTC / MN



www.plafometal.com



www.quantumglass.com



www.saint-gobain-glass.com

Assistance technique :  
► N° Indigo 0 820 810 820  
0,118 € TTC / MN



www.plastics.saint-gobain.com



www.saint-gobain-solar.com



www.sevax.com



www.solargard.fr



www.vetrotech.com



www.weber.fr

Centre de renseignements  
techniques :

► N° Indigo 0 820 00 33 00  
0,12 € TTC / MN

