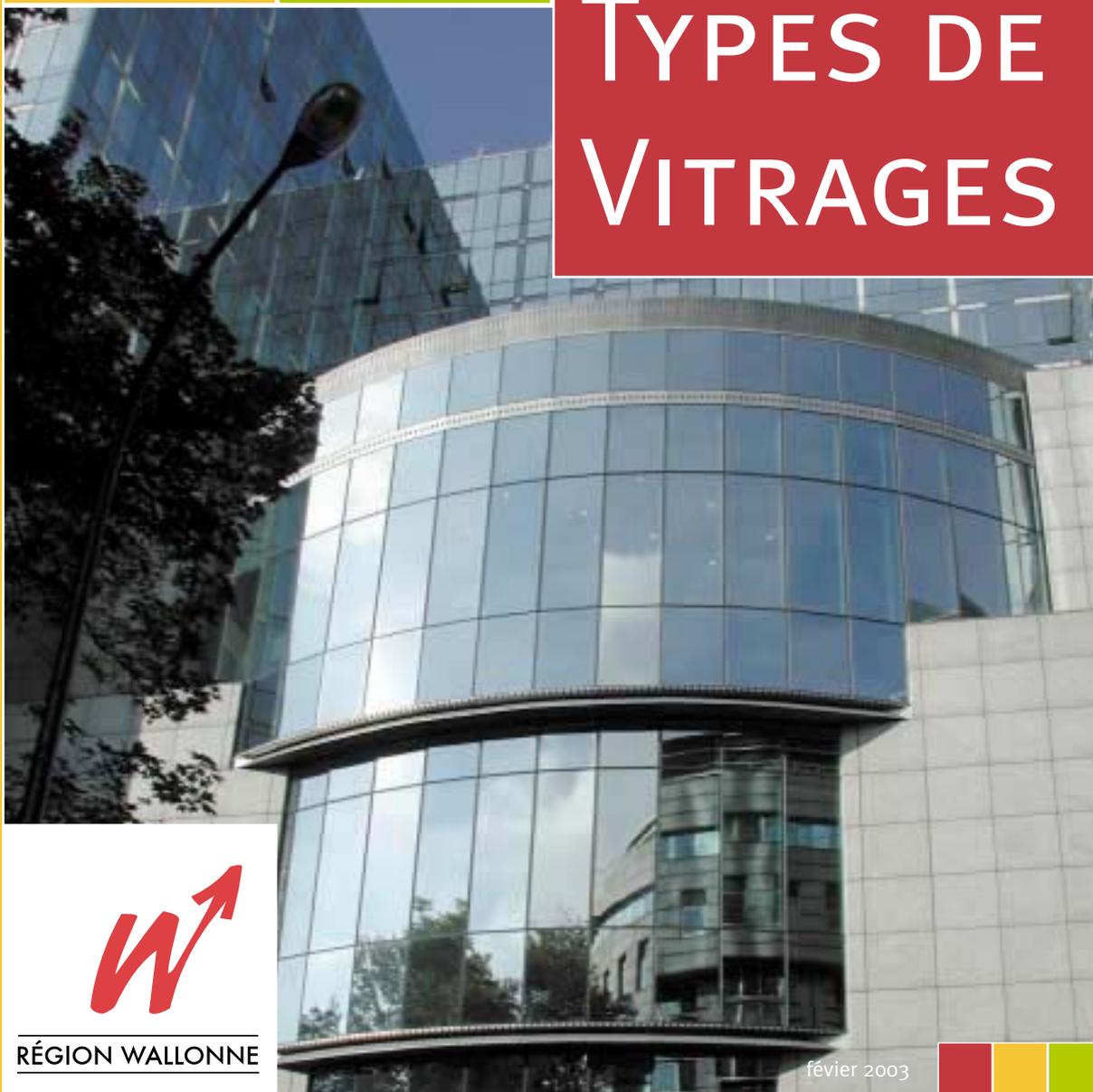


RÉINVENTONS  
L'ÉNERGIE

# TYPES DE VITRAGES



RÉGION WALLONNE

février 2003





## SOMMAIRE

**P2 Introduction**

**P3 L'influence des vitrages sur la consommation d'énergie**

**P4 Les principaux types de vitrages**

- Le simple vitrage (verre recuit)
- Le vitrage réfléchissant (pour le contrôle solaire)
- Le verre armé
- Le verre trempé
- Le verre durci
- Le verre feuilleté
- Le double vitrage
- Le vitrage à basse émissivité (ou à haut rendement)
- Le double vitrage à isolation acoustique renforcée
- Le vitrage chromogène
- Le triple vitrage

**P7 Les caractéristiques des vitrages**

- Du point de vue de l'isolation thermique
- Du point de vue du contrôle solaire
- Du point de vue de l'éclairage naturel et de la protection contre l'éblouissement
- Du point de vue de l'acoustique
- Du point de vue de la sécurité
- Du point de vue de la résistance au feu

**P10 Tableau récapitulatif des caractéristiques des principaux vitrages**

**P11 Les prix des vitrages (estimation châssis non compris)**

**P12 Informations pratiques**

**P15 Bibliographie**

## INTRODUCTION

D'abord destinés aux fenêtres, les vitrages habillent aujourd'hui les façades et signent la modernité de grands projets architecturaux : le verre est aussi un matériau high tech, fonctionnel et raffiné, jouant pleinement ou discrètement de ses qualités de transparence.

Le verre ferme l'espace intérieur en permettant la vision, l'éclairage et le captage de l'énergie solaire. Au-delà de la transparence, les nouveaux vitrages doivent remplir d'autres fonctions : thermique, acoustique, esthétique, sécuritaire. Le choix d'un vitrage dépendra donc des performances à atteindre relativement à ces fonctions, pour assurer le confort des occupants, au moindre coût.





## L'INFLUENCE DES VITRAGES SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE



**L'influence du choix du vitrage sur les consommations énergétiques se caractérise principalement par les trois critères suivants :**

### **L'ISOLATION THERMIQUE**

L'enveloppe extérieure d'un bâtiment doit limiter les pertes de chaleur en hiver et protéger de la radiation solaire en été. Cet objectif dépend des caractéristiques de transmission thermique des parois par conduction, convection et rayonnement. En moyenne, 20 % des déperditions thermiques de l'enveloppe se font par les fenêtres. Les vitrages doivent donc être associés à l'isolation thermique. Plus le vitrage est isolant, plus les déperditions thermiques seront réduites et plus la température de la face intérieure du vitrage sera élevée, assurant ainsi le confort thermique pour une température de l'air intérieur plus faible.

### **LA LUMIÈRE NATURELLE**

Le vitrage permet de laisser passer le plus de lumière naturelle possible afin de réduire le recours à un éclairage artificiel durant la journée. Sans pour cela entraîner des problèmes d'éblouissement, l'utilisation de la lumière naturelle peut ainsi être optimisée.

### **LES APPORTS SOLAIRES**

Le vitrage doit contrôler le rayonnement entrant afin de limiter, voire d'éviter les dépenses en énergie de refroidissement en été. En effet, l'excès des apports solaires peut provoquer une surchauffe des locaux et donc l'inconfort des habitants qui auront alors tendance à recourir à la climatisation. Il faut cependant veiller à ne pas trop limiter les apports solaires afin de pouvoir encore bénéficier de cette énergie gratuite en hiver. C'est pourquoi on parle de gestion des apports solaires.





## LES PRINCIPAUX TYPES DE VITRAGES

### ■ LE SIMPLE VITRAGE (VERRE RECUIT)

Il est constitué d'un verre clair ou coloré obtenu par coulage sur bain d'étain en fusion. Il est le produit de base pour former les doubles vitrages, les vitrages thermiques, feuilletés, armés, durcis, trempés, etc.



### ■ LE VITRAGE RÉFLÉCHISSANT (POUR LE CONTRÔLE SOLAIRE)

Ce type de vitrage est obtenu en déposant par pyrolyse une couche à base de silice sur un verre clair ou sur un verre teinté. La couche qui s'intègre parfaitement au verre lui apporte ses propriétés de contrôle solaire et son aspect très réfléchissant.

Pour garantir une meilleure longévité à la façade et bénéficié de toutes les qualités du produit, la face traitée doit être positionnée vers l'intérieur. Les performances thermiques varient selon les différentes teintes.

### ■ LE VERRE ARMÉ

C'est un verre dans lequel on a incorporé, lors de la phase de fabrication, un treillis métallique destiné à maintenir les morceaux de verre en place en cas de bris mais ne participant pas à la résistance mécanique ou thermique.

Les performances de ce type de vitrage sont les mêmes que celles d'un simple vitrage.

### ■ LE VERRE TREMPÉ

Il s'agit d'un verre ayant subi un traitement thermique de renforcement augmentant considérablement sa résistance aux contraintes mécaniques et d'origine thermique (différence de températures pouvant aller jusqu'à 200 °C).

En cas de bris, le verre se fragmente en petits morceaux non coupants minimisant ainsi les risques de blessures profondes.

*L'accroissement de la résistance aux chocs permet à un verre de 8 mm de résister à la chute d'une bille d'acier de 500 g tombant d'une hauteur de 2 m. La même bille entraîne le bris d'un verre non trempé de 8 mm pour une hauteur de chute de 0,3 m [6].*

Les propriétés de contrôle solaire restent les mêmes que ceux du produit de base.

Le tableau ci-après [8] donne une comparaison des résistances mécaniques entre différents types de verre.

### ■ LE VERRE DURCI

C'est un verre ayant subi un traitement thermique particulier augmentant sensiblement sa résistance aux contraintes d'origine mécanique ou thermique.

Ce verre est appelé durci ou parfois semi-trempé.

Ce traitement ne peut être réalisé que sur des verres d'épaisseur inférieure ou égale à 10 mm.

En cas de bris, ces vitrages se fragmentent en morceaux de grandes dimensions.

Ce type de vitrage présente des caractéristiques de résistance supérieures à celles d'un vitrage recuit mais inférieures à celle des vitrages trempés (voir tableau ci-dessous – biblio.[8]).

*Les vitrages durcis ne sont pas considérés comme des vitrages de sécurité et ne peuvent être employés tels quels pour cet usage.*

TYPE DE VERRE	RÉSISTANCE A LA FLEXION [N/MM <sup>2</sup> ]	RÉSISTANCE A LA TRACTION [N/MM <sup>2</sup> ]	TAUX DE TRAVAIL [N/MM <sup>2</sup> ]
Verre recuit	41,2	10	16,5
Verre durci <sup>(1)</sup>	93	23	31
Verre trempé	196	50	49

<sup>(1)</sup> Seuls les verres durcis porteurs d'un agrément technique (ATG) peuvent avoir des valeurs de calcul différentes de celles du verre recuit.

### ■ LE VERRE FEUILLETÉ

Il est composé de deux ou plusieurs feuilles de verre assemblées à l'aide d'un ou plusieurs films plastiques (en général du butyral de polyvinyle : PVB) ou de résines. Après la mise en place des composants, l'adhérence parfaite est obtenue par traitement thermique sous pression. Après la trempe, le verre feuilleté ne peut plus être coupé, scié, percé ou façonné.

En cas de bris du vitrage, le ou les films PVB retiennent les fragments de verre en place. En faisant varier le nombre ou l'épaisseur de chacun des constituants, on obtient des vitrages feuilletés de caractéristiques différentes pour répondre à tous les types de sollicitations.

Les films PVB peuvent être clairs, opalins ou, pour certaines applications, colorés.

*Le verre feuilleté possède une nomenclature propre qui permet de reconnaître sa composition. Deux chiffres (minimum) indiquent l'épaisseur (en mm) des feuilles de verre et sont suivis, après interposition d'un point, d'un chiffre donnant le nombre de films plastiques placés entre deux feuilles de verre [8].*

*Exemples :*

*- un vitrage 66.2 correspond à deux feuilles de verre de 6 mm d'épaisseur séparées par deux feuilles de PVB de 0,38 mm d'épaisseur chacune ;*

*- Un vitrage 4/12/66.2 correspond à un double vitrage composé d'un vitrage feuilleté 66.2, d'un espace de 12 mm rempli d'air et d'un verre simple de 4 mm d'épaisseur.*

*NB : le vitrage est noté de l'extérieur vers l'intérieur.*

### ■ LE DOUBLE VITRAGE

Le double vitrage consiste à enfermer entre deux verres une lame d'air déshydraté ou un gaz améliorant l'isolation thermique (souvent de l'argon). Les deux verres sont séparés par un intercalaire en aluminium ou en acier. L'étanchéité périphérique est assurée par des joints organiques. Des agents déshydratants sont contenus dans l'intercalaire.

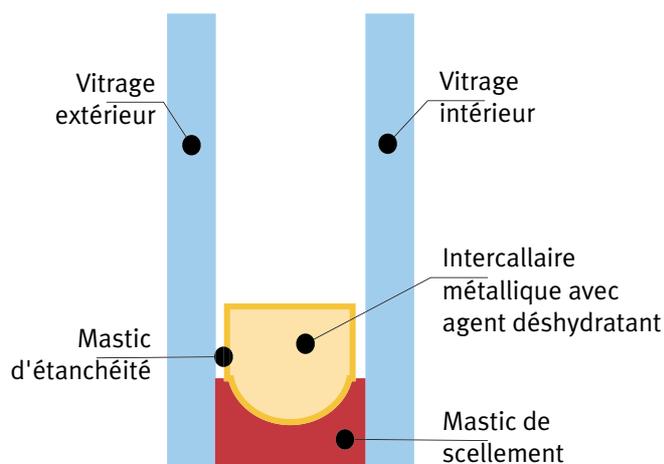
### ■ LE DOUBLE VITRAGE À ISOLATION ACOUSTIQUE RENFORCÉE

Selon la performance souhaitée, on utilisera :

- soit un double vitrage intégrant des composants verriers d'épaisseurs différentes (double vitrage asymétrique) ;
- soit, pour encore améliorer l'isolation acoustique, un double vitrage intégrant un vitrage feuilleté.

### ■ LE TRIPLE VITRAGE

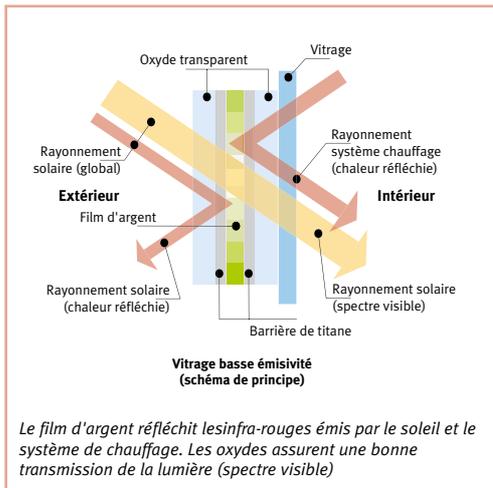
Il est possible d'améliorer la valeur U du vitrage en ajoutant une troisième, voire une quatrième plaque de verre. On obtient alors un meilleur pouvoir isolant, mais également une augmentation de l'épaisseur totale et du poids du vitrage. En outre les transmissions solaire et lumineuse diminuent.



**Double vitrage  
(schéma de principe)**

Double vitrage et  
verre feuilleté





### ■ LE VITRAGE À BASSE ÉMISSIVITÉ (OU À HAUT RENDEMENT)

Afin d'empêcher le vitrage de réémettre, par rayonnement, trop d'énergie vers l'extérieur, le double vitrage dit "à basse émissivité" a les mêmes caractéristiques que le double vitrage, si ce n'est qu'une couche peu émissive de métaux nobles a été déposée, par pulvérisation cathodique, sur la face intérieure de la feuille de verre extérieure (ou sur la face extérieure de la feuille de verre intérieure). La couche peu émissive doit être obligatoirement placée à l'intérieur du double vitrage.

Ce dispositif lui confère une résistance thermique renforcée, tout en laissant pénétrer un maximum d'apports solaires.

Au lieu de remplir l'espace entre les deux verres au moyen d'air sec, on peut aussi le remplir avec un gaz rare (argon ou parfois même du krypton, qui sont des gaz plus visqueux et ainsi thermiquement plus isolants que l'air).

Lorsque la pulvérisation d'une couche d'oxydes métalliques, le remplissage de gaz et la composition totale du vitrage conduisent à une valeur U inférieure à  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , on parle de vitrage à haut rendement, ou vitrage HR.

Les gains solaires à travers un vitrage HR sont inférieurs de quelques pour-cent à ceux d'un double vitrage ordinaire. Les vitrages HR laissent un peu moins pénétrer la lumière du jour que les doubles vitrages ordinaires. Les performances acoustiques du vitrage HR sont parfaitement identiques à celles du double vitrage 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.

### ■ LE VITRAGE CHROMOGÈNE

Le double vitrage chromogène offre la propriété d'être tantôt translucide, tantôt opalin, au choix, permettant ainsi une intimité variable.

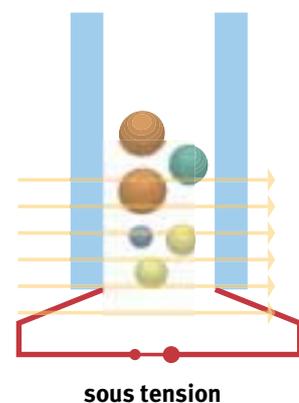
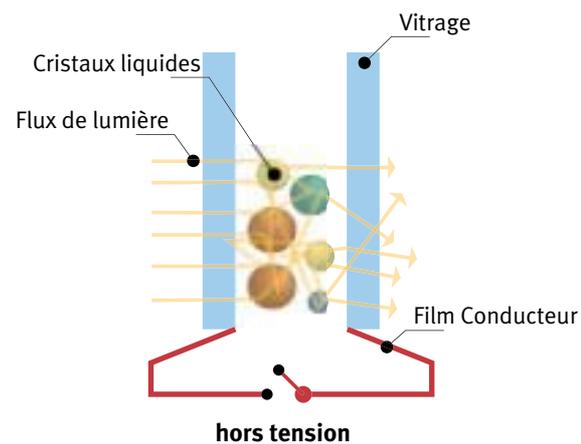
Ce type de vitrage est composé de deux verres entre lesquels est placé un film dont les deux faces sont recouvertes d'une couche métallique parfaitement transparente conductrice d'électricité. Des cristaux liquides sont emprisonnés dans ce film et les deux couches sont reliées à un conducteur électrique.

- Lorsque aucune tension électrique n'est imposée au système, les cristaux liquides ne

sont pas alignés et leur position désordonnée entraîne une diffusion de la lumière dans toutes les directions : le vitrage apparaît alors d'un blanc laiteux, opaque à la vision.

- Par contre, dès qu'un champ électrique est établi entre les deux couches métalliques, les cristaux liquides s'alignent et le verre devient transparent.

### Vitrage chromogène



## LES CARACTÉRISTIQUES DES VITRAGES

### ■ DU POINT DE VUE DE L'ISOLATION THERMIQUE

#### - Le coefficient de transmission thermique

L'isolation thermique s'exprime par le coefficient de transmission thermique  $U$  [ $W/m^2K$ ]. Ce coefficient caractérise la transmission de chaleur au travers d'une paroi, de surface égale à  $1 m^2$ , séparant deux ambiances dont les températures diffèrent de  $1 K$ .

La valeur  $U$  d'un simple vitrage est calculée en fonction des résistances thermiques d'échange, de l'épaisseur du verre et de sa conductivité thermique.

La valeur  $U$  d'un vitrage multiple est calculée en faisant, en plus, intervenir la résistance thermique  $R_s$  des différentes lames d'air ou de gaz, placées entre les vitrages.

*Plus le coefficient de transmission thermique du vitrage est bas, plus le vitrage est isolant.*

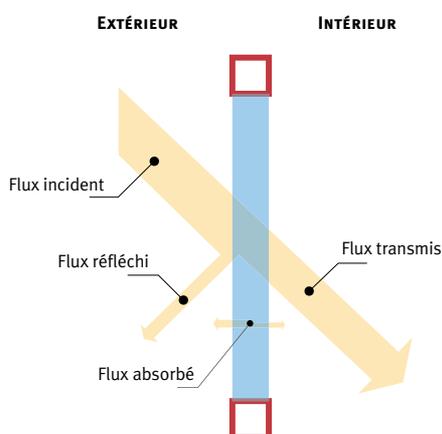
La performance énergétique dépend du nombre de vitrages et de leurs caractéristiques, ainsi que de la présence et de la nature du gaz situé entre les vitrages.

### ■ DU POINT DE VUE DU CONTRÔLE SOLAIRE

Lorsque le rayonnement solaire frappe une paroi vitrée, une partie sera réfléchiée, une partie sera absorbée puis réémise et le reste sera directement transmis. Ce rayonnement direct transmis à l'intérieur des locaux est partiellement absorbé par les parois qui s'échauffent et est ensuite

réémis dans toutes les directions. Le vitrage étant pratiquement opaque au rayonnement réémis, celui-ci reste piégé à l'intérieur du local, y entraînant une augmentation de la température. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre.

#### - Le facteur solaire $g$



Le facteur solaire  $g$  est le rapport entre l'énergie totale entrant dans le local à travers le vitrage et l'énergie solaire incidente. L'énergie totale entrant dans le local par le vitrage est égale à la somme de l'énergie entrant par transmission directe et de l'énergie cédée par le vitrage à l'ambiance intérieure à la suite de son échauffement par absorption énergétique (flux transmis + flux absorbé réémis vers l'intérieur).

*Plus le facteur solaire  $g$  est grand, plus la quantité d'énergie solaire qui pénètre dans le bâtiment est élevée.*

### ■ DU POINT DE VUE DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL ET DE LA PROTECTION CONTRE L'ÉBLOUISSEMENT

De même, lorsque la lumière visible du soleil est interceptée par une paroi (la moitié du rayonnement solaire nous parvient sous la forme de lumière visible), une partie de lumière est réfléchiée vers l'extérieur, une partie est absorbée par les matériaux et une partie est transmise à l'intérieur.

#### - Le facteur de transmission lumineuse ou Facteur Lumineux Absolu FLA

Le facteur de transmission lumineuse ou facteur lumineux absolu FLA <sup>[2]</sup> est la fraction de rayonnement lumineux incident qui traverse le vitrage. Ce facteur prend non seulement en compte la distribution énergétique spectrale du rayonnement solaire mais aussi la sensibilité spectrale de l'œil humain.

*Plus le facteur de transmission lumineuse absolu FLA est grand, plus la quantité de lumière qui pénètre dans le bâtiment est importante.*

Le choix du vitrage dépendra non seulement de la quantité de lumière nécessaire pour éclairer l'environnement et pour permettre l'activité prévue sans provoquer d'éblouissement, mais aussi de la quantité d'énergie admissible pour éviter les surchauffes en été.



Un facteur solaire réduit (favorable en été) entraîne une diminution plus ou moins importante du facteur lumineux absolu. Le choix du vitrage sera donc un compromis déterminé en fonction des produits disponibles, sur base d'une étude des facteurs solaire et facteur lumineux optimaux et de l'effet esthétique recherché.

*L'indice d'affaiblissement acoustique R augmente lorsque :*

- l'épaisseur du vitrage augmente ;
- il y a un mélange gazeux spécial dans l'intercalaire du vitrage ;
- les vitrages doubles sont asymétriques (un des vitrages est d'une épaisseur supérieure).

### ■ DU POINT DE VUE DE L'ACOUSTIQUE

L'enveloppe d'un bâtiment doit présenter une résistance acoustique pour atteindre le niveau de bruit admissible à l'intérieur. La résistance d'un mètre carré d'un élément de construction contre le passage du bruit aérien se caractérise par un spectre d'indices d'affaiblissement. Une information plus abrégée est donnée par **l'indice d'affaiblissement acoustique R** qui caractérise les qualités acoustiques d'une paroi, c'est-à-dire la différence de niveaux sonores qui règnent de part et d'autre de

cette paroi pour un spectre donné. Cet indice est exprimé en décibel dB(A) ou dB(W).

### ■ DU POINT DE VUE DE LA SÉCURITÉ

Les éléments de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment doivent être suffisamment solides, résister à un démantèlement rapide et répondre à certaines conditions pour éviter les dégâts en cas de bris.

#### - La sécurité à l'effraction

Les remèdes pour lutter contre l'effraction sont multiples et peuvent être complémentaires. En ce qui concerne le vitrage, les aspects principaux intervenant dans ce type de protection sont les suivants :

- Le type de vitrage :
  - le verre trempé résiste le mieux aux impacts mais se brise en morceaux (non coupants) ;
  - le verre armé possède un treillis métallique qui retient les morceaux de verre en place ; sa résistance mécanique n'est cependant pas meilleure que celle d'un vitrage normal ;
  - le verre feuilleté reste en place en cas de bris et empêche le passage des personnes ou des objets. Le degré de protection contre l'effraction offert par le vitrage est principalement fonction du nombre de couches de film plastique PVB (voir tableau suivant).
- La pose du vitrage : en général, le vitrage feuilleté est placé du côté intérieur.
- La fixation des parclozes :

elles doivent avoir une interface suffisamment grande avec le cadre et être placées du côté intérieur pour ne pas être facilement démontées.

#### - La protection contre les blessures et les chutes

Lorsque seul le risque de blessure doit être évité, il faut que le bris de verre ne libère pas de morceaux susceptibles de provoquer des blessures. Si, en outre, la protection contre les chutes est exigée, il faut empêcher un effacement du vitrage.

- Pour assurer une protection contre les blessures, on recourt à des verres de sécurité tels que les verres trempés car ils fragmentent en petits morceaux sans arêtes coupantes. Les verres feuilletés peuvent également convenir. Par contre, le verre armé est proscrit car sa fragmentation ne correspond pas aux exigences précitées.
- Pour assurer une protection contre les chutes, seuls les verres feuilletés peuvent être utilisés.

Le tableau ci-contre <sup>[8]</sup> établit les degrés de protection anti-effraction et donne le nombre de couches PVB à utiliser dans un vitrage feuilleté (épaisseur de chaque feuille PVB : 0,38 mm).

*La norme NBN EN 356 <sup>[4]</sup> précise l'utilisation et la localisation recommandée des vitrages de sécurité.*



TYPES DE PROTECTION	DEGRE DE PROTECTION ANTI-EFFRACTION	NOMBRE MIN. DE COUCHES PVB	ENDROITS CONCERNES	CLASSIFICATION SELON NBN S23-002
Sécurité des personnes	Protection contre les blessures par des morceaux de verre brisés et coupants et contre le risque de chute dans le vide par bris ou par effacement du vitrage	2	Chocs contre un vitrage	
Protection contre le vandalisme	Protection contre le vandalisme non organisé	3	Rez -de-chaussée d'une habitation Étalages de magasins présentant des risques limités	I
	Protection contre le cambriolage	4	Étalages de magasins présentant des risques limités	
Ralentissement d'effraction	Protection renforcée contre le cambriolage organisé	6	Étalages de magasins présentant des risques élevés Vitrines de prisons, hôpitaux psychiatriques	II
	Haut niveau de protection contre toutes formes d'agression à armes blanches	→ 6 en multifeuilletée	Étalages de magasins présentant de très hauts risques et/ou possédant des objets de très grande valeur.	III
Protection contre les armes feu et les explosions	La protection (des banques et bureaux de poste, par exemple) contre différents types d'armes à feu et explosifs est assurée par l'application de produits homologués ou spécialement mis au point à cet effet (composés de plus de deux panneaux de verre).			

### ■ DU POINT DE VUE DE LA RÉSISTANCE AU FEU

La résistance au feu (Rf) d'une paroi exprime la durée pendant laquelle trois critères restent satisfaits :

- la stabilité au feu ;
  - l'étanchéité aux flammes et aux gaz ;
  - l'échauffement réduit de la face non exposée de la paroi.
- Contrairement à la réglementation belge, le projet de norme européenne prEn 357-1 [3] donne une méthode de classification de la résistance au feu des éléments vitrés tenant compte séparément des notions de stabilité, d'étanchéité aux flammes et d'isolation thermique.

**- Les vitrages "pare-flamme"**  
Ces vitrages empêchent le pas-

sage de la flamme.

- Le verre armé se brise mais il reste en place grâce au treillis métallique. Il garde sa transparence et les fissures se ressoudent dès que la température de ramollissement est atteinte. Les flammes ne passent que lorsque le fluage est devenu tel que le verre sorte de la battée supérieure ; un verre armé de 6,5 mm peut être considéré pare-flamme 2 heures.

- Le verre trempé peut résister jusqu'à des températures de l'ordre de 200 °C.

#### - Les vitrages "coupe-feu"

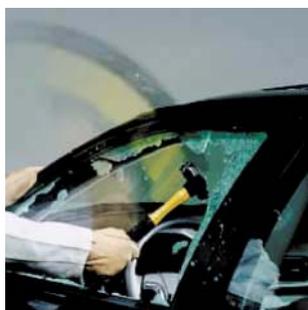
Ils empêchent l'embrassement de matériaux inflammables situés de l'autre côté du vitrage. Ces vitrages sont certifiés "coupe-feu" pour des temps déterminés Rf 30 minutes,

Rf 60 minutes, Rf 90 minutes.

- Le verre feuilleté avec gel aqueux : en cas d'incendie, le gel aqueux se transforme sous l'action de la chaleur et libère de la vapeur d'eau ; le gel devient alors opaque et forme un écran isolant.

- Le verre feuilleté avec intercalaire intumescent : en cas d'incendie, l'intercalaire gonfle sous l'effet de la chaleur et se transforme en mousse isolante opaque qui réduit les échanges par convection et absorbe quasi intégralement le rayonnement.

*Plus le nombre de couches dans un vitrage est grand, plus sa résistance au feu est importante.*





## LES CARACTÉRISTIQUES DES VITRAGES

Type de vitrage		Épaisseur [mm]	Poids [Kg/m <sup>2</sup> ]	U <sub>vitrage</sub> [w/m <sup>2</sup> k]	Facteur solaire g	Facteur lumineux	R <sub>atr</sub> (1)	R <sub>a</sub> (2)
		2	5	5,9	0,88	0,91	-	-
		3	7,5	5,8	0,87	0,90	24	27
<b>simple vitrage</b>		4	10	5,8	0,85	0,90	27	29
<b>ordinaire ou trempé</b>		5	12,5	5,8	0,84	0,89	28	29
<b>ou armé ou durci</b>		6	15	5,7	0,82	0,89	29	30
		8	20	5,7	0,80	0,87	30	31
		10	25	5,6	0,78	0,86	31	32
		12	30	5,6	0,75	0,85	32	34
		15	37,5	5,5	0,72	0,84	33	35
<b>simple vitrage</b>	clair	6	15	5,7	0,50	0,32	29	30
<b>réfléchissant</b>	bronze	6	15	5,7	0,44	0,18	29	30
	gris	6	15	5,7	0,42	0,15	29	30
	rose	6	15	5,7	0,51	0,25	29	30
	vert	6	15	5,7	0,36	0,26	29	30
<b>Simple vitrage feuilleté</b>	33.1	6	15,5	5,7	0,79	0,89	30	31
	44.1	8	20,5	5,7	0,77	0,87	31	32
	55.1	10	25,5	5,6	0,75	0,86	32	33
	66.1	12	30,5	5,6	0,73	0,85	32	34
<b>Double vitrage</b>	4+6+4	14	20	3,3	0,75	0,81	27	29
	4+8+4	16	20	3,1	0,75	0,81	27	29
	4+12+4	20	20	2,9	0,76	0,81	27	30
	6+12+6	24	30	2,8	0,72	0,79	30	32
	6+15+6	27	30	2,7	0,72	0,79	28	32
	8+12+8	28	40	2,8	0,68	0,77	31	32
<b>Vitrage à basse</b>	4+12+4	20	20	1,8	0,64	0,76	27	30
<b>émissivité</b>	4+15+4	23	20	1,5	0,63	0,76	27	30
<b>(ou a haut rendement)</b>	6+12+6	24	30	1,7	0,61	0,74	30	32
<b>avec lame d'air</b>	6+15+6	27	30	1,5	0,61	0,74	28	32
<b>Vitrage à basse</b>	4+12+4	20	20	1,4	0,64	0,76	28	34
<b>émissivité</b>	4+15+4	23	20	1,3	0,63	0,76	28	34
<b>(ou à haut rendement)</b>	6+12+6	24	30	1,4	0,61	0,74	31	36
<b>avec argon</b>	6+15+6	27	30	1,3	0,61	0,74	29	36
<b>Double vitrage à</b>	6+12+33.1	24	30,5	2,8	0,71	0,79	32	36
<b>isolation acoustique</b>	8+6+33.1	20	35,5	3,2	0,68	0,78	34	37
<b>renforcée</b>	6+12+44.1	26	35,5	2,8	0,7	0,78	33	37
	8+6+44.1	22	40,5	3,2	0,67	0,77	35	38
	8+12+44.1	28	40,5	2,8	0,67	0,77	35	38
	10+12+44.1	30	45,5	2,8	0,65	0,76	37	41
<b>Vitrage chromogène</b>	On	11	27,5	5,7	0,63	0,75	35	36
	Off	11	27,5	5,7	0,64	0,74	35	36
<b>Triple vitrage</b>	4+8+4+8+4	28	30	2,1	0,67	0,73	?	?
<b>Vitrage réfléchissant</b>	6+12+6	24	30	2,8	0,4	0,7	30	32

(1) R<sub>A,tr</sub> = indice d'affaiblissement acoustique (dB) relatif au bruit (de même intensité dans toutes les fréquences)

(2) R<sub>A</sub> = indice d'affaiblissement acoustique (dB) relatif au bruit du trafic routier



## LES PRIX DES VITRAGES (ESTIMATION CHASSIS NON COMPRIS)

Les fourchettes de prix au m<sup>2</sup> mentionnés dans le tableau ci-dessous (établi sur la base de <sup>[9]</sup>), le sont à titre indicatif. Ils permettent une première estimation.

Les prix comprennent la fourniture et la mise en œuvre, hors TVA, pour le dernier trimestre de 2001. Ils concernent des ouvrages courants et sont à réajuster en fonction des conditions particulières au chantier. On consultera les fabricants pour obtenir des informations plus précises.



TYPES DE VITRAGE	COMPOSITION [mm]	PRIX [EUROS/m <sup>2</sup> ]	
		MIN.	MAX.
Simple vitrage	6	45	50
	12	110	130
Simple vitrage réfléchissant (clair)	6	95	105
Verre armé	6	35	37
Verre feuilleté	44.2	60	85
Vitrage RF 1/2 h	1/2 h	310	400
	1 h	570	620
Double vitrage (U = 2,9 W/m <sup>2</sup> K)	4+12+4	48	50
	6+12+6	52	57
Double vitrage basse émissivité avec gaz (U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K)	6+12+6	65	75
Double vitrage réfléchissant	6+12+6	145	150
Double vitrage acoustique	8+12+4 (38 dB)	115	120
	10+20+4 (41 dB)	125	130
Vitrage chromogène	11	2 480	2 975
Triple vitrage	28	80	85

## INFORMATIONS PRATIQUES

■ Pour fermer l'espace chauffé d'un bâtiment, **on évitera d'utiliser un simple vitrage** peu isolant, pouvant provoquer de la condensation.

■ Lors d'une nouvelle construction ou lors d'un remplacement dû à l'état de vétusté des châssis ou suite à un bris du vitrage, **il y a toujours intérêt à placer du double vitrage**. Dans ce cadre, un double vitrage basse émissivité est à recommander. Son surcoût sera rentabilisé par les économies d'énergie qu'il engendre.

En dehors du contexte d'un remplacement obligatoire, le remplacement d'un simple vitrage par un double vitrage n'est pas rentable aujourd'hui, vu le coût actuel de l'énergie. Cependant, il ne faut pas oublier l'incertitude qui pèse sur l'évolution de celui-ci et l'accroissement de confort engendré par un vitrage plus performant.

■ Cependant, **dans le cas particulier de la rénovation partielle d'une paroi, il faut tenir compte du fait que le simple vitrage contribue à l'équilibre hygrométrique** d'un local en constituant une surface où le phénomène de condensation se déroule de manière préférentielle.

Dans certains cas, la pose d'un double vitrage perturbe cet équilibre et peut entraîner la formation de condensation sur d'autres surfaces du local : elle peut favoriser le développement de certains champignons et moisissures. C'est pourquoi **la rénovation des fenêtres doit également intégrer l'amélioration de la ventilation, par exemple par le placement d'ouvertures d'amenée d'air réglables**.

■ **Les vitrages améliorés à basse émissivité ont des caractéristiques thermiques supérieures à celles du triple vitrage**. Leur encombrement et leur poids sont plus faibles et leur coût est en outre plus avantageux.

L'usage du triple vitrage est ainsi progressivement abandonné en Belgique.

■ **Le phénomène de condensation superficielle sur les vitrages isolants se présente sous trois formes :**

□ **Sur la face extérieure** : elle apparaîtra si la température régnant sur cette face du vitrage est nettement plus basse que la température de l'air extérieur et si le point de rosée de ce dernier est supérieur à la température du verre. La température superficielle à l'extérieur d'un vitrage est fonction :



Exemple d'application de vitrage chromogène – crédit Saint-Gobain

- du flux de chaleur venant de l'intérieur et traversant le verre ;
- de l'échange convectif avec l'air extérieur ;
- des pertes par rayonnement, essentiellement vers la voûte céleste.

Or, lorsque le ciel est dégagé la nuit, d'importantes déperditions thermiques se produisent vers la voûte céleste. De même, l'amélioration de l'isolation thermique implique une diminution du transfert de chaleur vers la surface extérieure : la surface vitrée extérieure est plus froide et le risque de condensation accru.

La condensation superficielle à l'extérieur des vitrages est donc un phénomène que l'on observe parfois la nuit et aux petites heures du matin sur des vitrages bien isolés, par temps dégagé et en absence de vent.



[1] : système sous tension

[2] : système hors tension (diffraction de la lumière)

□ **Sur les surfaces internes du vitrage isolant** : c'est une indication que la lame d'air ou la lame de gaz n'est plus étanche. Les agents déshydratants sont alors vite saturés et tout air humide pénétrant à travers le joint périphérique diminuera la visibilité par la formation de condensation sur les faces du double vitrage. Le vitrage isolant doit à ce moment être remplacé car ce processus est irréversible.

□ **Sur la face intérieure** : elle est essentiellement liée aux facteurs suivants :

- le climat extérieur ;
- la température de l'air intérieur ;
- la production d'humidité dans le bâtiment ;
- le débit de ventilation ;
- la température de surface de la paroi.

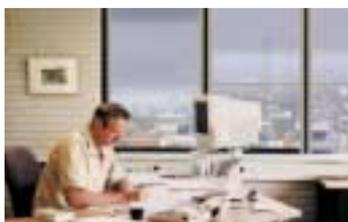
Le meilleur moyen pour limiter ce type de condensation

consiste donc à capter la vapeur d'eau à la source et à l'évacuer directement vers l'extérieur. Il y a lieu en outre de chauffer et surtout de ventiler suffisamment les locaux.

■ **L'apport solaire** par ce que l'on appelle "effet de serre" ne sera efficace que s'il est bien contrôlé (ventilation, protection solaire, stockage, etc.), faute de quoi il nuira au confort.

■ **Refroidir coûte plus cher que réchauffer** : on sera donc attentif à éviter les surchauffes quitte à limiter l'apport gratuit d'énergie en hiver.

Le contrôle solaire le plus efficace est obtenu par des dispositifs d'ombrages placés à l'extérieur (stores, marquises, volets, etc.). Leur mobilité éventuelle permet en outre un réglage de la transmission lumineuse et énergétique. Il vaut donc mieux utiliser des protections mobiles afin de pouvoir dégager la fenêtre lorsque le soleil est absent. Les protections fixes seront plutôt réservées aux pièces claires orientées au sud. Pour être efficace en été, une protection solaire doit arrêter 80 à 85 % de l'énergie transportée par les rayons solaires.



Les dispositifs d'ombrage nécessitent un entretien supplémentaire spécifique.

■ **Les vitrages de sécurité sont obligatoires en toiture ou lorsqu'il y a un risque de passage de personne ou d'objet à travers une paroi en verre.** Ils sont vivement conseillés dès qu'il y a risque de bris de verre (grandes baies vitrées partant du sol, portes vitrées, allèges vitrées, garde-corps vitrés).

Si une seule des vitres d'un double vitrage est feuilletée, celle-ci sera placée du côté où il y a risque de blessure (par exemple, la feuille inférieure d'un vitrage de toiture).

Sauf si des raisons de sécurité l'exigent, lorsque les feuilles d'un double vitrage sont d'épaisseurs différentes, on placera la plus épaisse vers l'extérieur. Elle se déformera (contraction/dilatation du gaz intercalaire) moins sous l'effet "double vitrage" et la distorsion optique sera réduite.

■ **Les performances des châssis devront être comparables à celles des vitrages**, faute de quoi les fenêtres seraient déformées. Une brochure <sup>[5]</sup> consacrée aux châssis de fenêtres complète le présent document.

Vitrage spécial constitué de film(s) conçu spécialement pour la prévention des reflets au poste de travail équipés d'écran





■ LES POINTS CLÉS À CONSIDÉRER QUAND ON REMPLACE UNE FENÊTRE

CRITÈRE	CONSÉQUENCE SUR LE "CAHIER DES CHARGES"	OK ?
<b>Adéquation au programmearchitectural ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrandir la baie pour augmenter l'éclairage naturel du local ou la réduire pour améliorer l'intimité du local.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Stabilité, solidité, rigidité mécanique ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir un matériau de châssis et des sections (ou renforts), qui soient adaptés aux dimensions de la baie ; idem pour le vitrage.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Étanchéité à l'eau et à l'air ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir un châssis avec un nombre de frappes suffisant et prévoir, entre frappes, des joints étanches à l'eau et à l'air.</li> <li>• Gérer l'écoulement de l'eau entre le dormant et l'ouvrant, vers l'extérieur.</li> <li>• Réaliser des resserrages châssis/maçonnerie et châssis/vitrage au moyen de joints adéquats.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Aspect, teinte, texture... ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir un châssis (matière, couleur...) facile à entretenir.</li> <li>• Si un châssis en bois est peint : veiller à ce que la résistance à la diffusion de vapeur d'eau soit décroissante depuis l'intérieur vers l'extérieur.</li> <li>• Si l'ouvrant et le dormant sont de couleurs différentes : choisir des couleurs qui n'occasionneront pas des déformations thermiques trop importantes entre le dormant et l'ouvrant, déformations qui pourraient menacer l'étanchéité à l'air du châssis.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Isolation thermique ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir un matériau et une structure interne du châssis (prévoir une coupure thermique si le châssis est métallique), pour obtenir un <math>U_{\text{châssis}}</math> performant.</li> <li>• Choisir un double vitrage "haut rendement" ou peu émissif (<math>U_{\text{fen}} \leq 2 \text{ W/m}^2\text{K}</math>).</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Ventilation ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En cas de remplacement d'un châssis d'un local (sec), prévoir des grilles de ventilation (ouverture d'amenée d'air réglable) dans le nouveau châssis ou dans le vitrage (conformément à la réglementation thermique wallonne).</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Isolation acoustique ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éviter des points faibles acoustiques que peuvent causer des joints imparfaits entre vitrage et châssis, entre ouvrant et formant, ou entre châssis et pourtour de baie.</li> <li>• Si la pollution sonore extérieure est importante, choisir un vitrage acoustique.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Résistance à l'effraction ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prévoir une quincaillerie et un ancrage du châssis, qui résistent à l'effraction.</li> <li>• Disposer la parclose du côté intérieur du châssis.</li> <li>• Si le site (ou le local) est fortement exposé à l'effraction, prévoir un vitrage anti-effraction.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Sécurité à l'utilisation ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si le châssis en position ouverte met l'utilisateur en danger (hauteur d'allège trop basse, par exemple), prévoir une serrure sur la crémonne et/ou un garde-corps.</li> <li>• En cas de risque d'une défenestration, prévoir un vitrage feuilleté.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Contrôle solaire ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans le cas d'une forte exposition du châssis au rayonnement solaire, prévoir une protection solaire de la baie et/ou un vitrage alliant un faible facteur solaire et une transmission lumineuse correcte.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>



## BIBLIOGRAPHIE

**[1] “ VITRAGE HR : VITRAGE À HAUT RENDEMENT ”**

Centre scientifique et technique de la Construction, Digest n°8, 1999

**[2] “ LES FENÊTRES ”**

CIFFUL (Centre interdisciplinaire de formation de formateurs de l'Université de Liège), pour le Ministère de la Région Wallonne – DGTRE, 1998

**[3] “ PRÉN 357-1 : VERRE DANS LA CONSTRUCTION - ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION VITRÉS RÉSISTANT AU FEU INCLUANT DES PRODUITS VERRIERS TRANSPARENTS OU TRANSLUCIDES - CLASSIFICATION DE LA RÉSISTANCE AU FEU ”**

Comité européen de normalisation, 2000

**[4] “ NBN EN 356 : VERRE DANS LA CONSTRUCTION - VITRAGE DE SÉCURITÉ - MISE À ESSAI ET CLASSIFICATION DE LA RÉSISTANCE À L'ATTAQUE MANUELLE ”**

Institut belge de Normalisation, 2000

**[5] “ TYPES DE CHÂSSIS, FICHE TECHNICO-COMMERCIALE ”**

Institut wallon pour le Ministère de la Région Wallonne – DGTRE, 2002

**[6] “ MÉMENTO ”**

Saint-Gobain Glass, édition 2000

**[7] “ SGGPRIVA-LITE, L'INTIMITÉ À SOUHAIT... ”**

Saint-Gobain Glass, avril 2000

**[8] “ LA FENÊTRE ET LA GESTION DE L'ÉNERGIE - GUIDE PRATIQUE POUR LES ARCHITECTES ”**

Simon F., Liesse S., Hauglustaine J-m., Baltus C., ", UCL - ULg, pour le Ministère de la Région Wallonne – DGTRE, 2001

**[9] “ BORDEREAU DES PRIX UNITAIRES ”**

UPA (Union royale professionnelle des architectes diplômés des instituts supérieurs d'architecture Saint-Luc de Belgique), 2001



Réalisation : **Institut Wallon** asbl  
Boulevard Frère Orban, 4  
5000 Namur

en collaboration avec **Catherine BALTUS** et  
**Jean-Marie HAUGLUSTAINE** (LEMA, Département  
d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Liège)

Pour le compte de :

Ministère de la Région wallonne  
**Direction Générale des Technologies, de la  
Recherche et de l'Energie (DGTRE)**  
Avenue prince de Liège, 15  
5100 Jambes  
Février 2003

