

Le verre et le rayonnement solaire

■ Rayonnement solaire

Composition du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire qui atteint la terre est composé d'environ 3 % d'ultraviolets (UV), 55 % d'infrarouges (IR) et 42 % de lumière visible.

Ces trois parties du rayonnement correspondent chacune à une gamme de longueur d'onde. L'ultraviolet s'étend de 0,28 à 0,38 μm^* , le visible de 0,38 à 0,78 μm et l'infrarouge de 0,78 à 2,5 μm .

La répartition énergétique du rayonnement solaire global, en fonction de la longueur d'onde entre 0,3 et 2,5 μm (spectre), pour une surface perpendiculaire à ce rayonnement, est représentée par la courbe ci-dessous.

Ce spectre relève des définitions de la norme EN 410 et d'un certain nombre de paramètres normalisés concernant la caractérisation de l'air et du rayonnement diffus.

Sensation lumineuse

La sensation lumineuse que nous éprouvons est due à l'action du seul rayonnement électromagnétique de longueurs d'ondes comprises entre 0,38 μm et 0,78 μm .

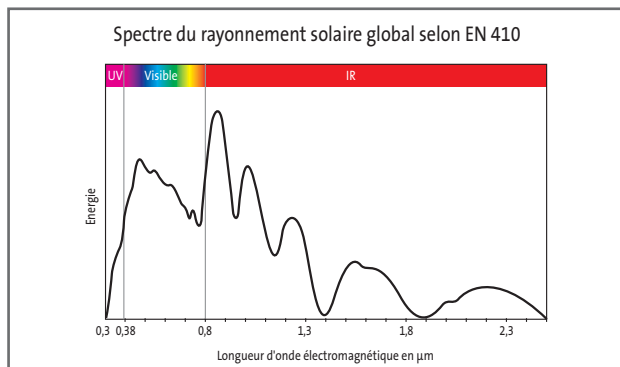
Ce sont, en effet, ces radiations qui, avec une efficacité variable sur l'œil suivant leur longueur d'onde, permettent le phénomène physiologique de la vision.

L'efficacité lumineuse des différentes radiations permet de transformer le flux énergétique émis par une source de rayonnement en flux lumineux.

■ Caractéristiques spectrophotométriques

Rayonnement

Lorsqu'un rayonnement vient frapper un vitrage, une partie est réfléchi, une autre est absorbée dans l'épaisseur du verre et une troisième est transmise.



* 1 μm = 1 micro mètre = 10^{-6} mètre = 1 micron.

Le verre et le rayonnement solaire

Les rapports de chacune de ces 3 parties sur le flux incident définissent le facteur de réflexion, le facteur d'absorption et le facteur de transmission de ce vitrage.

Les tracés de ces rapports pour l'ensemble des longueurs d'ondes constituent les courbes spectrales du vitrage.

Pour une incidence donnée, ces rapports dépendent de la teinte du vitrage, de son épaisseur, et, dans le cas d'un verre à couche, de la nature de celle-ci.

A titre d'exemple, figurent ci-dessous les courbes de transmission spectrale :
- du verre clair SGG PLANILUX 6 mm
- du verre teinté SGG PARSOL Bronze 6 mm.

Facteurs de transmission, de réflexion et d'absorption énergétiques

Les facteurs de transmission, de réflexion et d'absorption énergétiques sont les rapports des flux énergétiques transmis, réfléchis ou absorbés au flux énergétique incident.

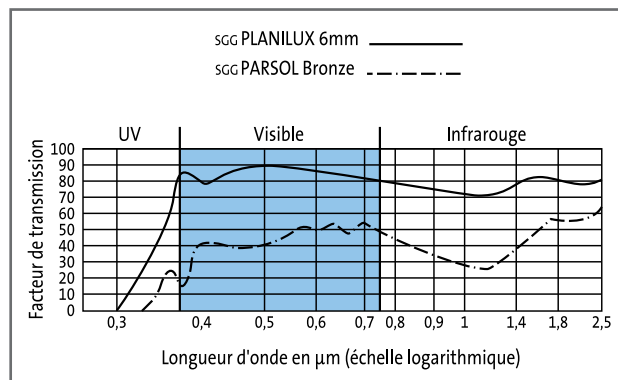
Les tableaux pages 282-369 donnent, par type de vitrage, ces 3 facteurs calculés selon la norme EN 410. Ils sont déterminés pour des longueurs d'ondes comprises entre 0,3 et 2,5 μm .

Facteurs de transmission et de réflexion lumineuses

Les facteurs de transmission et de réflexion lumineuses d'un vitrage sont les rapports des flux lumineux transmis et réfléchis au flux lumineux incident.

Les tableaux pages 282-369 donnent, par type de vitrage, ces 2 facteurs. Ces facteurs calculés selon la norme EN 410 sont des valeurs nominales, de légères variations pouvant intervenir en fonction des fabrications.

Certains vitrages très épais ou multiples (doubles vitrages et vitrages feuilletés), même non teintés, peuvent produire par transmission un certain effet verdâtre ou bleuâtre variable suivant l'épaisseur totale du vitrage ou de ses constituants.

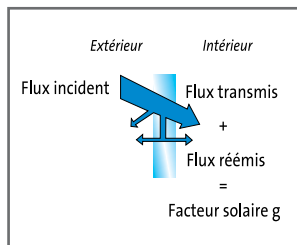


Le verre et le rayonnement solaire

Facteur solaire g

Le facteur solaire g (anciennement FS) d'un vitrage est le rapport entre l'énergie totale entrant dans le local à travers ce vitrage et l'énergie solaire incidente.

Cette énergie totale est la somme de l'énergie solaire 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.



Les tableaux en pages 282-369 donnent les facteurs solaires, selon la norme EN 410, des différents types de vitrage en fonction des facteurs de transmission et d'absorption énergétiques en prenant par convention :

- le spectre solaire tel que défini par la norme ;
- les températures ambiantes intérieure et extérieure égales entre elles ;
- les coefficients d'échange du vitrage vers l'extérieur de $h_e = 23 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ et vers l'intérieur de $h_i = 8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Voir "Le verre et l'isolation thermique", pages 391-394.

Energie solaire

Effet de serre

L'énergie solaire entrant dans un local à travers un vitrage est absorbée par les objets et les parois intérieures qui en s'échauffant, réémettent un rayonnement thermique situé principalement dans l'infrarouge lointain (supérieur à $5 \mu\text{m}$).

Les vitrages, même clairs, sont pratiquement opaques aux radiations de longueur d'onde supérieure à $5 \mu\text{m}$. L'énergie solaire entrant par les vitrages se trouve donc piégée dans le local qui a tendance à s'échauffer : c'est "l'effet de serre" que l'on constate, par exemple, dans une voiture stationnée en plein soleil, vitres fermées.

Contrôle Solaire

Pour éviter les surchauffes, on peut :

- assurer une circulation d'air ;
- utiliser des stores en veillant à ce qu'ils ne soient pas à l'origine de casses thermiques. En outre, placés en intérieur, ils sont moins efficaces car ils ne font écran au rayonnement solaire qu'après traversée du vitrage. En extérieur, la question de la maintenance doit être prise en compte ;
- faire appel à des vitrages à transmission énergétique limitée, appelés "vitrages de contrôle solaire" qui ne laissent passer qu'une fraction déterminée du rayonnement énergétique solaire permettant l'éclairage en limitant la surchauffe.

Le verre et le rayonnement solaire

La protection solaire par les vitrages

La protection solaire doit être traitée en considérant trois objectifs :

- diminution des apports solaires (facteur solaire g le plus bas possible) ;
- diminution des transferts de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur (coefficient U_g minimum) ;

- garantie d'une bonne transmission lumineuse (transmission lumineuse élevée).

Saint-Gobain Glass propose une gamme complète de vitrages de contrôle solaire qui offrent des performances très variées et ouvrent de multiples possibilités esthétiques.

Performances comparées de doubles vitrages utilisés en façade

		TL (%)	Coef. $U_g^{(1)}$ W/(m ² ·K)	Facteur solaire g
SGG PLANISTAR	6 mm	70	1,1	0,41
SGG PLANILUX	4 mm			
SGG COOL-LITE KN 169	6 mm	61	1,3	0,44
SGG PLANILUX	6 mm			
SGG COOL-LITE SKN 165	6 mm	60	1,1	0,33
SGG PLANILUX	6 mm			
SGG COOL-LITE ST 150	6 mm	44	1,2	0,37
SGG PLANITHERM FUTUR N	6 mm			
SGG ANTELIO ARGENT (face 1)	6 mm	58	1,2	0,48
SGG PLANITHERM FUTUR N	6 mm			

(1) calculs avec espace intercalaire de 16 mm et 85 % d'argon.

Pour plus d'informations sur les produits, se reporter au chapitre 2 "Présentation détaillée des produits".

Eclairage

Facteur de lumière du jour

La connaissance du facteur de transmission lumineuse d'un vitrage permet de fixer un ordre de grandeur approché du niveau d'éclairement disponible à l'intérieur d'un local lorsque l'on connaît le niveau d'éclairement à l'extérieur. En effet, le rapport de l'éclairement intérieur en un point donné d'un local à l'éclairement extérieur mesuré sur un plan horizontal est constant, quelle que soit l'heure de la journée.

Ce rapport est appelé "facteur de lumière du jour" (en abrégé "facteur de jour").

Ainsi, pour un local ayant un facteur de lumière de jour de 0,10 au voisinage de la baie vitrée et de 0,01 au fond de la pièce (cas moyen d'un local type), un éclairement extérieur de 5 000 lux (temps couvert, nuages épais) procurera un éclairement intérieur de 500 lux près de la baie et de 50 lux au fond, tandis qu'un éclairement de 20 000 lux (ciel couvert, nuages blancs) procurera des éclairements respectifs de 2 000 et de 200 lux dans ce même local.

Le verre et le rayonnement solaire

Confort lumineux

L'éclairage doit contribuer au bien-être en assurant des conditions optimales pour les yeux en termes de quantité et de répartition de la lumière, en évitant tant les éblouissements que les coins sombres.

La qualité du confort lumineux est liée à un choix judicieux de la transmission lumineuse, à la distribution, à l'orientation et aux dimensions des vitrages (voir "Le verre et la lumière", pages 377-385).

■ Le phénomène de décoloration

La lumière solaire, qui nous est nécessaire pour la perception de notre environnement, est une forme d'énergie susceptible, dans certains cas, de dégrader les couleurs des objets qui lui sont exposés.

Mécanisme de l'altération des couleurs

L'altération des couleurs des objets exposés au rayonnement solaire résulte de la dégradation progressive des liaisons moléculaires des colorants sous l'action des photons de forte énergie. Les rayonnements dotés d'une telle action photochimique sont principalement les ultraviolets et dans une moindre mesure la lumière visible de courte longueur d'onde (violet, bleu).

L'absorption du rayonnement solaire par les surfaces des objets engendre des élévations de température qui peuvent également activer des réactions chimiques susceptibles d'altérer les couleurs.

Il est à noter que ce phénomène de dégradation affecte davantage les colorants organiques, dont les liaisons chimiques sont généralement moins stables que celles des pigments minéraux.

Comment réduire la décoloration

Tout rayonnement étant porteur d'énergie, aucun moyen ne protège les objets de manière absolue contre la décoloration, sauf à les placer à l'abri de la lumière, à basse température et à les maintenir à l'abri de l'air et des atmosphères agressives.

Cependant, les produits verriers offrent des solutions efficaces. La plus performante consiste à éliminer les ultraviolets qui, malgré leur faible proportion dans le rayonnement solaire, sont la cause principale des dégradations. Ils peuvent être quasiment arrêtés par l'utilisation de vitrages feuilletés avec PVB de la gamme SGG STADIP qui ne transmettent que 0,4 % des UV (contre 44 % pour un verre SGG PLANILUX de 10 mm d'épaisseur).

En second lieu, on peut recourir à des verres colorés qui filtrent la lumière de manière sélective : par exemple, des verres imprimés à dominante jaune qui absorbent davantage la lumière violette et bleue. Enfin, les vitrages présentant de faibles facteurs solaires, permettent de réduire l'action thermique des rayonnements.

Cependant, aucun produit verrier ne peut totalement garantir l'absence de décoloration. L'optimisation d'un tel vitrage conduit toujours à trouver un compromis entre divers paramètres impliquant des choix d'ordre esthétique et économique.