



Vitrage isolant thermique et vitrage isolant acoustique



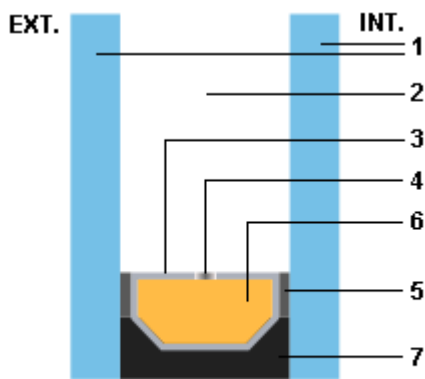
- **Le double vitrage à verre clair**
- **Le double vitrage à basse émissivité**
- **Le triple vitrage**
- **Le vitrage isolant acoustique**



Le double vitrage à verre clair



Le double vitrage est constitué de deux feuilles de verre assemblées et scellées en usine, séparées par un espace hermétique clos renfermant de l'air ou un autre gaz déshydraté.



1. Feuilles de verre.
2. Air et/ou gaz déshydraté.
3. Espaceur fixant l'espace entre les feuilles de verre.
4. Ouverture pour l'absorption d'humidité.
5. Première barrière d'étanchéité en polyisobuthylène.
6. Dessicant.
7. Seconde barrière d'étanchéité en polyuréthane, silicone ou polysulfure.

Le dessicatif introduit dans l'espaceur est destiné à assécher le gaz emprisonné à la fermeture du vitrage et à absorber la vapeur d'eau éventuelle. Le bon fonctionnement des barrières d'étanchéité et du dessicatif conditionne la durée de vie du vitrage.

La composition des doubles vitrages est donnée par 3 valeurs (en mm).
Exemple : 4/12/4 : l'épaisseur de la feuille de verre extérieure / l'épaisseur de l'espaceur / l'épaisseur de la feuille de verre intérieure.

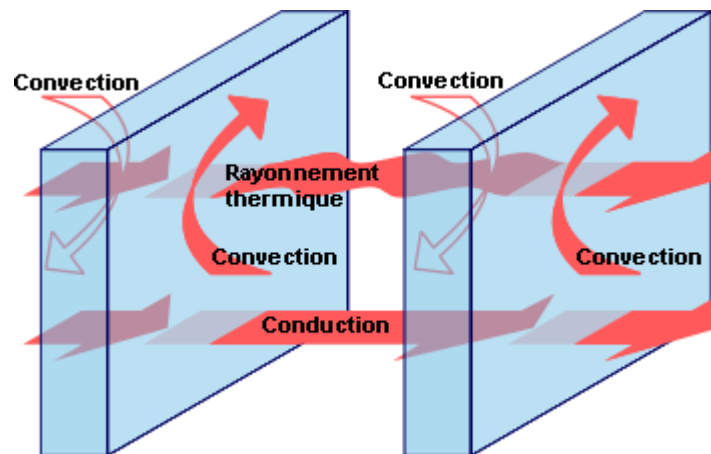
La garantie d'efficacité des doubles vitrages prévues dans les **agrément techniques** (ATG) est de 10 ans. Mais la durée de vie réelle est bien supérieure.

Le double vitrage est à présent imposé dans toutes les constructions neuves comme dans les rénovations suite aux réglementations relatives à l'isolation thermique en vigueur en Région wallonne et en Région Flamande.



Les modes de transmission de chaleur

L'intérêt du dispositif est de bénéficier du pouvoir isolant apporté par la lame d'air ou de gaz, et de faire baisser de la sorte le **coefficient de transmission thermique U** de l'ensemble du vitrage.



La transmission de chaleur dans la lame d'air se fait par convection, rayonnement et conduction.
Elle se fait par conduction et rayonnement dans le verre.
La présence de la lame d'air permet de limiter les pertes de chaleur par conduction, la **conductivité thermique** de l'air (0.025 W/mK (à 10°C)) étant nettement inférieure à celle du verre (1 W/mK).

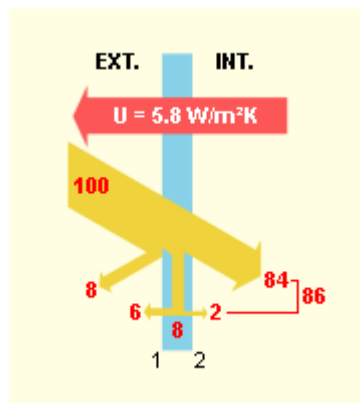


Caractéristiques énergétiques

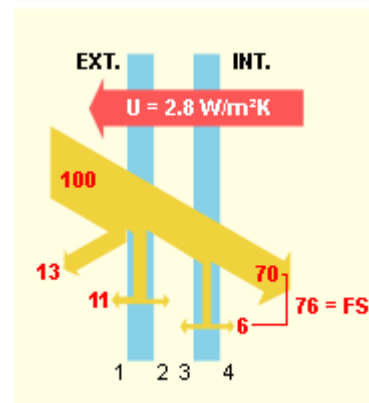
Lorsque l'énergie solaire est interceptée par une paroi, une partie est réfléchie vers l'extérieur, une partie est absorbée par le matériau, une partie est transmise à l'intérieur.

La transmission solaire du double vitrage est légèrement plus faible que celle du vitrage simple car la chaleur qui traverse le vitrage est absorbée et réfléchiée par deux couches et non une seule.

Les schémas suivants donnent les **coefficients de transmission thermique U** et le **facteur solaire FS** d'un double vitrage et d'un simple vitrage :



Simple vitrage.



Double vitrage.

Améliorer la performance du double vitrage ?

Une des manières de réduire le coefficient de conductivité thermique d'un double ou triple vitrage est de travailler sur l'espace interstitiel. La première idée consiste à **augmenter l'épaisseur de la lame d'air**. Effectivement, l'isolation augmente dans les premiers millimètres, puis l'isolation reste pratiquement constante au delà de 14 mm. Pourquoi ? dans le premier temps, l'air constitue un matelas, mauvais conducteur de la chaleur, mais une fois que l'épaisseur d'air s'accroît, des boucles d'échange convectives se forment entre la vitre chaude et la vitre froide... Un double châssis écarté de 20 cm n'isole pas mieux qu'un double vitrage ordinaire.

On a alors pensé à remplacer l'air par **un gaz moins conducteur** : l'Argon, le Krypton, ... Effectivement, cela apporte un "+" à l'effet d'isolation. Mais impossible de descendre en dessous d'un U de 2,5 W/m²K.

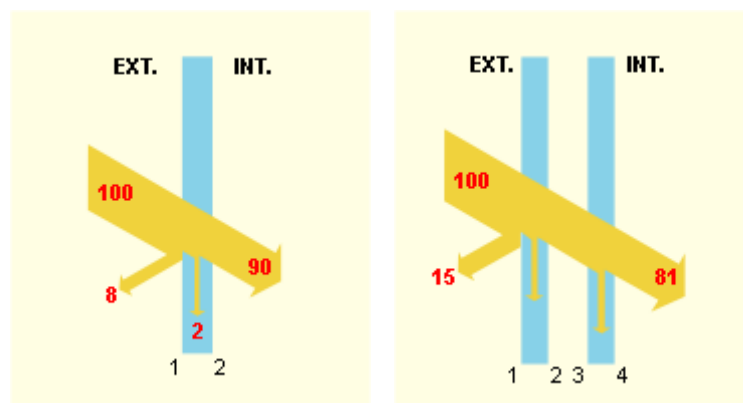


Et pourquoi pas le vide ? Effectivement, un vide d'air permet une absence de convection et de conduction. Mais mécaniquement, les deux vitres ont du mal à résister à la pression atmosphérique et se brisent. Il faut alors placer des écarteurs... qui sont eux-mêmes des conducteurs de chaleur... Cette technique est à l'étude mais n'a pas d'application industrielle aujourd'hui.

Reste à diminuer la transmission de chaleur par rayonnement : c'est l'idée du vitrage à **basse émissivité** dont nous reparlerons **ci-dessous**.

Caractéristique lumineuse

Le double vitrage assure un aspect neutre en réflexion et une grande transparence. Il est caractérisé par un coefficient de **transmission lumineuse** élevé mais néanmoins inférieur à celui d'un simple vitrage.



Simple vitrage.
 $TL = 90 \%$.

Double vitrage.
 $TL = 81 \%$.



Caractéristique acoustique

Curieusement, l'isolation acoustique que procure le double vitrage dans les basses (bruit de trafic lent) et moyennes fréquences est légèrement inférieure à celle d'un simple vitrage de la même épaisseur.

Il est caractérisé par un **indice pondéré d'affaiblissement acoustique** :

Rw	Rw +C	Rw +Ctr
30	29	26

Certaines dispositions peuvent être prises de façon à assurer des performances acoustiques suffisantes. On se référera aux **vitrages acoustiques**.

A partir du double vitrage des améliorations sont possibles afin d'augmenter encore les performances énergétiques et solaires du vitrage : le vitrage **basse émissivité, absorbant, réfléchissant...**



Le double vitrage "à basse émissivité"



Principe

Ce vitrage est aussi appelé "vitrage à haut rendement" ou "vitrage super isolant". En anglais, il se nomme vitrage "low-E" et en France, on l'appelle "Vitrage à Isolation Renforcée" (VIR). L'objectif est d'augmenter le pouvoir isolant du double vitrage, c'est-à-dire de diminuer son coefficient de transmission thermique U (anciennement "k"). Vous avez dit : "émissivité" ?

Quand de la chaleur ou de l'énergie solaire est absorbée par un vitrage, elle est réémise par le vitrage, soit par convection d'air le long de sa surface, soit par radiation de la surface du vitrage vers les autres surfaces plus froides. Par conséquent, la réduction de la chaleur émise par les fenêtres sous forme de radiation peut améliorer fortement ses propriétés isolantes.

La capacité d'un matériau à émettre de la chaleur de manière radiative est appelée son émissivité. Ce coefficient d'émissivité varie en fonction de la longueur d'onde du signal émis. Les fenêtres, ainsi que les matériaux que l'on trouve à l'intérieur d'un bâtiment, émettent typiquement des radiations sous forme d'infrarouges de très grande longueur d'onde. A savoir enfin que pour une longueur d'onde donnée, le coefficient d'absorption d'un matériau est égal au coefficient d'émissivité.

Les vitrages standards ont une émissivité de 0.84 sur l'entièreté du spectre. Cela signifie qu'ils émettent 84 % de l'énergie possible pour un objet à cette température. Cela signifie également qu'en ce qui concerne les rayonnements à grande longueur d'onde qui frappent la surface du verre, 84 % est absorbé et seulement 16 % est réfléchi.

Par comparaison, les couches basse-émissivité ont un coefficient d'émissivité de 0.04.

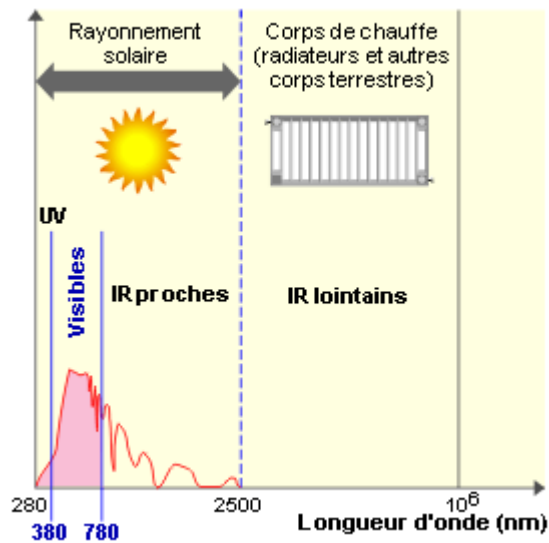
Les vitrages sur lesquels on a déposé de telles couches émettront seulement 4 % de l'énergie possible à cette température, donc absorberont seulement 4 % du rayonnement de grande longueur d'onde qui les atteint.

Autrement dit, ils réfléchiront 96 % du rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde.



Application

Le rayonnement calorifique des objets terrestres est émis à une longueur d'onde plus élevée que ceux qui composent le spectre solaire.



Ondes électromagnétiques correspondant au rayonnement solaire et au rayonnement des corps terrestres.

D'où l'astuce : il est tout à fait possible de laisser pénétrer l'énergie solaire (à courte longueur d'onde) à travers un vitrage tout en empêchant la chaleur (à grande longueur d'onde) de quitter ce local !



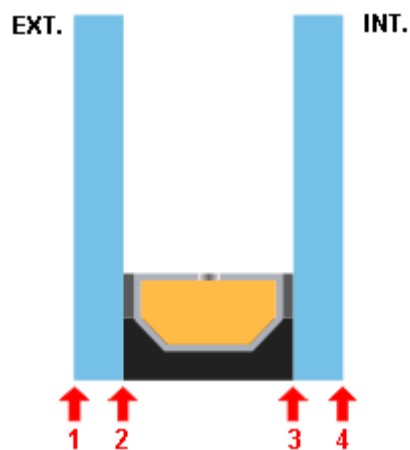


La couche "basse émissivité" est, en général, une couche métallique, en argent par exemple, déposée sous vide et qui doit être placée à l'intérieur du double vitrage vu sa fragilité. Elle bloquera une partie du transfert de chaleur par rayonnement, diminuant ainsi le flux total de chaleur au travers de la fenêtre.

Importance de la position de la couche basse émissivité

La position de la couche basse émissivité dans un double vitrage n'affecte en rien **le facteur U** (ou k) de celui-ci. Donc, en ce qui concerne les pertes de chaleur par transmission, il n'y a absolument aucune différence que la couche basse émissivité soit placée en position 2 ou en position 3.

Numérotation des vitrages.



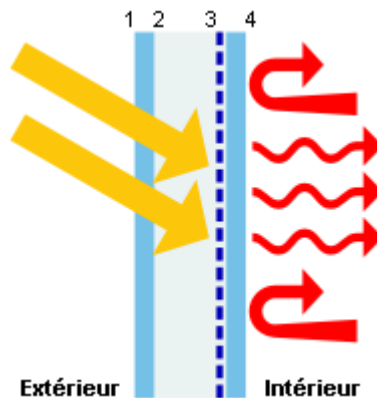
La surface d'un vitrage, dans un double ou un triple vitrage, est référencée par un nombre, commençant par le numéro 1 pour la surface extérieure du vitrage extérieur vers la surface intérieure du vitrage intérieur. La surface intérieure d'un double vitrage porte donc le numéro 4.



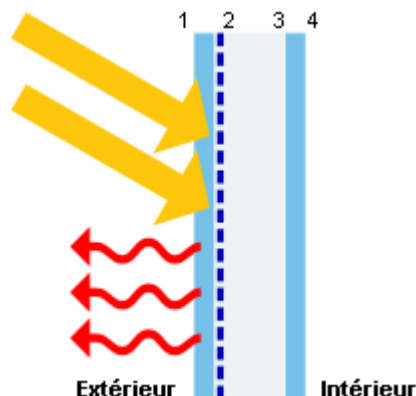
Par contre, **le facteur solaire FS** du vitrage est influencé par la position de la couche.

En effet, en plus de sa capacité à inhiber les transferts d'infrarouges à grande longueur d'onde, une couche basse émissivité absorbe aussi une certaine quantité de l'énergie solaire incidente. Cette énergie absorbée est transformée en chaleur, provoquant ainsi un échauffement du vitrage.

Si l'on cherche à laisser passer la chaleur solaire (FS élevé), la couche basse émissivité sera placée sur le verre intérieur du double vitrage (en face 3). La chaleur absorbée par la vitre sera réémise vers l'intérieur.



Si l'on cherche au contraire à diminuer la chaleur solaire entrante (FS faible), la couche basse émissivité sera placée en face 2, la chaleur absorbée par le vitrage étant alors essentiellement réémise vers l'extérieur. Dans ce cas, on peut adjoindre une couche réfléchissante à la couche basse émissivité pour diminuer encore FS.





Et si on pose le châssis à l'envers ?

Lorsque les châssis et les vitrages arrivent séparément sur un chantier, on veillera à ce que la couche basse émissivité se retrouve bien à la position souhaitée pour tous les châssis du bâtiment (généralement en face 3 dans le domestique et en face 2 dans le tertiaire avec apports internes).

Si l'autocollant est absent, il est possible de repérer la position de la couche au moyen de la flamme d'un briquet. En effet, 4 images de la flamme seront réfléchies par les 4 faces. La couche basse émissivité générera un reflet bleuté, les autres étant plus orangées.

Caractéristiques énergétiques et lumineuses

Le double vitrage basse émissivité est caractérisé par un faible **coefficient de transmission thermique U**, variant de 1,1 à 1,9 W/m².K selon le mode d'application de la couche métallique ainsi que la nature du gaz présent entre les feuilles de verres.

Il existe une multitude de vitrages sur le marché. Des combinaisons multiples sont proposées entre le **facteur solaire FS** et le facteur de **transmission lumineuse FL**. Il est possible de trouver un vitrage pour lequel la présence de la couche métallique ne provoque qu'une très légère baisse des gains solaires et de la transmission lumineuse par rapport à un double vitrage classique. Autrement dit, la couche basse émissivité "ne se voit pas".

Type de vitrages :	Facteurs énergétiques		Facteur lumineux
	U(k) (W/m ² K)	FS %	TL %
Double vitrage ordinaire	2.8	76	81
Double Vitrage basse émissivité (4/15 argon/4)	1.3	60...75	74...80

Légende : U : transmission thermique. FS : facteur solaire. TL : transmission lumineuse.



Combinaison des couches basse émissivité et de couches permettant le contrôle solaire

La couche à basse émissivité peut être manipulée de manière à transmettre le rayonnement ayant certaines longueurs d'onde et à réfléchir le rayonnement ayant d'autres longueurs d'ondes.

On peut ainsi combiner les couches à basse émissivité et **les couches de contrôle solaire**. Il s'agit alors de couches déposées sous vide, combinant ces deux effets et placées en **position 2**.

Les premiers vitrages à basse émissivité ont été conçus de manière à maximiser les gains solaires en hiver. Ils devraient donc avoir un grand **facteur solaire**, un coefficient de **transmission lumineuse** important ainsi qu'un faible coefficient de transmission thermique U (anciennement "k"). Ils devaient donc transmettre les longueurs d'ondes du rayonnement solaire (rayonnements visibles et infrarouges proches) mais arrêter les infrarouges lointains (correspondant au rayonnement des corps terrestres). On appelle ces vitrages "**vitrages à basse émissivité et haute transmission**".

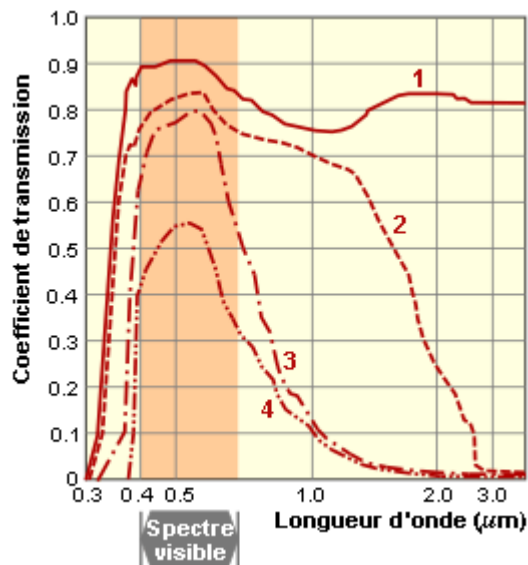
Actuellement dans les bâtiments du secteur tertiaire, on demande de plus en plus de minimiser les gains solaires tout en conservant une bonne transmission lumineuse et une bonne isolation. Ces vitrages doivent donc transmettre le rayonnement visible tout en arrêtant le rayonnement solaire correspondant aux infrarouges proches et le rayonnement des corps terrestres (les infrarouges lointains). Ces vitrages sont appelés "**vitrages à basse émissivité sélectifs**".

Exemple.

*On trouve actuellement des vitrages "haut rendement" avec un **facteur solaire** limité à 40 % tout en atteignant une **transmission lumineuse** de 70 %.*



Pour diminuer encore le facteur solaire, on peut enfin placer une couche basse émissivité sur un vitrage teinté foncé ou augmenter le coefficient de réflexion des rayons lumineux de la couche elle-même, créant ainsi un produit ayant les propriétés isolantes d'un vitrage "basse émissivité", conjugué un rejet des gains solaires, perdant de facto une certaine qualité de transmission lumineuse. Ces vitrages sont appelés "**vitrages à basse émissivité sélectifs et à basse transmission**".



1. *Vitrage clair*
2. *Vitrage basse émissivité et haute transmission*
3. *Vitrage basse émissivité spectralement sélectif*
4. *Vitrage basse émissivité spectralement sélectif et à basse transmission.*



Le triple vitrage



Le vitrage est formé par trois feuilles de verre séparant deux espaces d'air.

Caractéristiques énergétiques et lumineuses

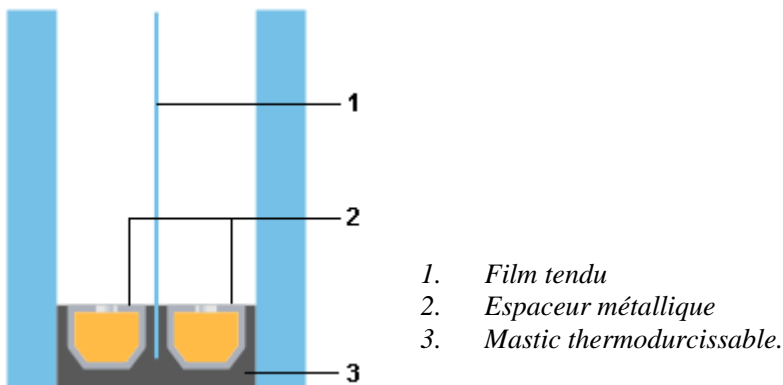
L'isolation thermique que procure un triple vitrage est meilleure que celle d'un double vitrage. Le **coefficient de transmission thermique** U d'un tel vitrage est de $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour un triple vitrage ordinaire.

Par contre, les gains solaires et la transmission lumineuse sont diminués par la présence du troisième verre. Le **facteur solaire (FS)** est généralement de 68 % et le facteur de **transmission lumineuse (TL)** sera de 74 %.

Une variante

Le triple vitrage est rarement appliqué, car sa forte épaisseur et son poids élevé ne s'adaptent pas aux menuiseries classiques.

Une variante consiste en un double vitrage avec un ou plusieurs films plastiques tendus dans l'espace d'air, de façon à avoir plusieurs lames d'air en série sans augmenter le poids du vitrage.



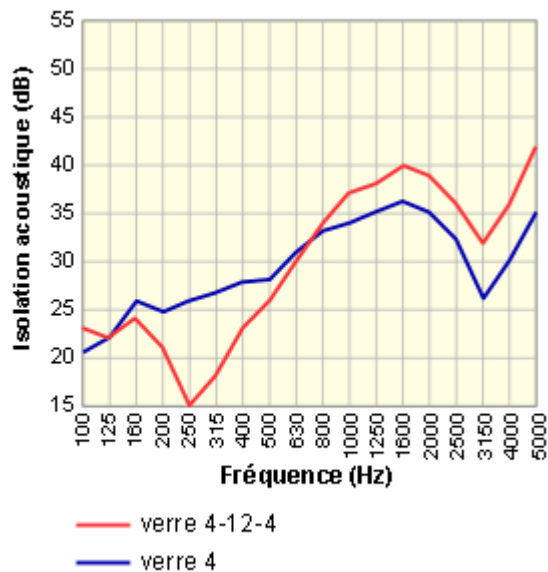
Il existe des films ayant des propriétés basse émissivité et/ou de réflexion de l'énergie solaire.



Le vitrage isolant acoustique



Si l'on observe le spectre d'isolation acoustique d'un double vitrage, on remarque que l'isolation acoustique que procure un double vitrage est relativement mauvaise à la fréquence critique des feuilles de verres (3 200 Hertz) et dans les basses et moyennes fréquences (bruit de trafic lent).



Ce deuxième *puits de résonance* s'explique par le fait que le double vitrage se comporte comme un système acoustique du type MASSE/RESSORT/MASSE. La lame d'air jouant le rôle de ressort, son épaisseur est généralement trop faible pour créer un ressort suffisamment souple et le système fait entrer le verre en résonance.

Pourtant l'acoustique s'améliore lors d'un remplacement d'un châssis !

Des propos ci-dessus, on pourrait déduire que le remplacement, en rénovation, du simple vitrage par du double vitrage n'est pas intéressant du point de vue acoustique... Cette supposition est cependant erronée car le remplacement du vitrage s'accompagne, en général, du remplacement du châssis qui offre une meilleure étanchéité à l'air et donc à une meilleure isolation acoustique que l'ancien châssis; ce qui mène à une amélioration de l'isolation acoustique de l'ensemble vitrage + châssis.



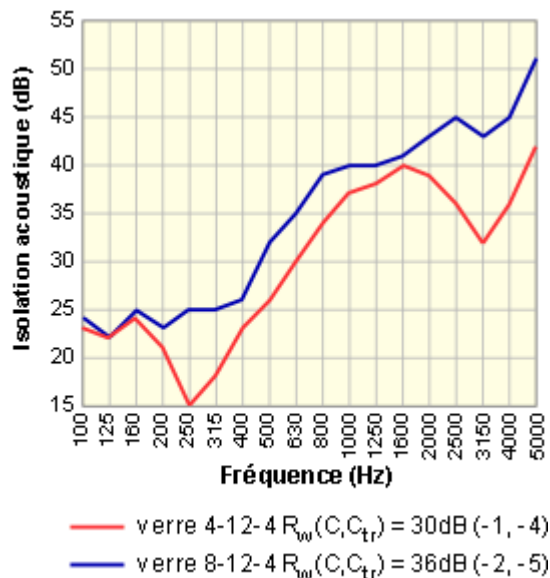
Certaines dispositions permettent aussi d'améliorer l'isolation acoustique d'un double vitrage :

Les doubles vitrages dissymétriques

Chaque plaque d'un matériau d'une épaisseur donnée a une fréquence critique pour laquelle elle se met à vibrer plus facilement. A cette fréquence, le bruit se transmet beaucoup mieux.

Le principe des vitrages dissymétriques est le suivant : on utilise au sein d'un même vitrage des verres d'épaisseur suffisamment différente de sorte que chacun d'eux puisse masquer les faiblesses de l'autre lorsqu'il atteint sa fréquence critique.

La figure suivante compare les spectres d'isolation acoustique d'un double vitrage classique et d'un double vitrage dissymétrique.



Le tableau ci-dessous donne les performances acoustiques des doubles vitrages pour différents types d'assemblages.

Composition (mm)	$R_w + C$ (dB)	$R_w + C_{tr}$ (dB)
6-15-4	33	31
8-12-5	35	32
8-20-5	35	32
10-12-6	36	34
10-15-6	37	34
10-12-8	36	34

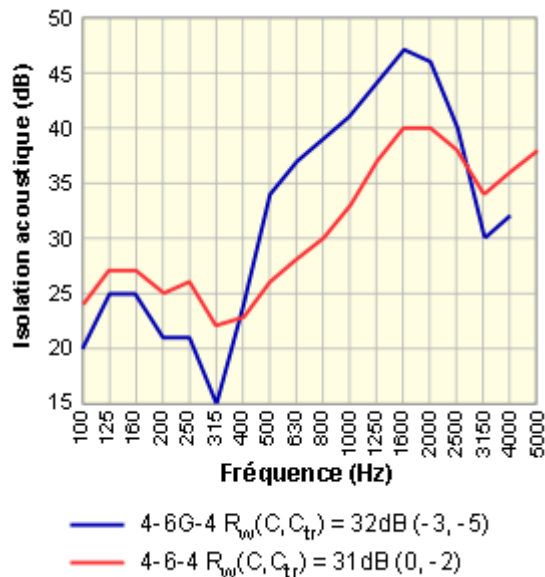


Les vitrages avec gaz isolant

On remplace l'air d'un double vitrage par un gaz isolant adapté (l'hexafluorure de carbone : SF₆).

Cela permet de réaliser des gains appréciables dans les hautes et moyennes fréquences (bruits de trafic rapide), mais les performances s'avèrent défavorables dans les basses fréquences (bruit de trafic urbain (315 Hertz)).

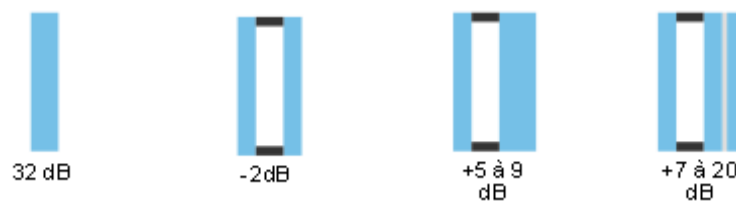
La figure suivante comparant les spectres d'isolation acoustique d'un double vitrage classique et d'un double vitrage avec gaz isolant.



Ce gaz présente le désavantage de diminuer l'isolation thermique des doubles vitrages et cause des problèmes à l'environnement. Les doubles vitrages avec SF₆ sont donc à déconseiller et sont, de toute façon, appelés à disparaître.

Les verres feuilletés acoustiques

En résumé...



Rénovation !



Tableau des performances acoustiques

Type de vitrage :	Rw (indice pondéré d'affaiblissement acoustique)	Rw + C	Rw + Ctr
Vitrage double ordinaire (4/15air/4)	30	29	26
Vitrage thermique disymétrique avec gaz (8/12argon/5)	38	36	32
Vitrage thermique feuilleté (6/15air/55.2 PVB)	38	37	35
Vitrage thermique feuilleté (8/12air/44.2 PVB)	41	40	37
Vitrage avec PVB amélioré (12/20air/44.2 PVBa)	44	43	40
Vitrage avec résine coulée (44.1,5RC/20argon/55.1,5RC)	49	47	42

Sources : Ministère de la région Wallone



Architecture
et Climat

