

## VITRAGE HR : VITRAGE À HAUT RENDEMENT

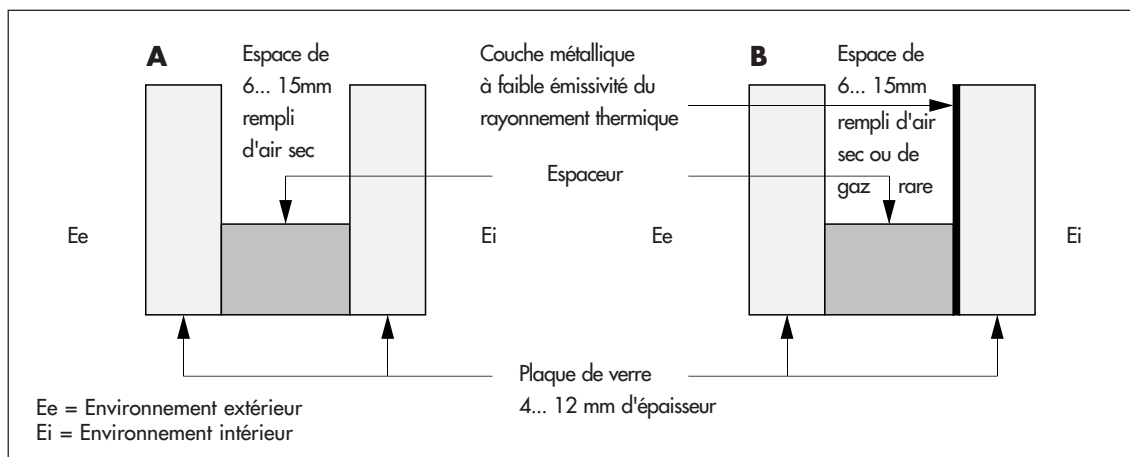


Les réglementations relatives à l'isolation thermique en vigueur en Région flamande (depuis le 01.09.1992) et en Région wallonne (depuis le 01.12.1996) exigent, pour les constructions neuves comme pour les rénovations, que la valeur  $U$  ( $k_f$ ) de la fenêtre dans son ensemble (c.-à-d. menuiserie avec vitrage et effet de bord) ne dépasse pas la valeur maximale de  $3,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Cela signifie qu'il faut utiliser au moins un double vitrage ordinaire. Dans la Région Bruxelles-Capitale, on impose, pour les fenêtres, l'exigence  $U$  ( $k_f$ )  $\leq 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , et ce à partir du 24.01.2000. Ceci implique l'utilisation du vitrage HR. Le présent Digest fournit des explications concernant le vitrage HR, un vitrage qui possède des performances énergétiques nettement supérieures et assure un meilleur confort que le double vitrage ordinaire, pour un rapport qualité-prix positif.

### 1 LE VITRAGE : BREF HISTORIQUE

Jusqu'au début des années 70, l'utilisation du simple vitrage (épaisseur 4...19 mm) était chose courante dans la plupart des habitations et bâtiments du secteur tertiaire. Le double vitrage n'était utilisé que pour le meilleur confort thermique qu'il procurait. Depuis les crises pétrolières de 1973 et 1979, les économies d'énergie tiennent l'avant de la scène et l'on place couramment du double vitrage 'ordinaire' dans la menuiserie extérieure. Le double vitrage 'ordinaire' est, dans la plupart des cas, constitué de deux plaques de verre (4...6 mm

d'épaisseur) séparées par un espace de 6...15 mm, rempli d'air sec (figure 1). L'isolation thermique en est considérablement améliorée. L'isolation thermique est exprimée par la valeur  $k$  ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ) (au niveau international, on utilise actuellement le symbole  $U$ ): l'isolation thermique est d'autant meilleure et les déperditions thermiques à travers la fenêtre sont d'autant plus faibles que la valeur  $U$  ( $k$ ) est peu élevée. En cas de vitrages composés, on parle de valeur centrale  $k_{vc}$  (au niveau international  $U$ ), c.-à-d. de la valeur  $k$  de la partie centrale, sans tenir compte des déperditions périphériques via les espaces. Le tableau 1 indique les valeurs  $U$  ( $k$ ) de différents vitrages.



**Fig. 1**  
A. Composition d'un double vitrage ordinaire  
B. Composition d'un double vitrage avec couche à faible émissivité et remplissage de gaz.

**Tableau 1** Caractéristiques typiques de différents vitrages.

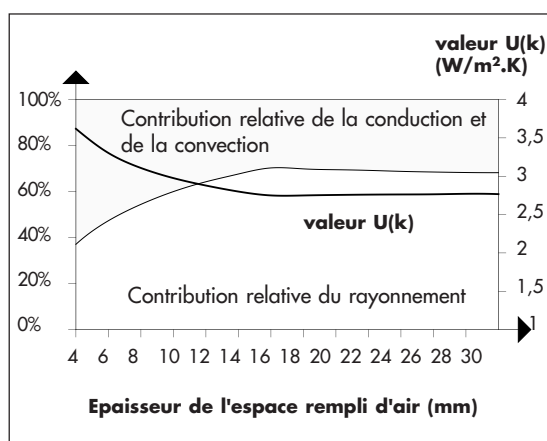
DESCRIPTION	EPAISSEUR (mm)	COMPOSITION (mm)	POIDS (kg/m <sup>2</sup> )	U (k <sub>vc</sub> ) (W/m <sup>2</sup> .K)	g (FS) (-)	τ <sub>v</sub> (FL) (-)
Simple vitrage	4...6		10...15	5,7	0,85	0,90
Double vitrage clair	20	4-12-4	20	2,9	0,75	0,80
Triple vitrage clair	28	4-8-4-8-4	30	2,1	0,67	0,73
Quadruple vitrage	46	4-10-4-10-4-10-4	40	1,3	0,59	0,66
Vitrage HR (méthode I) avec remplissage d'air	23	4-15-4	20	1,6	0,65	0,79
Vitrage HR (méthode II) avec gaz rare	23	4-15-4	20	1,1	0,60	0,75

La valeur U (k) beaucoup plus basse d'un double vitrage ordinaire ( $U(k_{vc}) = 2,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$  avec un espace d'air sec de 12 mm d'épaisseur) par rapport à celle d'un simple vitrage ( $U(k_{vc}) = 5,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ) ne provient pas de l'utilisation d'une plus grande quantité de verre, mais du fait de la création d'un espace. Ce dernier, rempli d'air sec (pour éviter la condensation interne), est responsable d'environ 70 % de l'isolation thermique.

La transmission de chaleur dans cet espace se produit par rayonnement et par conduction et, dans le cas d'espaces plus larges, également par convection. La figure 2 montre l'influence de l'épaisseur de l'espace rempli d'air sur la contribution du rayonnement par rapport à la conduction et à la convection, et sur la valeur U ( $k_{vc}$ ) du double vitrage. La valeur U ne semble plus s'améliorer à partir du moment où l'espace atteint 16 mm, car les courants de convection augmentent dans le creux.

Le double vitrage ordinaire a toujours un coefficient d'isolation nettement moins bon qu'une toiture ou un mur isolés. On peut même dire qu'un mur creux non isolé (valeur k d'environ  $1,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ) isole beaucoup mieux qu'un double vitrage ordinaire.

**Fig. 2**  
Influence de l'épaisseur de l'espace rempli d'air sur la valeur U ( $k_{vc}$ )



Il est possible d'améliorer la valeur U ( $k_{vc}$ ) du vitrage en ajoutant une troisième, voire une quatrième plaque de verre. Comme on le voit au tableau 1, on obtient ainsi des valeurs U ( $k_{vc}$ ) un peu plus basses, mais également une augmentation de l'épaisseur totale et du poids du vitrage. En outre, les transmissions solaire et lumineuse diminuent.

## 2 VITRAGE HR : VITRAGE À HAUT RENDEMENT

Pour améliorer encore la valeur U ( $k_{vc}$ ), on applique une très mince couche métallique transparente, à faible émissivité du rayonnement thermique, sur l'une des plaques de verre, du côté de l'espace rempli d'air. Au lieu de remplir cet espace au moyen d'air sec, on peut le remplir avec un gaz rare. Lorsque la couche métallique, le remplissage de gaz et la composition totale du vitrage conduisent à une valeur U ( $k_{vc}$ )  $< 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , on parle de vitrage à haut rendement, ou vitrage HR.

A première vue, un vitrage HR a le même aspect qu'un double vitrage ordinaire : deux plaques de verre séparées par un espace (figure 1B). C'est surtout la couche métallique et, ensuite, le gaz rare qui ont un impact important sur les déperditions thermiques, tandis qu'ils influencent également d'autres performances.

### RÉDUIRE LES PERTES PAR RAYONNEMENT

La couche métallique transparente a un faible coefficient d'émission  $\epsilon$  des rayonnements à grande longueur d'onde (c.-à-d. la chaleur), de sorte qu'une plus faible quantité de rayonnement thermique peut traverser la couche métallique. Le reste est refléchi vers l'intérieur et réfléchi.

De ce fait, les déperditions thermiques à travers le vitrage diminuent fortement.

On distingue deux méthodes pour appliquer la couche métallique :

- ◆ *par pyrolyse*  
Un coating est appliqué en plusieurs couches par chauffage. Le résultat en est un coating d'oxyde métallique "dur"; valeur  $\epsilon$  typique : 0,16.
- ◆ *par pulvérisation*  
Ce coating est appliqué à l'aide d'un procédé de pulvérisation cathodique renforcée par effet magnétique sous vide très poussé. Il se crée de la sorte un coating métallique "tendre". Il existe deux méthodes de pulvérisation : abstraction faite des considérations techniques, la méthode I permet d'obtenir des valeurs  $\epsilon$  inférieures à 0,10, alors que la méthode II conduit à des valeurs  $\epsilon$  de 0,04 maximum.

Ce genre de coating métallique produit une amélioration importante de la valeur  $U$  (k). La valeur  $\epsilon$  d'un coating appliqué par pyrolyse est généralement un peu plus élevée que celle obtenue par pulvérisation; sa valeur  $U$  (k) est donc, elle aussi, un peu plus élevée. Par ailleurs, la pyrolyse augmente légèrement les propriétés de transmission solaire, alors que la pulvérisation améliore la transmission lumineuse.

On obtient de la sorte, en cas d'utilisation d'espaces de 12 mm, des valeurs  $U$  ( $k_{vc}$ ) de l'ordre de 1,8 ... 2 W/m<sup>2</sup>.K.

#### ESPACE REMPLI DE GAZ À POUVOIR ISOLANT ACCRU

Une autre possibilité pour améliorer l'isolation thermique du vitrage consiste à remplacer l'air sec par un gaz au pouvoir isolant accru. Quelques gaz rares entrent en ligne de compte à cet effet, notamment l'argon, le krypton et le xénon.

En pratique, on utilise surtout l'argon pour des raisons de coût. L'influence du gaz utilisé est moins importante que celle du revêtement métallique.

Il va sans dire que l'espacement a son importance. On le voyait déjà sur la figure 2 relative au double vitrage ordinaire. Il vaut mieux ne pas envisager un espacement inférieur à 9 mm et donner la préférence à un espacement de 12 ou 15 mm (solution courante).

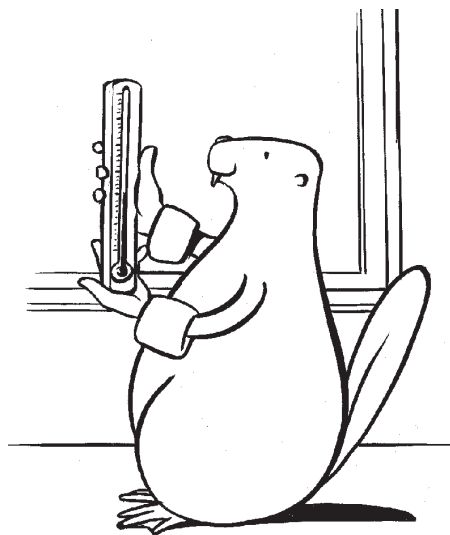
## 3 AUTRES PERFORMANCES

### 3.1 DÉPERDITIONS THERMIQUES

Le tableau 2 récapitule les valeurs  $U_g$  ( $k_{vc}$ ) pour différents espacements et différentes compositions du verre.

### 3.2 GAINS SOLAIRES

Les gains solaires à travers un vitrage HR sont inférieurs de quelques pourcent à ceux d'un double vitrage ordinaire. On trouve généralement les valeurs les plus élevées pour la transmission énergétique globale du rayonnement solaire (FS ou g, voir



**Tableau 2** Valeurs  $U$  ( $k_{vc}$ ) du double vitrage ordinaire et de différents vitrages HR.

Remplissage de l'espace	Deux plaques de verre de 4, 5 ou 6 mm et ...				
	Air sec	Air sec	Air sec	Argon	
Coating	Néant	Pyrolyse	Pulvérisation I	Pulvérisation I	Pulvérisation II
Espacement 9 mm	3,2	~2,2	~2,1	~1,8	~1,5
Espacement 12 mm	2,9	~2,0	~1,8	~1,5	~1,3
Espacement 15 mm	2,8	~1,8	~1,6	~1,4	~1,1

**Tableau 3** Valeurs  $g$  ou FS et FL (arrondies sous incidence perpendiculaire).

Vitrage	Valeur $g$ (FS) (-)	Valeur $\tau_v$ (FL) (-)
Aucun vitrage	1	1
Simple vitrage (4 mm)	0,85	0,90
Double vitrage ordinaire	0,75	0,80
Vitrage HR à coating pyrolytique	0,74	0,74
Vitrage HR à coating par pulvérisation I	0,67	0,79
Vitrage HR à coating par pulvérisation II	0,60	0,75

tableau 3) en présence de coatings pyrolytiques, et des valeurs un peu inférieures en présence de coatings appliqués par pulvérisation.

### 3.3 LUMIÈRE DU JOUR ET PERCEPTION DES COULEURS

Les vitrages HR laissent un peu moins pénétrer la lumière du jour que les doubles vitrages ordinaires. La valeur  $\tau_v$  (transmission lumineuse absolue) le montre bien dans le tableau 3. Le vitrage HR à coating sous vide présente des performances un peu meilleures que lorsque le coating a été réalisé par pyrolyse.

Le coating peut cependant provoquer une certaine différence dans la perception des couleurs par rapport au double vitrage ordinaire. Il est d'ailleurs conseillé d'étudier attentivement l'aspect visuel si l'on désire combiner différents types de vitrages dans la même façade.

### 3.4 CONFORT THERMIQUE

Comme le vitrage HR confère une meilleure isolation thermique, la température superficielle est significativement plus élevée sur la face intérieure du vitrage (*saison de chauffe*).

On peut le voir au tableau 4, qui compare les différentes températures superficielles. Le confort thermique s'améliore considérablement, surtout à proxi-

mité des fenêtres, et on peut éventuellement baisser un peu le thermostat.

En *situation estivale*, il faut tenir compte des gains solaires susceptibles de provoquer une surchauffe. Même si les gains solaires sont, ici aussi, légèrement inférieurs en présence d'un vitrage HR, l'émission de chaleur dans l'environnement diminue également, en raison de l'amélioration de l'isolation thermique. Il est donc préférable de maintenir la surface vitrée dans des proportions raisonnables.

### 3.5 CONDENSATION

Comme la température superficielle du vitrage HR est plus élevée du côté intérieur, le risque de condensation superficielle est pratiquement négligeable. On n'observera une condensation temporaire à la surface du vitrage que dans les locaux insuffisamment ventilés à haute production d'humidité, comme la salle de bains p. ex. (la condensation démarre sur le pourtour du vitrage à la suite des pertes de chaleur supplémentaires au droit de l'espaceur).

En principe, toute condensation est impossible entre les plaques de verre. La garantie du fabricant est d'ailleurs d'application sur ce point.

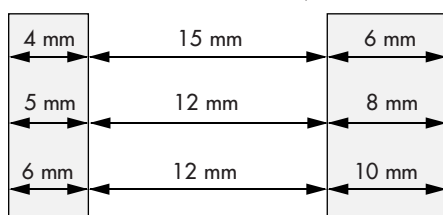
La condensation n'est pas visible sur le vitrage mais se déposera ailleurs (sur la surface la plus froide, le linteau, ...) lorsque la ventilation est insuffisante.

**Tableau 4** Températures superficielles à l'intérieur ( $T_i = 22\text{ °C}$ ,  $T_e = -10\text{ °C}$ ).

TYPE DE VITRAGE	TEMPÉRATURE SUPERFICIELLE
Simple vitrage	-1,2 °C
Double vitrage ordinaire	10,6 °C
Vitrage HR, $U = 1,9\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	15,2 °C
Vitrage HR, $U = 1,4\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	16,4 °C
Vitrage HR, $U = 1,1\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	17,6 °C

**Fig. 3**

Exemples de vitrages ayant des propriétés d'isolation acoustique



Dans certaines conditions atmosphériques (humidité élevée de l'air et ciel serein, généralement au lever du jour) et avec certaines orientations du vitrage, une condensation peut apparaître un certain temps à l'extérieur du vitrage (généralement dans la zone centrale du vitrage, plutôt qu'aux bords).

Ceci ne cause pas de problèmes structurels. Il faut plutôt le considérer comme une indication de la très bonne isolation thermique procurée par le vitrage.

### 3.6 ISOLATION ACOUSTIQUE

Les performances acoustiques du vitrage HR sont parfaitement identiques à celles du vitrage double ordinaire en cas d'utilisation d'air sec dans l'espace. Par contre, le remplissage au moyen de certains gaz permet d'atteindre une meilleure isolation acoustique que par l'utilisation d'air sec. Tout comme pour le double vitrage ordinaire, on peut améliorer l'atténuation sonore en utilisant différentes épaisseurs de verre (figure 3) et/ou du vitrage feuilleté avec un film en PVB ou de la résine.

Une bonne isolation acoustique dépend non seulement du vitrage mais encore de la qualité acoustique globale de la façade et de ses différents composants. Une bonne étanchéité à l'air est essentielle à cet égard.

### 3.7 CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Une meilleure isolation thermique se traduit par une réduction notable des déperditions thermiques. Même si l'on observe une légère baisse des gains solaires, celle-ci est, dans la plupart des cas, négligeable par rapport à la diminution des déperditions thermiques. Le bilan global est incontestablement positif. La réduction effective de la consommation d'énergie du bâtiment est fonction d'un grand nombre de paramètres : niveau de température dans l'habitation, types de locaux chauffés, rendement de l'installation de chauffage, ...

## Grandes fenêtres et niveau K

Pour une surface vitrée identique, le vitrage HR permet donc d'améliorer sensiblement le degré d'isolation du bâtiment. Il faut cependant mettre en garde contre l'usage de fenêtres démesurément grandes.

Même si la valeur k du vitrage HR présente une amélioration sensible par rapport à celle du double vitrage ordinaire, les fenêtres restent pourtant des surfaces du mur moyennement isolées. Des vitrages dont la valeur k soit inférieure à  $0,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (une valeur facile à obtenir avec un mur creux isolé) ne sont pas encore économiquement disponibles. Si l'on veut satisfaire aux exigences du niveau d'isolation thermique globale K et du confort thermique, la prudence s'impose donc à l'égard des grandes surfaces vitrées.

## Surfaces vitrées et confort d'été

La modération se justifie également du point de vue du confort d'été. En effet, les grandes surfaces vitrées donnent lieu à une surchauffe, si elles ne sont pas suffisamment protégées du rayonnement solaire intense. Un vitrage vertical orienté au sud peut être protégé, l'été, par un élément structurel (saillie, ...). Pour les autres orientations, un pare-soleil extérieur mobile est indiqué : store à enroulement, marquise, volet mécanique, ... L'application irréfléchie d'une surface vitrée excessive peut provoquer un grand inconfort dû à une forte surchauffe. Les solutions du type climatisation entraînent, pour leur part, une consommation supplémentaire d'énergie en été.



## 4 DEPERDITIONS THERMIQUES A TRAVERS LES FENETRES

La valeur  $U$  ( $k_f$ ) d'une fenêtre n'est pas déterminée uniquement par la valeur  $U$  ( $k$ ) au centre du vitrage ( $U$  ou  $k_{vc}$ ) mais également par la valeur  $U$  ( $k_{ch}$ ) de la menuiserie et la valeur linéaire  $\Psi$  ( $k_L$ ) des espaceurs. La valeur  $k_f$  de la fenêtre se calcule selon les prescriptions de la norme NBN B 62-002 et tient compte de la valeur  $k$  au centre du vitrage ( $k_{vc}$ ), de la menuiserie ( $k_{ch}$ ) et au centre de l'espaceur ( $k_L$ ).

Les valeurs  $k_{ch}$  peuvent être mesurées dans un dispositif appelé "hot box-cold box", mais il existe des valeurs forfaitaires pour les châssis courants. Celles-ci sont données dans la norme NBN B 62-004.

Les valeurs  $\Psi$  ( $k_L$ ) peuvent, quant à elles, être calculées pour différents types de vitrages, mais, ici encore, il existe des valeurs forfaitaires utilisables avec les espaceurs métalliques classiques. Ces valeurs forfaitaires sont données dans le tableau 5. L'influence de ces pertes périphériques par les espaceurs métalliques est d'autant plus grande que la surface du vitrage est petite. Sur les très petites dimensions (inférieures à 0,3 m), l'effet du vitrage HR est pratiquement annihilé. Étant donné les développements qui se font jour dans plusieurs pays, il n'est pas exclu que, durant les années à venir, on trouvera également en Belgique des vitrages possédant des espaceurs plus isolants.

Dans les habitations unifamiliales et les immeubles à appartements comprenant un maximum de cinq logements, il n'est pas nécessaire de calculer les valeurs  $A_v$  et  $A_{ch}$  pour chaque fenêtre et l'on peut se contenter de valeurs forfaitaires. Les formules suivantes peuvent être utilisées à cet effet :

- pour les châssis métalliques :  

$$U_f = 0,75 U_{vc} + 0,25 U_{ch} + 3 \Psi$$
- pour les autres châssis :  

$$U_f = 0,70 U_{vc} + 0,30 U_{ch} + 3 \Psi.$$

On peut ainsi calculer les valeurs  $k_f$  pour différentes combinaisons de menuiserie et de vitrage.

**Tableau 5**

Valeurs  
 $\Psi$  ( $k_L$ )  
 forfaitaires  
 pour les  
 espaceurs.

MENUISERIE	VITRAGE	VALEUR $\Psi$ ( $k_L$ ) (W/m.K)
Châssis métalliques sans coupure thermique	Tous les vitrages	0,00
Autres châssis	$U_{vc} > 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$	0,05
	$U_{vc} \leq 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$	0,07

Le tableau 6 présente les valeurs pratiques de  $U$  ( $k_f$ ) pour les fenêtres composées de divers matériaux et vitrages.

## 5 BILAN FINANCIER DU VITRAGE HR

En comparaison du double vitrage ordinaire, le vitrage HR présente plusieurs avantages évidents. Sans doute le prix d'achat du vitrage HR est-il supérieur à celui du vitrage ordinaire. A un surcoût du vitrage s'oppose une économie au niveau de la consommation d'énergie et une amélioration du confort thermique.

Une simple analyse des coûts et des profits n'est pas évidente; l'économie réelle dépend, entre autres, du schéma d'occupation, du rendement de l'installation de chauffage, du prix de l'énergie (gaz naturel, mazout, électricité, ...).

De plus, les prix peuvent évoluer de façon importante. Globalement, sur la durée de vie moyenne du vitrage, le bilan financier du vitrage HR est positif par rapport au double vitrage ordinaire.

## 6 POSE ET ENTRETIEN

La pose du vitrage HR est entièrement identique à celle du double vitrage ordinaire. Il faut toutefois veiller à bien l'orienter : la face interne du vitrage est différente de la face externe à cause de l'emplacement du coating à faible émissivité. Celui-ci est indiqué sur le vitrage par le fabricant. Pour les exigences relatives à la pose du double vitrage, il y a lieu de se référer à la norme NBN S 23-002.

L'entretien ne pose pas non plus de problèmes spécifiques. Et, en ce qui concerne les conditions de garantie, la responsabilité décennale du fabricant s'applique toujours.



**Tableau 6** Valeurs pratiques de  $U$  ( $k_f$ ) avec calcul simplifié.

RENFORT	BOIS	PVC				ALUMINIUM						PUR
		1 LOCAL		PLUSIEURS LOCAUX		PAS DE COUPURE THERMIQUE	COUPURE THERMIQUE				INTERRUPTION PONCTUELLE	
		AUCUN	METAL	AUCUN	METAL		(1)	(2)	(3)	(4)		
$k_{ch}$	<b>1,8</b>	<b>2,8</b>	<b>3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,7</b>	<b>6</b>	<b>4,2</b>	<b>3,9</b>	<b>3,8</b>	<b>3,5</b>	<b>4,8</b>	<b>2,9</b>
$k_{vc}$ $\alpha$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,7
<b>0,8</b>	1,31	1,61	1,67	1,22	1,28	2,31	1,86	1,79	1,76	1,69	2,01	1,64
<b>0,9</b>	1,38	1,68	1,74	1,29	1,35	2,39	1,94	1,86	1,84	1,76	2,09	1,71
<b>1</b>	<b>1,45</b>	<b>1,75</b>	<b>1,81</b>	<b>1,36</b>	<b>1,42</b>	<b>2,46</b>	<b>2,01</b>	<b>1,94</b>	<b>1,91</b>	<b>1,84</b>	<b>2,16</b>	<b>1,78</b>
<b>1,1</b>	1,52	1,82	1,88	1,43	1,49	2,54	2,09	2,01	1,99	1,91	2,24	1,85
<b>1,2</b>	1,59	1,89	1,95	1,50	1,56	2,61	2,16	2,09	2,06	1,99	2,31	1,92
<b>1,3</b>	1,66	1,96	2,02	1,57	1,63	2,69	2,24	2,16	2,14	2,06	2,39	1,99
<b>1,4</b>	1,73	2,03	2,09	1,64	1,70	2,76	2,31	2,24	2,21	2,14	2,4	2,06
<b>1,5</b>	1,80	2,10	2,16	1,71	1,77	2,84	2,39	2,31	2,29	2,21	2,54	2,13
<b>1,6</b>	1,87	2,17	2,23	1,78	1,84	2,91	2,46	2,39	2,36	2,29	2,61	2,20
<b>1,7</b>	1,94	2,24	2,30	1,85	1,91	2,99	2,54	2,46	2,44	2,36	2,69	2,27
<b>1,8</b>	2,01	2,31	2,37	1,92	1,98	3,06	2,61	2,54	2,51	2,44	2,76	2,34
<b>1,9</b>	2,08	2,38	2,44	1,99	2,05	3,14	2,69	2,61	2,59	2,51	2,84	2,41
<b>2</b>	<b>2,09</b>	<b>2,39</b>	<b>2,45</b>	<b>2,00</b>	<b>2,06</b>	<b>3,15</b>	<b>2,70</b>	<b>2,63</b>	<b>2,66</b>	<b>2,59</b>	<b>2,85</b>	<b>2,42</b>
<b>2,1</b>	2,16	2,46	2,52	2,07	2,13	3,23	2,78	2,70	2,74	2,66	2,93	2,49
<b>2,2</b>	2,23	2,53	2,59	2,14	2,20	3,30	2,85	2,78	2,81	2,74	3,00	2,56
<b>2,3</b>	2,30	2,60	2,66	2,21	2,27	3,38	2,93	2,85	2,89	2,81	3,08	2,63
<b>2,4</b>	2,37	2,67	2,73	2,28	2,34	3,45	3,00	2,93	2,96	2,89	3,15	2,70
<b>2,5</b>	2,44	2,74	2,80	2,35	2,41	3,53	3,08	3,00	3,04	2,96	3,23	2,77
<b>2,6</b>	2,51	2,81	2,87	2,42	2,48	3,60	3,15	3,08	3,11	3,04	3,30	2,84
<b>2,7</b>	2,58	2,88	2,94	2,49	2,55	3,68	3,23	3,15	3,19	3,11	3,38	2,91
<b>2,8</b>	2,65	2,95	3,01	2,56	2,62	3,75	3,30	3,23	3,26	3,19	3,45	2,98
<b>2,9</b>	2,72	3,02	3,08	2,63	2,69	3,83	3,38	3,30	3,34	3,26	3,53	3,05
<b>3</b>	<b>2,79</b>	<b>3,09</b>	<b>3,15</b>	<b>2,70</b>	<b>2,76</b>	<b>3,90</b>	<b>3,45</b>	<b>3,38</b>	<b>3,41</b>	<b>3,34</b>	<b>3,60</b>	<b>3,12</b>
<b>3,1</b>	2,86	3,16	3,22	2,77	2,83	3,98	3,53	3,45	3,49	3,41	3,68	3,19
<b>3,2</b>	2,93	3,23	3,29	2,84	2,90	4,05	3,60	3,53	3,56	3,49	3,75	3,26
<b>3,3</b>	3,00	3,30	3,36	2,91	2,97	4,13	3,68	3,60	3,64	3,56	3,83	3,33
<b>3,4</b>	3,07	3,37	3,43	2,98	3,04	4,20	3,75	3,68	3,71	3,64	3,90	3,40
<b>3,5</b>	3,14	3,44	3,50	3,05	3,11	4,28	3,83	3,75	3,79	3,71	3,98	3,47

(a) rapport surface vitrée/surface de fenêtre  
 (1), (2), (3), (4) : divers types d'isolation thermique ; pour la définition, voir NBN B 62-002

## 7 RECONNAISSANCE

La plupart des vitrages disposent d'un agrément technique (label ATG) octroyé par l'UBATc, l'Union Belge pour l'Agrément technique dans la construction. Ce label garantit les prestations mentionnées sur l'attestation d'agrément.

Grâce à la référence de l'ATG, il est en principe possible de vérifier les caractéristiques du vitrage.

Cette référence est souvent gravée sur l'espaceur du vitrage. Les caractéristiques thermiques sont parfois indiquées ( $U$  ou  $k_{vc}$ ). Dans le cas contraire, la valeur  $U$  ou  $k_{vc}$  peut être calculée selon la norme NBN-EN 673 à partir de la composition (voir l'ATG) et de la largeur de l'espace.


Ces données sont également très importantes dans le cadre du contrôle de l'application des règlements thermiques.


## BRUXELLES

### Siège social


 Rue de la Violette 21-23  
1000 Bruxelles


direction générale

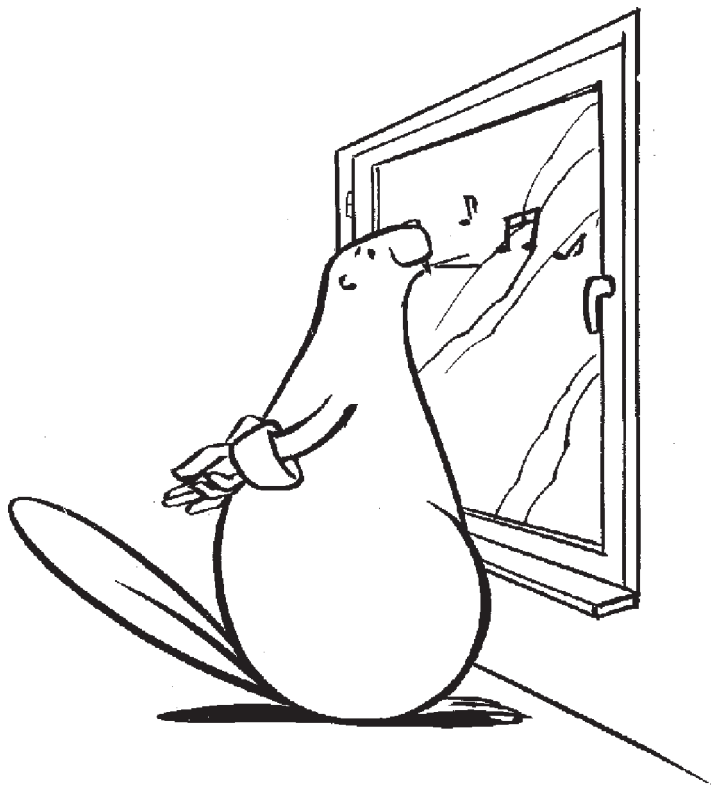
 02/502 66 90

 02/502 81 80

publications


 02/511 33 14


 02/511 09 00




## ZAVENTEM

### Bureaux

 Lozenberg 7  
1932 St-Stevens-Woluwe  
(Zaventem)


 02/716 42 11


 02/725 32 12


avis techniques – communication – qualité  
informatique appliquée construction  
techniques de planification  
développement & innovation

## LIMELETTE

### Station expérimentale

 Avenue Pierre Holoffe 21  
1342 Limelette

 02/655 77 11

 02/653 07 29

recherche  
laboratoires  
formation  
documentation  
bibliothèque



[http://www.bbri.be/antenne\\_norm/](http://www.bbri.be/antenne_norm/)

*Ce Digest est publié dans le cadre de l'action Antenne Normes "Energie et climat intérieur" du CSTC, avec l'appui du ministère des Affaires économiques.*

Editeur responsable : Carlo De Pauw  
D/1999/0611/11