

Informations techniques

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DU VERRE

- 466 COMPOSITION ET FABRICATION
- 466 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES
- 468 LE VERRE ET LA LUMIÈRE
- 472 LE VERRE ET LE RAYONNEMENT SOLAIRE
- 475 LE VERRE ET L'ISOLATION THERMIQUE
- 477 LE VERRE ET L'ISOLATION ACOUSTIQUE
- 479 LE VERRE ET LA RÉSISTANCE AUX IMPACTS
- 480 LE VERRE ET LA PROTECTION INCENDIE
- 482 LE VERRE ET LES ÉMISSIONS DE COV
- 483 LE VERRE POUR DÉCORER OU AMÉNAGER

QUESTIONS TECHNIQUES

- 490 DÉTERMINATION DES ÉPAISSEURS
- 496 CALCUL DES TEMPÉRATURES DES VITRAGES
- 499 CONTRAINTES D'ORIGINE THERMIQUE
- 505 RÉACTION DES JOINTS EN DOUBLE VITRAGE
- 506 CONDENSATION SUR LES VITRAGES ISOLANTS
- 508 TABLEAUX

MISE EN OEUVRE

- 512 POSE DES VITRAGES EN FEUILLURE
- 515 CALAGE
- 517 ÉTANCHÉITÉ VITRAGE-CHÂSSIS
- 518 VITRAGES ISOLANTS
- 520 SIMPLES VITRAGES EN TOITURE
- 521 STOCKAGE
- 522 ENTRETIEN

ENVIRONNEMENT RÉGLEMENTAIRE

- 526 GÉNÉRALITÉS
- 528 THERMIQUE
- 530 ACOUSTIQUE
- 532 SÉCURITÉ
- 538 INCENDIE
- 542 MARQUAGE CE
- 544 BIBLIOGRAPHIE NORMATIVE



6.2.1

**PROPRIÉTÉS
ET FONCTIONS
DU VERRE**



Composition et fabrication

COMPOSITION

Les verres silico-sodocalciques utilisés dans le bâtiment (les verres « classiques ») ont pour composition :

- un corps vitrifiant, la silice, introduit sous forme de sable (70 à 72 %),
- un fondant, la soude, sous forme de carbonate et sulfate (environ 14 %),
- un stabilisant, la chaux, sous forme de calcaire (environ 10 %),
- divers autres oxydes tels que l'alumine ou la magnésie, qui améliorent les propriétés physiques du verre, notamment la résistance à l'action des agents atmosphériques,
- pour certains types de vitrage, l'incorporation de divers oxydes métal-

liques permet la coloration dans la masse (PARSOL).

FABRICATION

COMPOSITION VERRIÈRE (1)

Au mélange vitrifiable est ajouté du verre recyclé (calcin) afin de diminuer la température de fusion. Le transport, la pesée, le mélange et l'enfournement sont faits automatiquement. Ce mélange est humidifié afin d'éviter la ségrégation des grains des différentes matières et le dégagement de poussière.

FOUR DE FUSION (2)

L'élaboration du verre comprend trois phases essentielles :

- la fusion au cours de laquelle les matières

premières sont fondues à des températures avoisinant 1 550 °C,

- l'affinage au cours duquel le verre fondu est homogénéisé et débarrassé des bulles gazeuses,
- le conditionnement thermique où le verre peu visqueux est refroidi jusqu'à ce que sa viscosité corresponde aux exigences du procédé de mise en forme.

BAIN D'ÉTAIN (3)

Le verre liquide est déversé sur de l'étain fondu à 1 000 °C environ.

Le verre, moins dense que l'étain, « flotte » sur celui-ci et forme un ruban ayant une épaisseur naturelle de 6 à 7 mm (procédé du « float »). Les faces du verre sont

polies par la surface de l'étain d'une part et par le feu d'autre part.

Des dispositifs permettent d'accélérer ou de diminuer l'étalement du verre afin d'en maîtriser l'épaisseur.

FOUR DE RECUISSE (4)

À la sortie du bain d'étain, le ruban de verre devenu rigide passe par « l'étenderie », un tunnel de refroidissement contrôlé.

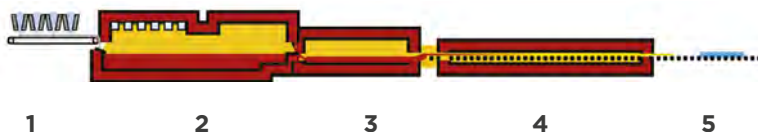
La température du verre s'abaisse régulièrement de 620 à 250 °C.

Le refroidissement lent se poursuit ensuite à l'air libre. Il permet de libérer le verre de toutes les contraintes internes qui provoqueraient sa casse lors de la découpe.

DÉCOUPE (5)

Le ruban de verre froid, jusqu'ici continu, est découpé automatiquement en plateaux de 6 000 x 3 210 mm. Le verre clair de Saint-Gobain s'appelle PLANICLEAR.

PRINCIPE DE FABRICATION VERRE « FLOAT »



Propriétés physiques

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

DENSITÉ

La densité du verre est de 2,5, soit une masse de 2,5 kg par m² et par mm d'épaisseur pour les vitrages plans. La masse volumique, exprimée dans le sys-

tème d'unités légal, est de 2 500 kg/m³. Un m² de verre 4 mm a donc une masse de 10 kg.

RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

La résistance du verre à la compression est très élevée : 1 000 N/mm² ou 1 000 MPa. Ceci signifie que, pour

briser un cube de verre de 1 cm de côté, la charge nécessaire est de l'ordre de 10 tonnes.

RÉSISTANCE À LA FLEXION

Un vitrage soumis à la flexion a une face en compression et une face en extension. La résistance à la rupture

en flexion est de l'ordre de :

- 40 MPa (N/mm²) pour un verre float recuit,
 - 120 à 200 MPa (N/mm²) pour un verre trempé (suivant épaisseur, façonnage des bords et type d'ouvrage).
- La valeur élevée de la résistance du verre de sécurité trempé thermiquement (type SECURIT) est due au

fait que son traitement met les faces du vitrage en forte compression.

Compte tenu des coefficients de sécurité, les contraintes de travail préconisées par Saint-Gobain et habituellement retenues sont indiquées au chapitre 6.2.2 « Questions techniques » pour les applications les plus courantes.

ÉLASTICITÉ

Le verre est un matériau parfaitement élastique : il ne présente jamais de déformation permanente ; Il est cependant fragile, c'est-à-dire que, soumis à une flexion croissante, il casse sans présenter de signes précurseurs.

Module de Young, E

Ce module exprime la force de traction qu'il faudrait théoriquement appliquer à une éprouvette de verre

pour lui communiquer un allongement égal à sa longueur initiale. Il s'exprime en force par unité de surface. Pour le verre, selon les normes européennes :
 $E = 7 \times 10^{10} \text{ Pa} = 70 \text{ GPa}$.

Coefficient de Poisson, (coefficient de contraction latérale)

Lorsqu'une éprouvette subit un allongement sous l'influence d'une contrainte mécanique, on constate un rétrécissement de sa section.

Le coefficient de Poisson ν est le rapport entre le rétrécissement unitaire sur une direction perpendiculaire au sens de l'effort et l'allongement unitaire dans la direction de l'effort.

Pour les vitrages du bâtiment, la valeur du coefficient ν est de 0,2.

COMPORTEMENT THERMIQUE

DILATATION LINÉAIRE

La dilatation linéaire est exprimée par un coefficient mesurant l'allongement par unité de longueur pour une variation de 1 °C. Ce coefficient est généralement donné pour un domaine de température de 20 à 300 °C. Le coefficient de dilatation linéaire du verre est $9,10^{-6}$.

CONTRAINTES

D'ORIGINE THERMIQUE

Du fait de la faible conductivité thermique du verre (voir « Le verre et l'isolation thermique », page 455), le réchauffement ou le refroidissement partiel d'un vitrage entraîne dans celui-ci des contraintes pouvant provoquer des casses dites « casses thermiques ». L'exemple le plus fréquent de risque

de casse thermique concerne les bords d'un vitrage absorbant pris dans une feuillure, soumis à un fort ensoleillement et qui se réchauffent plus lentement que la surface du vitrage. Une élévation de température de 100 °C fait dilater un mètre de verre d'environ 1 mm.

On trouvera, ci-dessous, les coefficients de dilatation linéaire d'autres matériaux.

Lorsque les conditions d'utilisation ou de mise en œuvre risquent d'entraîner dans un vitrage des différences de température importantes (voir normes ou réglementations nationales), il sera nécessaire de prendre des précautions particulières de pose et de façonnage.

Un traitement thermique complémentaire (trempe) permet au verre de supporter des différences de température de 150 à 200 °C.

Coefficient de dilatation linéaire		Rapport approximatif avec le verre
Bois (sapin)	4×10^{-6}	0,5
Brique	5×10^{-6}	0,5
Pierre (calcaïque)	5×10^{-6}	0,5
Verre	9×10^{-6}	1
Acier	12×10^{-6}	1,4
Ciment (mortier)	14×10^{-6}	1,5
Aluminium	23×10^{-6}	2,5
Chlorure de polyvinyle (PVC)	70×10^{-6}	8

Exemple :

Un vitrage de 2 m de longueur (exprimée en mm) s'échauffant de 30 °C s'allongera de : $2\,000 \times 9,10^{-6} \times 30 = 0,54 \text{ mm}$.

Le verre et la lumière

« LE SOLEIL EST LE GRAND LUMINAIRE DE TOUTE VIE. IL DEVRAIT ÊTRE UTILISÉ COMME TEL DANS LA CONCEPTION DE TOUTE MAISON ».

*F.-L. Wright**

« [...] IL EST RIDICULE DE PENSER QU'UNE AMPOULE ÉLECTRIQUE PEUT FAIRE CE QUE LE SOLEIL ET LES SAISONS ACCOMPLISSENT. AINSI, CE QUI DONNE UN AUTHENTIQUE SENS À L'ESPACE ARCHITECTURAL, C'EST LA LUMIÈRE NATURELLE. »

*Louis I. Kahn***

** L'architecte Frank Lloyd Wright (1867-1959) a été aussi inventif dans la conception de grands édifices (musée Guggenheim à New York) que dans la réalisation de maisons particulières. Maître du courant organique dans l'architecture moderne, il a exercé une immense influence sur la profession.*

*** L'œuvre architecturale de Louis I. Kahn (1901-1974) est caractérisée par l'audace et la rigueur des formes, la qualité des rapports spatiaux ainsi que les références historiques.*

Le Capitole de Dacca et la Bibliothèque d'Exeter sont ses œuvres majeures.

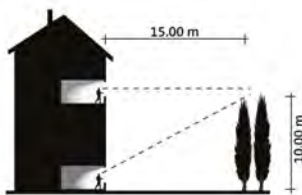
BÂTIR AVEC LA LUMIÈRE NATURELLE

La clarté des espaces, la transparence, le jeu des couleurs, et même l'intimité créée par les ombres, doivent accompagner et favoriser la multitude d'activités qui caractérisent notre vie quotidienne.

Les points à retenir sont les suivants :

- ouvrir largement les cuisines, coins repas et pièces de séjour. Ce sont les pièces de vie de la maison, nous y passons 80 % de notre temps durant le jour,
- prévoir un espace bien éclairé dans chaque chambre afin de favoriser l'épanouissement des enfants. Des premiers jeux de bébé à l'apprentissage de la lecture ou l'accomplissement des devoirs, la lumière naturelle doit accompagner le développement psychomoteur de l'enfant,
- s'assurer que les chambres peuvent être correctement ventilées,
- essayer, dans la mesure du possible, de créer une ouverture dans les pièces d'eau (salles de bains). La possibilité d'aérer en ouvrant la fenêtre permet d'éliminer la condensation et favorise l'hygiène des pièces dites « humides »,
- concevoir la maison ou l'immeuble de façon à ce que tous les espaces de vie se trouvent à proximité des ouvertures,

- tenir compte de l'environnement extérieur (immeubles voisins, végétation, obstacles naturels). Un obstacle de 10 m de haut situé à 15 m de la façade peut réduire de 40 % la quantité de lumière naturelle disponible à 5 m des ouvertures,



- privilégier, autant que possible, l'éclairage bilatéral. La présence d'ouvertures sur deux façades opposées équilibre les niveaux d'éclairage et atténue les ombres portées. Cela permet d'augmenter la profondeur des locaux,
- ne pas oublier que les balcons ou avant-toits réduisent la pénétration de la lumière naturelle. Il est alors souhaitable de compenser ceci par la mise en œuvre de vitrages plus grands ou la création d'ouvertures supplémentaires,
- éclairer les locaux du dernier étage depuis la toiture, créer des puits de lumière. À surface égale, les ouvertures zénithales fournissent 2 à 3 fois plus de lumière naturelle que les ouvertures en façade. La création d'ouvertures dans la toiture permet aussi de dynamiser les espaces et, par exemple, de valoriser les combles,

- éclairer les sous-sols à partir de la périphérie du bâtiment. La création d'ouvertures, même de petites tailles, permet de s'orienter et de se déplacer dans les sous-sols en toute sécurité.

De plus, cela offre des possibilités de ventilation intéressantes.



TIRER PROFIT DE CHAQUE ORIENTATION

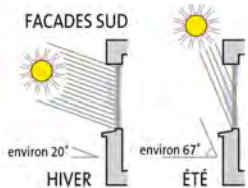
FAÇADES NORD

Les locaux orientés au nord ne bénéficient pratiquement pas du soleil. La qualité de la lumière naturelle y est très constante, c'est l'une des raisons pour lesquelles les ateliers d'artistes recherchent souvent cette orientation. Elle est aussi particulièrement adaptée pour les salles de lecture, les ateliers ou les locaux équipés d'ordinateurs. Les vitrages à Isolation Thermique Renforcée, notamment les triples vitrages, permettent d'augmenter la largeur des ouvertures, tout en maîtrisant les pertes thermiques en hiver.

FAÇADES SUD

Les vitrages orientés au sud bénéficient d'un ensoleillement maximum en hiver (soleil bas).

Cette orientation doit donc être recherchée pour augmenter les gains thermiques durant la saison froide. En été (soleil haut), les ouvertures orientées au sud peuvent être facilement protégées à l'aide d'un avant-toit (balcon, auvent, etc.).



FAÇADES EST ET OUEST

Les vitrages orientés à l'est ou à l'ouest reçoivent un maximum d'énergie en été, le matin pour l'est et le soir pour l'ouest. Le soleil étant bas sur l'horizon, il convient d'équiper ces ouvertures d'un vitrage de contrôle solaire adapté afin de réduire les risques de surchauffe et d'éblouissement. Les ouvertures orientées à l'ouest sont particulièrement concernées puisque, lorsqu'elles sont ensoleillées, la température extérieure est souvent élevée (fin d'après-midi) ; l'ouverture des fenêtres ne permet alors pas de rafraîchir le local. Pour les ouvertures orientées au sud, à l'est et à l'ouest, on pourra avantageusement utiliser des doubles vitrages incorporant PLANISTAR SUN par exemple.

DÉFINIR LES OUVERTURES

DIMENSIONNER CORRECTEMENT LES OUVERTURES

Si l'on tient compte de toutes les composantes

du bilan énergétique de la fenêtre (énergie nécessaire au chauffage, à l'éclairage et au refroidissement du local), on peut dire que la surface vitrée doit au minimum représenter 35 à 50 % de la surface de la façade. De plus, avec le verre autonettoyant BIOCLEAN, il est aujourd'hui possible de concilier grandes surfaces vitrées et facilité d'entretien.

POSITIONNER LES VITRAGES LE PLUS HAUT POSSIBLE

C'est la partie haute des vitrages qui permet d'éclairer le fond de la pièce. La limite supérieure du vitrage doit être située à une hauteur au moins égale à la moitié de la profondeur du local. Dans le cas contraire, la partie arrière de l'espace devra faire appel à l'éclairage artificiel.



UTILISER JUDICIEUSEMENT LES VITRAGES EN ALLÈGE

Le vitrage en allège permet d'augmenter le champ de vision vers le bas et favorise la continuité de l'espace entre intérieur et extérieur, mais ne contribue pas à l'éclairage des locaux de manière significative.

RÉDUIRE L'ÉPAISSEUR DES MENUISERIES (CADRES DE FENÊTRE, MONTANTS INTERMÉDIAIRES)

La surface de verre doit être la plus grande possible afin d'augmenter la quantité de lumière disponible à l'intérieur.



BIEN CHOISIR LA POSITION DE LA FENÊTRE DANS L'ÉPAISSEUR DU MUR

La fenêtre est mieux protégée contre les intempéries lorsqu'elle est positionnée en retrait (vers l'intérieur). Par ailleurs, les jeux d'ombres créés sur la façade sont alors plus marqués et contribuent à « animer » celle-ci.

CHOISIR UN VITRAGE ADÉQUAT

UTILISER DES VITRAGES À ISOLATION THERMIQUE RENFORCÉE

Les vitrages isolants existants présentent une très bonne transmission lumineuse combinée à des performances thermiques élevées. Les pertes énergétiques sont sensiblement réduites en hiver, et le confort thermique est largement augmenté. De plus, la température

de surface du verre est plus élevée, ce qui réduit la sensation de froid et élimine les risques de condensation.

TIRER PROFIT DE LA TRANSPARENCE DU VERRE

Plus la transmission lumineuse du verre est élevée, plus l'on dispose d'une quantité importante de lumière à l'intérieur des locaux.

METTRE À PROFIT LA BRILLANCE DU VERRE

Du fait de sa surface extrêmement lisse, le verre est un matériau « brillant ». De plus, certains verres à couche d'origines métalliques accentuent les effets de miroir (COOL-LITE, ANTELIO). Cette propriété permet de jouer avec les reflets du verre.

JOUER AVEC L'OPALESCENCE DES VERRES D'ASPECT DÉPOLI

La translucidité des verres imprimés, des verres dépolis ou sablés permet de faire pénétrer la lumière tout en coupant la vue directe. Ceci est intéressant pour préserver l'intimité de certains locaux (DECORGLASS, MASTERGLASS, SATINOVO MATE).

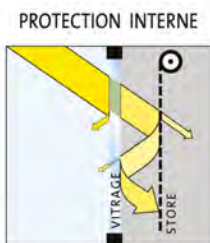
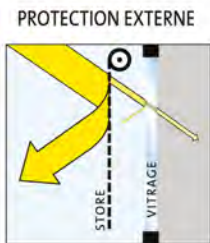
SE PROTÉGER DU SOLEIL

ÉQUIPER TOUTES LES FAÇADES (HORMIS LA FAÇADE NORD) D'UN SYSTÈME DE PROTECTION SOLAIRE (STORES, VOILETS, LAMES, ETC).

Une bonne protection, combinée à une ventilation naturelle appropriée, permet dans de nombreux cas de se passer de climatisation. Les vitrages de contrôle solaire permettront de lutter efficacement contre les surchauffes (PLANISTAR SUN, COOL-LITE, ANTELIO).

La protection solaire éventuelle doit être, de préférence, placée à l'extérieur, devant le vitrage (notamment en façades sud et ouest).

Si le store est en position intérieure, il se produit un effet de serre qui peut entraîner des surchauffes importantes.



Effet de serre

POUR ÊTRE EFFICACE EN ÉTÉ, LA PROTECTION SOLAIRE DOIT STOPPER 80 À 85 % DE L'ÉNERGIE TRANSPORTÉE PAR LES RAYONS SOLAIRES (FACTEUR SOLAIRE g COMPRIS ENTRE 0,15 ET 0,20)

À noter qu'en plein soleil, une fenêtre de 1 x 1,50 m peut se comporter comme un radiateur de 1 kilowatt.

Ceci est très intéressant en hiver (gains thermiques), mais peut causer des problèmes de surchauffe en été.

UTILISER DES PROTECTIONS SOLAIRES MOBILES AFIN DE POUVOIR DÉGAGER LA FENÊTRE LORSQUE LE SOLEIL EST ABSENT (TEMPS COUVERT)

Utiliser des stores à lames intégrés au double vitrage. Réserver les protections fixes (avant-toits) aux pièces très claires orientées au sud.

VALORISER LA LUMIÈRE NATURELLE

UTILISER DES COULEURS CLAIRES POUR LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS

Plafonds et murs blancs, sols clairs (plus les pièces sont « claires », plus elles paraissent spacieuses). Les plafonds sombres produisent un « effet de grotte » qui se traduit par une sensation d'inconfort (impression d'écrasement).

UTILISER DES COULEURS CLAIRES POUR LA FACE INTÉRIÈRE DES MENUISERIES

Cela permet de réduire le contraste, entre les

menuiseries et le ciel et d'augmenter la sensation de clarté intérieure.

CHOISIR DES COULEURS CLAIRES POUR LES LAMES DES STORES

Des lames sombres créent un effet de « prison » (vision à contre-jour avec le ciel pour fond).

LIMITER LES OBSTACLES DEVANT LA FENÊTRE

Les rideaux ou voilages intérieurs, lorsqu'ils sont repliés, doivent dégager totalement l'ouverture (jusqu'à 30 % de lumière en moins lorsque le « stockage » des rideaux est inadapté).

A PROPOS DU CONFORT VISUEL

Dans la majorité des cas, l'être humain passe une grande partie de sa journée à une place de travail, occupé soit à apprendre (écoles), soit à effectuer les différentes tâches pour lesquelles il est rémunéré (locaux de travail). La qualité de l'environnement lumineux a des conséquences considérables sur sa sécurité, sa santé, son état d'esprit, et aussi sur son efficacité.

Les points les plus importants concernant la lumière naturelle sont les suivants :

- rapprocher les postes de travail des ouvertures (éviter les locaux trop profonds),
- ménager une possibilité de vue directe vers l'extérieur,
- bannir les taches de soleil direct sur le plan de travail (problèmes

d'éblouissement). Contrôler soigneusement les contrastes dans le champ visuel. L'éblouissement (direct ou par réflexion) et les contrastes trop importants doivent être évités,

- créer des ouvertures en second jour pour profiter de la lumière en provenance d'un couloir, d'un atrium,
- utiliser l'épaisseur du faux plafond pour augmenter les ouvertures vers le haut (50 cm de vitrages gagnés dans le faux plafond permettent de doubler l'éclairement à 5 m de la baie).



LOCAUX SCOLAIRES

De nombreuses études ont montré que l'échec scolaire est parfois dû à une mauvaise vision des enfants.

Les conditions d'éclairage sont donc un facteur primordial de la qualité des locaux scolaires :

- la majorité des élèves étant droitiers, les ouvertures doivent être situées sur la paroi gauche des salles de classe. Ceci permet d'éviter que la main qui écrit ne fasse de l'ombre,

- le tableau ne doit pas être trop près des ouvertures afin de limiter les reflets,
- la possibilité d'occulter complètement les ouvertures (projections et vidéos) ne doit pas être oubliée.

LOCAUX DE BUREAUX

Dans les locaux d'angle qui possèdent des ouvertures sur deux parois contiguës, utiliser le mobilier, les plantes ou bien des cloisons mobiles à mi-hauteur pour contrôler les luminances aux différents postes de travail (problèmes de reflets).

Si les bureaux donnent sur un atrium, la surface des ouvertures doit être agrandie afin de compenser le fait qu'il y a moins de lumière provenant de l'atrium que de l'environnement extérieur.

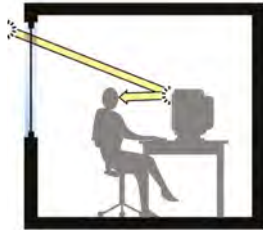
Positionner le plan de l'écran d'ordinateur perpendiculairement à celui du vitrage. De préférence, placer l'ordinateur sur un support indépendant et mobile, afin de pouvoir modifier et orienter facilement le poste de travail.



Pas d'éblouissement



Éblouissement direct



Éblouissement par réflexion

LOCAUX INDUSTRIELS

Les tâches accomplies dans l'industrie sont nombreuses et variées. Parmi elles, les opérations de contrôle de qualité et de contrôle d'aspect font appel à l'œil humain pour discerner d'infimes variations de couleur ou de texture. La qualité de la lumière naturelle, notamment sa capacité à rendre fidèlement les couleurs, est très intéressante. Privilégier les ouvertures en toiture. Bannir les pénétrations solaires directes. Les éblouissements directs et les reflets possibles sur des surfaces métalliques réduisent la performance et peuvent mettre en cause la sécurité du personnel, notamment dans le travail sur machine. Privilégier la lumière diffuse et réduire les ombres portées.

LOCAUX COMMERCIAUX

La présence de lumière naturelle dans les commerces est à la fois une source d'animation, de qualité (rendu des couleurs) mais aussi d'économie d'énergie. Les sources d'éclairage artificiel utilisées pour la mise en valeur des produits dégageant beaucoup de chaleur, il est souvent nécessaire de refroidir les locaux. La création d'ouvertures permet à la fois de réduire l'utilisation des lampes, mais aussi de ventiler les espaces.

Veiller à ce que les produits sensibles (alimentation, textiles, etc.) soient protégés du soleil et utiliser de préférence des vitrages offrant une bonne protection aux rayonnements ultraviolets (feuilletés STADIP et STADIP PROTECT). S'assurer que les reflets sur les surfaces vitrées (vitrines) ne perturbent pas la vision des objets. L'utilisation de vitrages antireflets permet de valoriser pleinement les objets exposés.

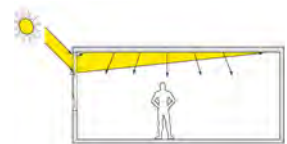
CAPTER ET RÉORIENTER LA LUMIÈRE DU JOUR

Dans les bureaux et les administrations, l'usage de l'éclairage électrique dépasse souvent 60 % du temps d'occupation des locaux. Cela est dû, certes, au rythme des saisons, mais également aux nombreux systèmes d'ombrage mis en place devant les fenêtres et

façades pour réduire les charges de refroidissement du bâtiment lors des périodes de fort ensoleillement. La pénétration de la lumière naturelle est donc réduite et entraîne une augmentation des dépenses d'éclairage. Pour satisfaire des objectifs apparemment contradictoires et assurer un meilleur confort visuel, des vitrages spéciaux ont été développés. Ils ont pour mission de capter et réorienter la lumière du jour vers certaines zones des bâtiments.

Aujourd'hui, trois grandes familles de produits verriers peuvent assurer cette fonction : les lamelles de verre, fixes ou orientables, posées en façade (à l'extérieur ou à l'intérieur du bâtiment) et les doubles vitrages intégrant des lamelles ou des grilles.

Capter et réorienter la lumière



LAMELLES DE VERRE FIXES

Des lamelles de verre de type ANTELIO placées horizontalement en façade, de préférence à l'extérieur, renvoient la lumière vers le plafond. L'éclaircissement de ce dernier et le léger assombrissement des zones situées près des fenêtres permettent d'obtenir une luminosité régulière et confortable dans le local.

Les vitrages qui assurent cette nouvelle fonction de réorientation de la lumière sont des vitrages monolithiques à couche dont la réflexion lumineuse est élevée (de 30 à 50 %) et dont la transmission lumineuse peut être comprise entre 20 et 65 %.

LAMELLES DE VERRE ORIENTABLES

Les mêmes types de vitrages peuvent être utilisés pour la réalisation de lamelles pivotantes

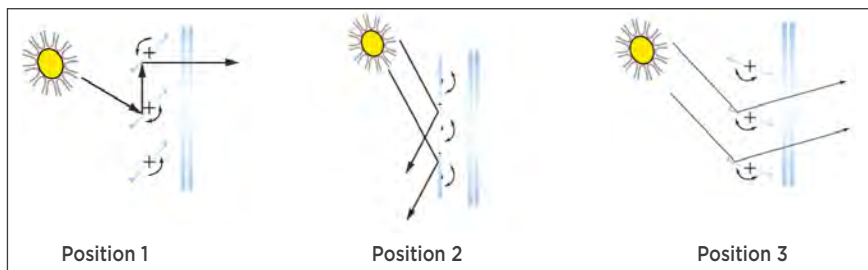
placées en façade, à l'extérieur, en format de 2 à 3 m de long et 50 cm de large. La luminosité obtenue à l'intérieur du local, comme le niveau de protection solaire, dépend

du degré d'absorption et de réflexion lumineuse du vitrage choisi.

LES DOUBLES VITRAGES AVEC STORES INTÉGRÉS

Les doubles vitrages sont équipés d'un store véni-

tien relevable à lamelles métalliques orientables. Ils permettent de doser et de réorienter la lumière, de contrôler la vision et d'assurer la protection solaire.



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 longueurs 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 DE CHALEUR

La sensation de chaleur que nous ressentons en présence du soleil est due à l'action de deux types de radiations : les infrarouges (longueurs d'ondes entre 0,78 et 2,5 μm) mais aussi le visible (entre 0,38 μm et 0,78 μm). C'est l'une des raisons pour lesquelles un verre à couche de contrôle solaire ne peut pas à la fois stopper toute la chaleur solaire et laisser passer la lumière, car une grande partie de la chaleur vient de la lumière elle-même.

SENSATION LUMINEUSE

La sensation lumineuse que nous éprouvons est due à l'action du seul

rayonnement électromagnétique de longueurs d'onde 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.

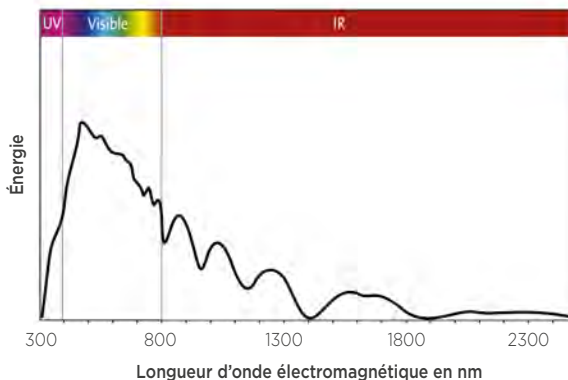
CARACTÉRISTIQUES SPECTROPHOTOMÉTRIQUES

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.

Les rapports de chacune de ces 3 parties sur le

Spectre du rayonnement solaire global selon EN 410



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'onde 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.

À titre d'exemple, figurent ci-dessous les courbes de transmission spectrale :

- du verre clair PLANICLEAR 6 mm,
- du verre teinté 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.

Le logiciel CALUMEN, à télécharger sur le site www.saint-gobain-glass.fr,

permet d'obtenir par type de vitrage, ces 3 facteurs calculés selon la norme EN 410. Ils sont déterminés pour des longueurs d'onde comprises entre 0,3 et 2,5 μm .

FACTEURS DE TRANSMISSION ET DE RÉFLEXION LUMINEUSES

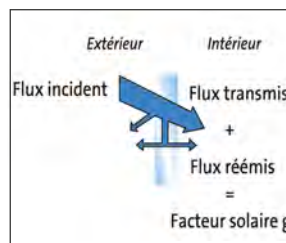
Les facteurs de transmission et de réflexion lumineuses d'un vitrage sont les rapports des flux lumineux transmis et réfléchis au flux lumineux incident.

Le logiciel CALUMEN, à télécharger sur le site www.saint-gobain-glass.fr,

permet d'obtenir 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.

FACTEUR SOLAIRE g

Le facteur solaire g 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.



Le logiciel CALUMENLive, disponible sur : www.calumenlive.com, donne 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 intérieures et extérieures égales entre elles,
- les coefficients d'échange du vitrage vers l'extérieur de $h_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$ et vers l'intérieur de $h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Voir page 455, Le verre et l'isolation thermique.

ÉNERGIE 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 μm).

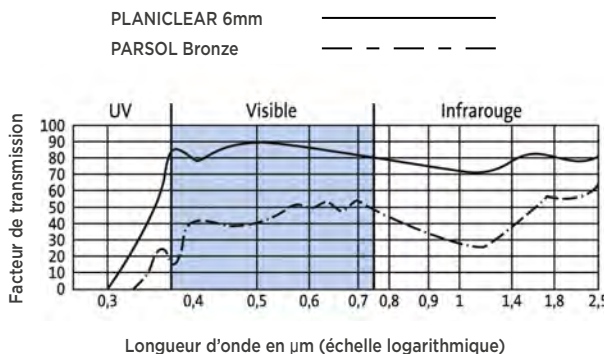
Les vitrages, même clairs, sont pratiquement opaques aux radiations de longueur d'onde supérieure à 5 μm .

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 et permettent l'éclairage en limitant la surchauffe.



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 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

	Compos.	TL (%)	Coef. U_g^1 W/m ² .K	Facteur solaire g
ECLAZ ONE PLANICLEAR	4-16-4	80	1,0	0,60
COOL-LITE XTREME 70-33 PLANICLEAR	6-16-4	70	1,0	0,33
COOL-LITE XTREME 60-28 PLANICLEAR	6-16-4	60	1,0	0,28
COOL-LITE ST BRIGHT SILVER ECLAZ ONE	6-16-4	61	1,0	0,48
COOL-LITE ST 150 ECLAZ ONE	6-16-4	46	1,0	0,36

1. Calculs avec espace intercalaire de 16 mm et 90 % d'argon. Pour plus d'informations sur les produits, se reporter au chapitre « Présentation détaillée des produits ».

ÉCLAIRAGE

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.

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 les pages précédentes

« Le verre et la lumière »).

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 ultravio-

lets 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 STADIP qui transmettent moins de 1 % des UV

(contre 44 % pour un verre PLANICLEAR 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 décolo-

ration. L'optimisation d'un tel vitrage conduit toujours à trouver un compromis entre divers paramètres impliquant des choix d'ordre esthétique et économique.

Le verre et l'isolation thermique

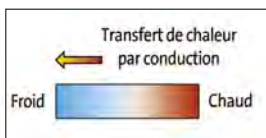
ÉCHANGES THERMIQUES

La paroi vitrée sépare deux ambiances se trouvant généralement à des températures différentes. Il y a donc, comme pour toute autre paroi, un transfert de chaleur de l'ambiance chaude vers l'ambiance froide. Mais la paroi vitrée a également la particularité d'être transparente au rayonnement solaire qui apporte gratuitement de la chaleur.

ÉCHANGES DE CHALEUR À TRAVERS UNE PAROI

Les échanges thermiques à travers une paroi se font selon 3 modes de propagation :

- la conduction est le transfert de chaleur au sein d'un corps ou entre deux corps en contact direct. Ce transfert s'effectue sans déplacement de matière. Le flux de chaleur



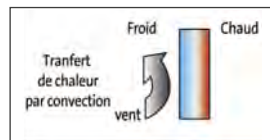
entre les deux faces d'un vitrage dépend de l'écart de température entre ces faces et de la conductivité thermique du matériau.

La conductivité thermique du verre est :

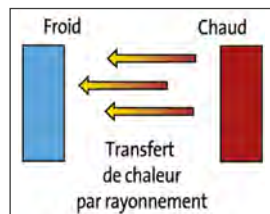
$$\lambda = 1,0 \text{ W/(m.K)}$$

- la convection est le transfert de chaleur entre la surface d'un solide et un fluide, liquide ou gaz.

Ce transfert s'accompagne d'un déplacement de matière,



- le rayonnement est le transfert de chaleur résultant d'un échange par rayonnement entre deux corps se trouvant à des températures différentes.



Aux températures ambiantes, ce rayonnement se situe dans l'infrarouge à des longueurs d'onde supérieures à 5 μm . Il est proportionnel à l'émissivité de ces corps.

- l'émissivité est une caractéristique de surface des corps. Plus l'émissivité est faible, plus le transfert de chaleur par rayonnement est faible. L'émissivité normale ϵ_n du verre est de 0,89. Certains verres peuvent être recouverts d'une couche dite faiblement émissive pour laquelle ϵ_n peut être inférieure à 0,04 (verres à couche des gammes PLANITHERM et COOL-LITE SKN).

COEFFICIENTS D'ÉCHANGE SUPERFICIEL

Quand une paroi est en contact avec l'air, elle échange de la chaleur par conduction et par convection avec cet air et par rayonnement avec son environnement. L'ensemble de ces transferts thermiques est défini de façon conventionnelle pour une vitesse de vent,

des émissivités et des températures normalement rencontrées dans le domaine du bâtiment. Ils sont caractérisés par h_e pour les échanges extérieurs et h_i pour les échanges intérieurs.

Les valeurs normalisées de ces coefficients sont :
 $h_e = 23 \text{ W/m}^2.\text{K}$,
 $h_i = 8 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

TRANSMISSION THERMIQUE D'UNE PAROI

COEFFICIENT U

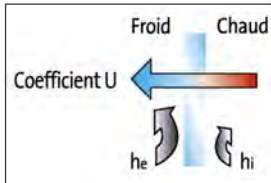
Les transferts thermiques à travers une paroi par conduction, convection et rayonnement s'expriment par le coefficient U.

Celui-ci représente le flux de chaleur qui traverse 1 m^2 de paroi pour une différence de température de 1 degré entre l'intérieur et l'extérieur du local.

Sa valeur conventionnelle est établie pour les coefficients d'échange superficiel h_e et h_i définis précédemment. Il est calculé selon la norme EN 673.

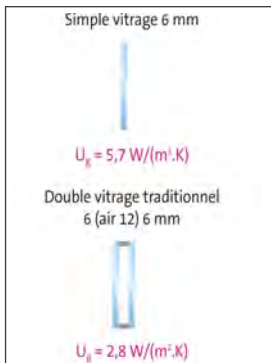
Il y a possibilité de calculer un coefficient U spécifique en utilisant des valeurs différentes de h_e , qui est fonction de la vitesse du vent et de nouvelles conditions de température.

Plus le coefficient U est petit, plus les déperditions thermiques sont faibles, meilleure est l'isolation thermique de la paroi.



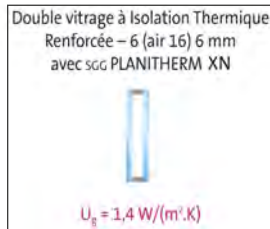
COEFFICIENT U_g DES VITRAGES

La paroi vitrée peut être constituée d'un vitrage simple ou d'un double vitrage qui permet d'obtenir une meilleure isolation thermique. Le principe du double vitrage est d'enfermer entre deux verres une lame d'air immobile et sec afin de limiter les échanges thermiques par convection et de profiter de la faible conductivité thermique de l'air.

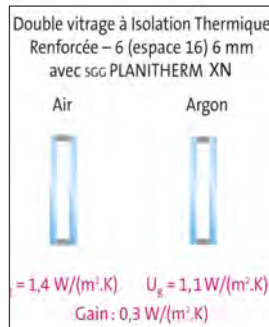


AMÉLIORATION DU COEFFICIENT U_g DES VITRAGES

Pour améliorer le coefficient U_g , il faut diminuer les transferts thermiques par conduction, convection et rayonnement. Comme il n'y a pas de possibilité d'agir sur les coefficients d'échange superficiel, l'amélioration va porter sur la diminution des échanges entre les deux composants du double vitrage :



• Les transferts par conduction et convection peuvent être diminués en remplaçant l'air se trouvant entre les deux verres par un gaz plus lourd présentant une conductivité thermique plus faible (argon en général).



• Les transferts par rayonnement peuvent être diminués en utilisant des verres à couche faiblement émissive. Pour exploiter cette possibilité, Saint-Gobain a mis au point des verres à couche peu émissive permettant d'obtenir une Isolation Thermique Renforcée.

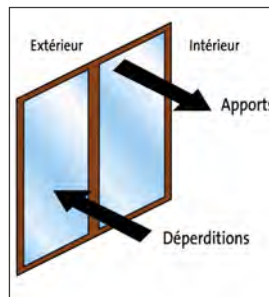
• Verres à couche déposée « sous vide » : gamme ECLAZ, PLANITHERM, PLANISTAR SUN, COOL-LITE SK et COOL-LITE XTREME.



Valeur U_g calculée pour un remplissage de 90 % d'Argon.

BILAN ÉNERGÉTIQUE

Le vitrage est source de déperditions thermiques caractérisées par le coefficient U_g et d'apports solaires caractérisés par le facteur solaire g . Le bilan énergétique est égal aux déperditions thermiques diminuées des apports solaires récupérables. Le bilan énergétique est négatif quand les apports sont supérieurs aux déperditions.



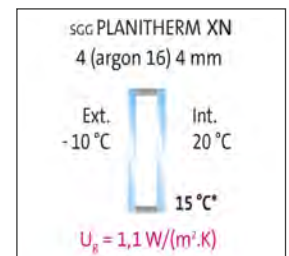
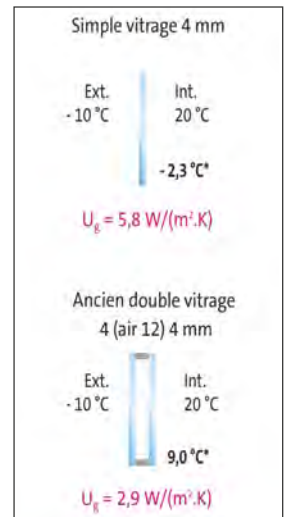
Confort thermique

TEMPÉRATURES DE PAROI PLUS ÉLEVÉES

Le corps humain échange par rayonnement de la chaleur avec son environnement. C'est ainsi qu'une sensation de froid peut être ressentie près d'une paroi dont la température est basse, même dans une pièce à température confortable.

En hiver, avec un faible coefficient U, la température de la face intérieure de la paroi vitrée sera plus élevée et l'effet dit de « paroi froide » sera diminué :

- il est possible de vivre plus près des fenêtres sans inconfort,
- les risques de condensation intérieure seront diminués.



Températures données à titre indicatif.

Le verre et l'isolation acoustique

GÉNÉRALITÉS

BRUIT

Le bruit est une perception auditive engendrée par des vibrations ou des ondes qui se propagent dans l'air, un liquide ou une matière solide (par ex. un mur). Ce sont en fait des changements minimes dans la pression d'air, enregistrés par notre tympan. Par rapport à une pression atmosphérique d'environ 100 000 Pa, ces variations de pression d'air « audibles » sont de l'ordre de 0,00002 Pa à 20 Pa.

FRÉQUENCE

Le bruit se compose de différentes hauteurs tonales (fréquences). La fréquence est exprimée en Hertz (Hz = nombre de vibrations par seconde). Plus le ton est élevé, plus il y a de vibrations par seconde. L'oreille humaine est sensible aux sons dont les fréquences sont comprises entre 16 Hz et 20 000 Hz. L'acoustique du bâtiment ne considère que l'intervalle 50 Hz à 5 000 Hz partagé en bandes d'octaves (chaque fréquence est le double de la précédente) ou de 1/3 d'octave.

NIVEAU SONORE

Le niveau sonore signifie tout simplement : faible ou fort. L'oreille enregistre des différences de pression allant de 0,00002 Pa à 20 Pa. Pour avoir un aperçu

clair de cette vaste plage, on utilise une échelle logarithmique.

Le niveau sonore est exprimé sur cette échelle en décibels (dB). 0 dB est le seuil d'audibilité en dessous duquel l'oreille humaine ne perçoit plus rien. Un niveau sonore de 140 dB est le seuil de la douleur.

CALCULER EN DÉCIBELS

Lorsque nous calculons en dB, $1 + 1$ n'est pas égal à 2 ! Deux sources sonores de 50 dB donnent un total de 53 dB.

Un doublement du bruit entraîne une hausse de 3 dB du niveau sonore. Pour augmenter le niveau sonore de 10 dB, il faut décupler les sources sonores. L'oreille humaine ne réagit pas non plus linéairement au niveau sonore. Une hausse de 10 dB du niveau sonore (c'est-à-dire un décuplement du bruit) n'est perçue par notre oreille que comme un doublement du bruit. Cela signifie concrètement pour le niveau sonore qu'une diminution de :

- 1 dB est à peine perceptible,
- 3 dB est perceptible,
- 10 dB réduit de moitié le bruit.

INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE

Il se mesure en laboratoire. Cet indice, mesuré selon la norme EN

ISO 140, représente les caractéristiques d'un élément (fenêtre, cloison, etc.) pour chaque bande de 1/3 d'octave centrée entre les valeurs 100 et 3 150 Hz (16 valeurs). Des mesures peuvent être faites facultativement pour les fréquences de 50 à 100 Hz et de 3 150 à 5 000 Hz.

À partir des 16 valeurs d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence, les calculs permettent d'exprimer de façon différente les qualités acoustiques de l'élément étudié.

Les valeurs couramment utilisées sont les valeurs globales définies par la norme EN ISO 717-1 pour une courbe de référence adaptée à deux spectres de bruit donné :

- le bruit rose de référence contient la même énergie acoustique dans chaque intervalle de fréquence de mesure,
- le bruit de trafic routier caractérise un bruit extérieur de trafic urbain.

UTILISATION DE L'INDICE UNIQUE

L'isolation acoustique obtenue grâce à une construction est définie par un indice représentant la différence entre le bruit intérieur et extérieur, qui est différent de l'indice d'affaiblissement R . Les responsables de la construction choisissent les indices d'affaiblissement R de chaque

élément de construction de telle sorte que l'isolation acoustique exigée soit obtenue grâce à une méthode de calcul, comme celle définie dans la norme EN 12354-3.

L'INDICE D'AFFAIBLISSEMENT PONDÉRÉ R_w

L'indice d'affaiblissement pondéré R_w est calculé sur la base d'une comparaison entre les valeurs R mesurées (16 valeurs pour 16 bandes de 1/3 d'octave, de 100 Hz à 3 150 Hz) et une courbe de référence. Celle-ci est positionnée de telle sorte que la moyenne du dépassement de la courbe mesurée vers le bas soit inférieure à 2 dB. La valeur qu'indique la courbe ainsi positionnée pour la fréquence de 500 Hz s'appelle R_w (dB).

Remarque : R_w est un indice global : un même indice peut correspondre à différentes courbes d'isolation acoustique.

TERMES D'ADAPTATION À UN SPECTRE C ET C_v

Le meilleur résultat d'une construction est obtenu lorsqu'elle apporte une bonne isolation acoustique dans les fréquences où la source de bruit est la plus forte.

Jusqu'à présent, une construction était évaluée sur la base d'un seul indice, sans tenir compte des caractéristiques de la source de bruit, ce qui peut conduire à des erreurs d'investissement et à des déceptions.

Afin d'éviter cette situation, un indice commun à tous, R_w ($C ; C_{tr}$), a été créé.

L'indice « tr » vient de « trafic ».

C (dB) est la correction pour les sources de bruit contenant peu de basses fréquences, par ex. : trafic routier rapide, trafic ferroviaire rapide, proximité d'un avion, activités de vie, parole, enfants qui jouent.

C_{tr} (dB) est la correction pour les sources de bruit contenant beaucoup de basses fréquences, par ex. : trafic urbain, musique de discothèque, trafic ferroviaire lent, avion à grande distance.

Les termes de correction sont calculés sur la base des spectres sonores pondérés A :

- C : bruit rose,
- C_{tr} : bruit de trafic routier urbain.

Ces deux corrections sont en général des chiffres négatifs ; leur emploi signifie qu'une valeur d'isolation acoustique trop avantageuse sera corrigée vers le bas. Les deux corrections sont indiquées par les laboratoires de mesure et apparaissent à côté de la valeur R_w .

Exemple : Selon la norme EN 717-1, une construction obtient :

$$R_w (C ; C_{tr}) = 37(-1;-3).$$

Ceci signifie, dans cet exemple, que l'indice d'affaiblissement pondéré R_w est égal à 37 dB et que, pour le trafic urbain, il est réduit de 3 dB :

$$R_w = 37 \text{ dB},$$

$$R_w + C = 37 - 1 = 36 \text{ dB},$$

$$R_w + C_{tr} = 37 - 3 = 34 \text{ dB}.$$

Dans certains pays, on pourra indiquer directement le résultat :

$$R_A = 36 \text{ dB}, \text{ c'est-à-dire } = 37-1,$$

$$R_{A,tr} = 34 \text{ dB}, \text{ c'est-à-dire } = 37-3.$$

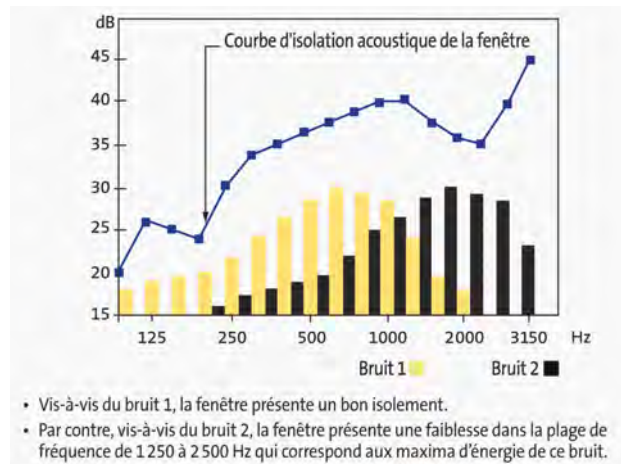
Cette démarche permet de choisir des constructions appropriées pour une application bien précise. Une meilleure information est obtenue en comparant les valeurs par tiers d'octave de l'indice d'affaiblissement R dans une fenêtre par exemple, et du spectre de bruit (voir Fig. 1).

COMPORTEMENT DU VITRAGE

Chaque plaque d'un matériau donné a une fréquence critique pour laquelle elle se met à vibrer plus facilement. À cette fréquence, le bruit se transmet beaucoup mieux. La feuille de verre subit au niveau de l'isolation acoustique une perte de performance de 10 à 15 dB. Pour un vitrage de 4 mm d'épaisseur, cette fréquence critique se situe à 3 000 Hz, alors que pour une plaque de plâtre de 13 mm elle se situe à 3 200 Hz.

En augmentant l'épaisseur du verre, la perte de performance due à la fréquence critique se déplace vers les basses fréquences (voir Fig. 2). Il faudrait atteindre une épaisseur de verre de 12 cm, pour que le « trou » dû à la fréquence critique

Fig. 1 - Influence du spectre de bruit sur l'isolation acoustique



soit inférieur à 100 Hz et ne soit donc plus pris en compte.

Le traitement acoustique des façades soumises à de nombreux bruits de forte intensité en basses fréquences (bruits routiers) est difficile.

Jusqu'il y a peu, l'amélioration de la performance acoustique des doubles vitrages a surtout été obtenue par l'augmentation des épaisseurs et l'asymétrie des verres. Les verres feuilletés de sécurité se comportent un peu mieux que les verres monolithiques de même épaisseur totale (voir Fig. 3 et 4).

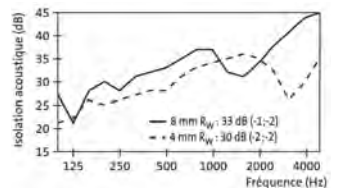
Aujourd'hui, avec la mise au point du feuilleté acoustique STADIP SILENCE, l'effet de la fréquence critique est supprimé (voir Fig. 4).

En moyenne, il est possible de gagner de 1 à 3 dB pour des compositions verrières similaires et surtout d'assurer une homogénéité de performance pour toutes les fréquences.

COMPARAISON DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES

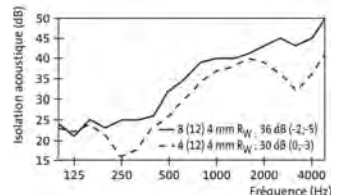
- Simple vitrage

Fig. 2



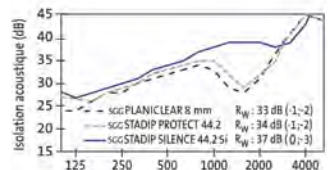
- Double vitrage asymétrique

Fig. 3



- Vitrages avec 8 mm de verre (épaisseur totale)

Fig. 4



INDICE R

Le vitrage n'est pas seul dans la construction mais incorporé dans un châssis. Le vitrage et le châssis constituent ensemble l'élément qui détermine l'isolation acoustique de toute la fenêtre et dans certains cas de la façade. Il n'est pas possible

d'extrapoler les caractéristiques de la fenêtre seulement à partir de la performance du vitrage. L'indice d'affaiblissement de la fenêtre ne peut être donné qu'après mesure effectuée sur la fenêtre terminée. Par contre, il est recommandé d'harmoniser le type de vitrage avec le

châssis et le système d'étanchéité. Les vitrages à hautes performances acoustiques doivent être montés dans des châssis adéquats. La performance acoustique n'est pas influencée par le sens de pose du vitrage. Le tableau ci-après indique pour divers types de vitrages

courants la valeur R_w (C ; C_{tr}) avec les deux termes d'adaptation (en dB). Dans les deux dernières colonnes sont mentionnées directement les valeurs d'isolation acoustique R_A et $R_{A,tr}$ (en dB).

Composition des vitrages		Valeurs selon EN 717-1			R_A	$R_{A,tr}$
		R_w	C	C_{tr}		
Vitrages monolithiques	6 mm ¹	32	-1	-2	41	30
	8 mm ¹	33	-1	-2	32	41
	10 mm ¹	35	-1	-2	34	33
Doubles vitrages	4 (12) 4	31	-1	-4	30	27
	4 (16) 4	30	-1	-3	29	27
	8 (16) 8	34	-1	-4	33	30
Doubles vitrages acoustiques avec asymétrie des verres	4 (12) 6	35	-2	-5	33	30
	4 (16) 8 ¹	36	2	-5	34	31
	10 (10) 4	36	-1	-4	35	32
Doubles vitrages de sécurité renforcée avec STADIP PROTECT	8 (16) 44.2	37	-2	-5	35	32
	8 (20) 44.4	40	-1	-4	39	36
	8 (20) SP 514	41	-1	-5	40	36
Doubles vitrages acoustiques et de sécurité avec STADIP SILENCE	8 (12) 44.1Si	40	-1	-5	39	35
	10 (12) 44.2Si	42	-1	-4	41	38
	10 (20) 44.2Si	44	-1	-4	43	40
	66.2Si (20) 44.2Si	49	-2	-6	47	43

1. Mesures acoustiques réalisées dans le cadre du marquage **CE**(ITT). Les résultats d'autres mesures acoustiques seront publiés sur le site www.saint-gobain-glass.com, au fur et à mesure de leur obtention.

Le verre et la résistance aux impacts

Les technologies de fabrication, de transformation et d'assemblage permettent de conférer aux vitrages d'excellentes capacités de réponse aux contraintes de sécurité qu'exige la construction actuelle, notamment en matière de résistance aux impacts.

Les chocs potentiels sont

de diverses natures et les niveaux de réponse des vitrages dépendent :

- du niveau énergétique de l'impact d'une part,
- et de la surface maximale de contact développée au cours du choc d'autre part.

Par exemple, le niveau énergétique d'un impact

ballistique est plus élevé que celui de l'impact du corps humain lors d'une chute accidentelle ; la surface de contact entre ces deux types de chocs est également très différente.

Dans tous les cas, on se reportera aux normes correspondantes.

PROTECTION CONTRE LE RISQUE DE BLESSURES EN CAS DE HEURTS ACCIDENTELS

En règle générale, les vitrages correspondants sont ceux dont l'intitulé normatif est complété du terme « sécurité ». Il s'agit des vitrages de sécurité

trem্পés thermiquement de type SECURIT, STADIP et STADIP PROTECT relevant respectivement, pour le premier, de la norme EN 12150 « Verre dans la construction - Verre de sécurité trempé thermiquement », et, pour les deux derniers, de la norme EN 12543-2 « Verre dans la construction - Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité - Partie 2 : Verre feuilleté de sécurité ». Sous certaines conditions, le verre armé peut également assurer cette fonction.

PROTECTION CONTRE LA CHUTE DE MORCEAUX DE VERRE EN TOITURE ET VERRIÈRES

Les vitrages feuilletés STADIP PROTECT évitent le passage d'objet en chute accidentelle à travers une paroi vitrée et offrent une stabilité résiduelle après choc pour protéger ainsi les aires d'activités et de passage exposées. Les vitrages de sécurité trempés thermiquement de type SECURIT et DECORGLASS ARME peuvent également répondre à ces besoins, sous certaines conditions.

PROTECTION CONTRE LA CHUTE DES PERSONNES

Tout comme pour les deux fonctions précédemment citées, les vitrages STADIP PROTECT répondent également à ce domaine d'application. Dans certains cas, on pourra aussi utiliser des vitrages de sécurité trempés thermiquement.

PROTECTION CONTRE LE VANDALISME ET L'EFFRACTION : PROTECTION DE BASE

L'attaque manuelle légère et les actes de vandalisme sont souvent synonymes de jets d'objets plus ou moins massifs, effectués de manière plus ou moins violente. Les corps de chocs (impacteurs) et les divers niveaux d'énergie d'impact associés décrits dans la norme EN 356 simulent les agressions auxquelles peuvent être soumises les baies exposées. Les vitrages STADIP PROTECT, qui font directement référence à cette norme, proposent des niveaux de réponse graduels à ces agressions.

PROTECTION CONTRE LE VANDALISME ET L'EFFRACTION : PROTECTION RENFORCÉE

Les projections répétées à haut niveau d'énergie et les impacts de hache et de marteau sont les corps de chocs utilisés dans la norme EN 356 pour ce domaine d'application. Les vitrages VETROGARD et STADIP PROTECT SP (voir STADIP/STADIP PROTECT) apportent des réponses adaptées au niveau de protection souhaité.

PROTECTION CONTRE LE TIR AU FUSIL OU À L'ARME DE POING

La variabilité des surfaces maximales de contact développées au cours des chocs, ainsi que les divers niveaux d'énergie conduisent la norme EN 1063 à établir 7 classes pour couvrir les exigences de protection correspondantes. Pour les fonctions de protection contre les tirs d'armes à feu, la norme EN 1063 définit une exigence complémentaire :

elle permet de distinguer par la mention « NS » les vitrages qui, sous l'action des impacts, ne génèrent pas de projection d'éclats vulnérants*.

PROTECTION CONTRE LE TIR AU FUSIL DE CHASSE

Ce type d'arme, largement diffusé et capable de projeter des balles massives, est, en termes de chocs générés, un cas particulier des tirs d'armes à feu. Le classement en regard des impacts induits est donc traité de manière spécifique par la norme EN 1063. Pour toutes les fonctions de protection aux chocs, les châssis et la mise en œuvre doivent également être adaptés à la performance recherchée. De nombreuses normes permettent de vérifier l'adéquation entre supports, fixations et vitrages.

** On entend par éclat vulnérant toute projection de verre consécutive à l'impact, traversant une feuille d'aluminium placée à 500 mm en retrait de la face opposée au tir, d'épaisseur égale à 0,02 mm et de densité surfacique égale à 0,054 kg/m².*

Le verre et la protection incendie

RÉACTION AU FEU

Dans les mesures de prévention de l'incendie, le choix judicieux des matériaux utilisés dans les constructions en fonction de leur réac-

tion en présence du feu est d'une importance primordiale. Il semble évident de privilégier l'utilisation de constituants qui ne risquent pas de s'enflammer au contact

d'une cendre de cigarette ou d'une allumette mal éteinte. Mais une approche technique complète n'est possible que si les matériaux ont été testés et classés suivant

les mêmes méthodes officielles de référence et si les fournitures correspondantes sont clairement identifiées et accompagnées des attestations nécessaires. Pour classer les maté-

riaux, Saint-Gobain les teste dans des laboratoires d'essais agréés et détermine leurs caractéristiques sur des appareils homologués dans des conditions spécifiées transposant en laboratoire la situation de sollicitation subie lors d'un feu débutant.

Pour chaque matériau, sont mesurés et enregistrés les paramètres correspondant principalement à :

- sa susceptibilité à s'enflammer,
- sa capacité à alimenter l'incendie,
- et, en complément, la vitesse de combustion linéaire, la production de gouttes enflammées ou de fumées, par exemple.

Les résultats obtenus permettent le classement suivant la norme EN 13501-1. La classe s'exprime par un code alphanumérique, repris sur un document officiel, et dont la mention est obligatoire pour toute fourniture ultérieure.

Le matériau verre est incombustible et les vitrages de Saint-Gobain bénéficient des meilleurs classements correspondant à :

- incombustible pour tous les vitrages monolithiques ANTELIO, PARSOL, PLANICLEAR, etc.,
- ininflammable pour la plupart des feuilletés des gammes STADIP.

RÉSISTANCE AU FEU

Quand le feu est déclaré, il faut sauver la vie des personnes menacées en s'opposant aux effets de l'incendie : protéger en résistant.

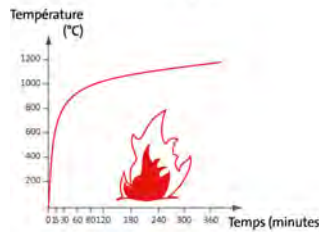
Les dangers principaux sont :

- l'effondrement des ouvrages ou de parties d'ouvrage bloquant les personnes en danger,
- les fumées et leurs composants toxiques, danger principal aussi bien en raison des risques d'asphyxie que des pertes de repères et des réactions de panique qu'ils peuvent provoquer,
- le rayonnement thermique pouvant conduire à des brûlures graves et mortelles.

Pour protéger, il faut pouvoir disposer d'éléments de construction adaptés. Là encore, des méthodes d'essais officielles sont utilisées dans des conditions réglementaires. Les éléments de construction sont soumis à un programme thermique conventionnel.

Presque partout dans le monde, on utilise la courbe pilote de température/temps ISO 834-10 pour les cas de figure correspondant à un risque domestique courant.

Courbe ISO de sollicitation thermique



La satisfaction à trois critères principaux pendant une durée minimum est vérifiée :

- critère de Résistance ou de stabilité (R),
- critère d'Étanchéité aux flammes et aux gaz chauds (E),
- critère d'Isolation thermique pendant l'incendie (I).

Des classements sont attribués associant la satisfaction aux critères ci-dessus à des durées forfaitaires minimales. Par exemple, pour un élément porteur et étanche

pendant 30 minutes : RE 30, ou étanche et isolant pendant 60 minutes : EI 60.

Des critères optionnels ou complémentaires peuvent également être pris en compte, par exemple : critère W (flux thermique maximum en kW/m²).

Des homologations, procès-verbaux ou autorisations d'emploi officiels sont ensuite rédigés. Ils concernent exclusivement des éléments de construction complets, par exemple des portes, cloisons, modules de cantonnement (jamais les matériaux constitutifs séparément), montés à l'identique conformément aux essais.

Saint-Gobain a développé, avec sa marque Vetrotech, une gamme complète de vitrages spécifiquement dédiés à ce type d'utilisation et propose un vaste ensemble de solutions homologuées, certifiées et attestées avec les documents justificatifs correspondants.



E = intégrité
Ew = intégrité + rayonnement



EI = intégrité + isolation

Le verre et les émissions de COV

RÉGLEMENTATION SUR L'INFORMATION ET LA SURVEILLANCE DES ÉMISSIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

La réglementation se décompose en deux volets complémentaires :

- un étiquetage informatif, conformément au décret du 23 mars 2011,
- la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public sensible, conformément au décret du 2 décembre 2011.

L'ÉTIQUETAGE

Depuis le 1^{er} septembre 2013, les produits de construction et de décoration, utilisés à l'intérieur ou pouvant être en contact avec l'air intérieur, ainsi que les produits utilisés pour leur incorporation ou leur application, doivent être étiquetés selon leur niveau d'émission en composés organiques volatils ou COV. Sont exclus les produits utilisés uniquement à l'extérieur et ceux composés de matériaux non émissifs.

Exemple d'applications concernées :

- les revêtements de murs, sols ou plafond,
- les cloisons,
- les portes,
- les fenêtres.

L'affichage du niveau d'émission est donné par

un classement allant de A+ pour les matériaux très faiblement émissifs à C pour les matériaux fortement émissifs. L'étiquette est apposée directement sur les produits, dans les lieux de

vente. Elle a pour objectif d'informer et de guider le choix des consommateurs.

Seul le produit mis sur le marché doit être étiqueté. Quand les vitrages ne sont qu'une

partie du produit vendu, c'est le produit dans son ensemble qui doit faire l'objet de l'étiquetage. Le tableau ci-dessous présente quelques exemples d'applications pour les vitrages.

Vitrages vendus seuls	Produits intégrant un vitrage
Revêtement mural Crédence de cuisine ou de salle de bains Dalle de plancher	Fenêtre intégrant un double vitrage Balustrade intégrant un verre feuilleté Porte de placard intégrant un placage en verre laqué ou en miroir Porte, cloison ou séparatif d'espace intégrant un verre feuilleté

L'ÉTIQUETAGE DES VITRAGES

De par leur composition, le verre seul et les verres à couche n'émettent aucun composé organique volatil et ne doivent pas être étiquetés.

Seuls les vitrages susceptibles d'émettre des COV peuvent être soumis à l'étiquetage informatif :

- le miroir, MIRALITE REVOLUTION avec ou sans film SAFE,
- le verre laqué, MASTER-SOFT et PLANILAQUE COLOR-IT avec ou sans film SAFE,
- le verre feuilleté, STADIP et STADIP PROTECT,
- le verre feuilleté laqué ou miroir, DECO STADIP incluant PLANILAQUE COLOR-IT STADIP, MIRALITE STADIP et PLANILAQUE COLOR-IT MIRALITE STADIP.

Grâce au soin apporté par Saint-Gobain lors de leur fabrication, tous ces vitrages sont classés A+, soit la meilleure classe possible pour les

émissions de COV.



* Information sur le niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur présentant un risque de toxicité par inhalation, sur une échelle de classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions).

	Date d'achèvement des mesures
Établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans et écoles maternelles	1 ^{er} janvier 2015
Écoles élémentaires	1 ^{er} janvier 2018
Centres de loisirs et établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du second degré	1 ^{er} janvier 2020
Structures de soins de longue durée des établissements sanitaires et sociaux Piscines couvertes ouvertes au public Établissements pénitentiaires pour mineurs	1 ^{er} janvier 2023

SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

La surveillance de la qualité de l'air intérieur est obligatoire dans certains établissements recevant du public sensible (enfants, personnes âgées ou malades). L'entrée en vigueur de cette obligation est progressive et devra être achevée avant le 1^{er} janvier 2023.

La surveillance obligatoire est effectuée tous les 7 ans au minimum.

Trois substances ont été jugées prioritaires et font l'objet de mesures spécifiques :

- le formaldéhyde,
- le benzène,
- le dioxyde de carbone.

Le verre pour décorer ou aménager

Pour répondre aux besoins en aménagement et décoration, la gamme Saint-Gobain Design et Décoration offre un large choix de produits.

Ils satisfont chacun aux fonctions essentielles spécifiques à chaque application et enrichissent l'espace par leurs qualités esthétiques.

VITRAGE POUR SÉPARATIFS (BIFACE)

Les vitrages peuvent servir à structurer l'espace. Les séparatifs en verre apportent la lumière naturelle au cœur des espaces de vie ou de travail. Selon le besoin, ils ouvrent la vue vers l'extérieur ou assurent la plus parfaite intimité.

CLOISONS, PORTES ET SÉPARATIFS D'ESPACES

Les verres transparents clair PLANICLEAR ou extra-clairs DIAMANT

utilisés en cloison ou en séparatif préservent le confort de chacun tout en laissant largement passer la lumière naturelle. Ils ouvrent le champ de vision et contribuent à la convivialité.

Pour un espace plus protégé des regards, on peut choisir un vitrage translucide aussi lumineux (verre imprimé DECORGLASS, MASTERGLASS ou verre maté à l'acide SATINOVO MATE) ou un vitrage plus occultant en transmission lumineuse (verre chromé MIRASTAR ou verre fortement teinté PARSOL ULTRA GRIS selon l'esthétique recherchée). Les panneaux en verre décoratif opaque COLOR-IT ou MIRALITE assurent, quant à eux, une parfaite intimité et permettent en plus, pour le MIRALITE, d'intégrer à la paroi ou à la porte la fonction miroir.

Effet de surface	Neutre	Coloré
Brillante	MIRALITE REVOLUTION MIRASTAR	PLANILAQUE COLOR-IT
Légèrement brillante	PIXARENA MIRALITE	
Mate	SATINOVO MATE MIRALITE	PLANILAQUE ou MASTER-SOFT COLOR-IT SATINOVO MATE MIRALITE bronze, vert ou gris

PAROIS DE DOUCHE - PARE-BAINS

Une large gamme de vitrages est adaptée à la fabrication de parois de douche ou pare-bains. Elle permet de choisir l'esthétique et le niveau d'intimité souhaité. La résistance du verre trempé permet de maintenir la paroi avec des pièces métalliques discrètes et ceci en toute sécurité.

TABLES ET TABLETTES

Une large gamme de vitrages est adaptée à la fabrication de tables ou de tablettes en verre trempé. Elle permet de choisir l'esthétique souhaitée.

GARDE-CORPS ET REMPLISSAGES DE BALUSTRADES

Sous réserve d'être assemblés en verre feuilleté de sécurité STADIP PROTECT, les produits de la gamme SAINT-GOBAIN Design et Décoration peuvent être utilisés en garde-corps ou en remplissage de balustrades.

SIGNALÉTIQUES EN VERRE

Les nombreuses techniques de personnalisation du verre (sérigraphie, fusing, sablage, gravure, etc.) permettent de réaliser des panneaux de signalétique élégants.

VITRAGE DE PAREMENT (SIMPLE FACE)

En parement mural, les verres peuvent apporter de la couleur ou des effets de surface :

- la brillance d'une surface parfaitement lisse,
- les reflets d'une surface texturée,
- l'absence de reflet d'une surface complètement mate.

REVÊTEMENT MURAL : CRÉDENCE

Totalement étanche à l'eau et à la vapeur, le verre permet de protéger efficacement les murs. Disponibles en grand format, les panneaux en verre sont rapides à poser. Ils ne nécessitent quasiment aucun joint et sont faciles à entretenir.

PLACAGE POUR PORTES DE PLACARD, FAÇADE DE MOBILIER

Le verre laqué PLANILAQUE COLOR-IT, MASTER-SOFT COLOR-IT ou les miroirs MIRALITE sont largement utilisés en placage de mobilier. En finition brillante ou mate, le verre laqué apporte une esthétique contemporaine.

Transmission lumineuse	Transparent	Translucide	Opaque
Importante	VISION-LITE DIAMANT PLANICLEAR STADIP SILENCE	SATINOVO MATE DECORGLASS MASTERGLASS	
Modérée	PARSOL Gris, Bronze, Vert ANTELIO ARGENT	DECORGLASS coloré STADIP OPALE	
Faible ou nulle	MIRASTAR PARSOL ULTRA GRIS		PLANILAQUE COLOR-IT et MIRALITE, qui peuvent être feuilletés (voir faisabilité auprès de votre distributeur) ou filmé

Remarque : pour toutes ces applications, l'utilisation du verre doit toujours être conforme aux normes et réglementations en vigueur. Il existe trois façons de sécuriser le verre en cas de bris.

- La trempe : cette technique lui confère en plus une résistance mécanique et thermique accrue. C'est la méthode préconisée partout où la tranche du verre est visible et lorsque le verre doit supporter son poids, une charge méca-

nique ou des écarts de température importants.

- L'assemblage en verre feuilleté de sécurité : c'est la méthode privilégiée pour le remplissage de portes, de cloisons ou de façades de mobilier. L'assemblage en verre STADIP PROTECT lui confère en plus la fonction « garde-corps »

pour le remplissage de balustrades.

- Le collage d'un film SAFE : il évite simplement la chute d'éclats vulnérants en cas de bris. Il n'est utilisable qu'avec les verres de parement opaque. C'est aussi la technique la moins onéreuse.

Possibilité de transformation en verre de sécurité trempé, feuilleté ou SAFE

		Aspect
Transparent	VISION-LITE*	Ultra-transparent
	DIAMANT	Transparent avec une tranche bleutée
	PLANICLEAR	Transparent
	PARSOL	Teinté en vert, bronze, gris ou ultra-gris
	STADIP SILENCE *	Transparent
	ANTELIO ARGENT	Réfléchissant, couleur argentée
	MIRASTAR	Effet miroir
Translucide	DECORGLASS	Verre texturé. Différents motifs disponibles
	MASTERGLASS	Verre texturé. Différents motifs géométriques
	SATINOVO MATE	Verre maté homogène blanc
Opaque	MIRALITE	Miroir
	PLANILAQUE COLOR-IT	Verre laqué brillant
	PLANILAQUE COLOR-IT MATE	Verre laqué mat
	PIXARENA MIRALITE	Verre laqué avec texture, brillant
	SATINOVO MATE MIRALITE	Miroir mat Effet métallique

* Vitrage vendu en verre feuilleté de sécurité.

** À l'exception de ALTDEUTSCH K, les verres imprimés peuvent être trempés mais le rendement de trempe peut être significativement diminué par rapport à celui d'un verre clair. Les motifs, THELA, MARIS et ceux fabriqués en qualité SR sont conçus pour garantir un rendement de trempe équivalent à celui de PLANICLEAR.

*** Pour l'assemblage de miroirs MIRALITE ou de verres laqués PLANILAQUE COLOR-IT en verres feuilletés de sécurité, nous consulter.

Informations complémentaires	Trempe	Assemblage en verre feuilleté	Film Safe
p. 196	Non	Oui	Non
p. 230	Oui	Oui	Non
p. 233	Oui	Oui	Non
p. 234	Oui	Oui	Non
p. 84	Non	Oui	Non
p. 162	Oui	Oui	Non
p. 238	Oui	Oui	Non
p. 240	Oui**	Selon les motifs	Non
p. 240	Oui	Selon les motifs	Non
p. 260	Oui	Oui	Non
p. 298	Non	Oui	Oui
p. 264	Non	Conditionnel ***	Oui
Nous consulter	Non	Conditionnel ***	Oui
Nous consulter	Non	Conditionnel ***	Oui
Nous consulter	Non	Conditionnel ***	Oui

Afin d'améliorer les qualités esthétiques des verres, ceux-ci peuvent être façonnés sur les bords ; ils présentent ainsi un aspect visuel agréable et suppriment les risques de coupure.

FAÇONNAGE

DESCRIPTION

Après découpe aux dimensions d'utilisation, le vitrage subit un traitement mécanique ou manuel à froid destiné à améliorer sa fonctionnalité, à souligner son aspect ou encore à le personnaliser.

Différents façonnages sont possibles : façonnage des bords (chants), découpe en forme, perçage d'encoches et de trous, sablage, gravure, etc.

APPLICATIONS

- Façonnages « techniques » : tous types d'applications, et plus particulièrement celles du verre trempé (verres structurels, portes, parois de douche, séparations de balcon, meubles, etc.).
- Façonnages « décoratifs » : cloisons et portes de douche ou de bain, mobilier (bureaux, tables, comptoirs, étagères), signalétique, etc.

AVANTAGES

Fonctionnalité

Les façonnages des bords éliminent les irrégularités consécutives à la découpe du verre. Avant trempe, les chants des vitrages sont toujours façonnés.

Esthétique et design

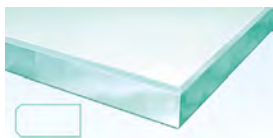
- Souligner l'esthétique d'un verre : façonnage périphérique d'un plateau de table, de comptoir, d'étagères.
- Enrichir et personnaliser une réalisation : sablage d'un motif ou d'un logo sur des portes et des cloisons, gravure d'un miroir, découpe d'un plateau de table selon des formes complexes.

GAMME

Façonnages standard

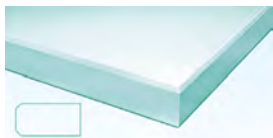
Arêtes Abattues (AA) ou chant biseauté*

Les arêtes sont abattues. La tranche peut être rodée en totalité, en partie ou pas du tout.



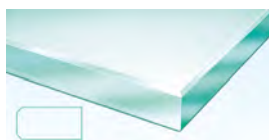
Joint Plat Industriel (JPI) ou rodé mat ou plat mat ou chant meulé

Toute l'épaisseur du vitrage a subi le rodage à la meule. Il ne reste aucune trace de la surface de découpe originale sur la tranche.



Joint Plat Poli Industriel (JPPi) ou plat satiné ou rodé satiné ou chant meulé lisse

La tranche a subi un rodage avec une meule fine. Le travail de la meule est imperceptible à l'œil nu. La tranche est mate (satinée).

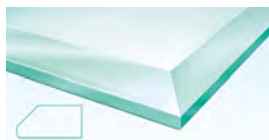


Joint Plat Poli (JPP) ou plat poli ou rodé poli ou chant poli

Après satinage, la tranche subit un polissage. Elle devient brillante.



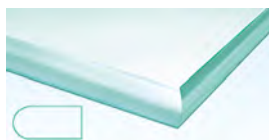
Chanfrein



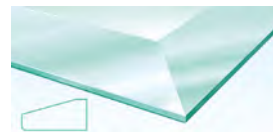
Façonnages Décor

Ils sont réalisés sur verre clair ou translucide, et sur miroir. Ils permettent de valoriser le décor et de souligner les contours du verre, en particulier pour les verres épais.

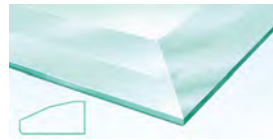
Joint arrondi (finition mate ou brillante)



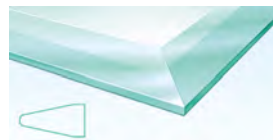
Biseau



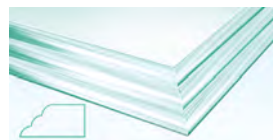
Double biseau (épaisseur minimale de 5 mm)



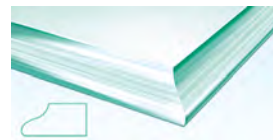
Biseau double face (épaisseur minimale de 8 mm)



Cascade (15 ou 19 mm)



Bec de corbin (15 ou 19 mm)



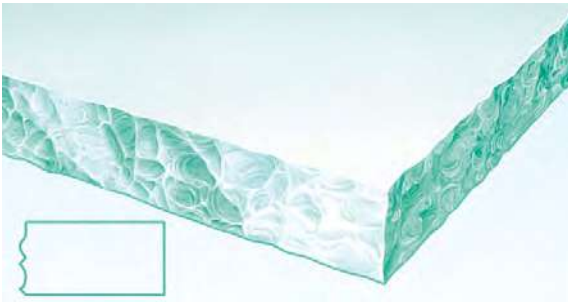
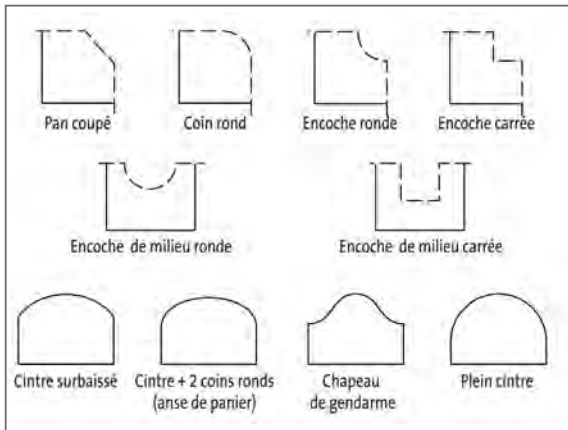
Chant grugé

Le chant du verre présente de larges écailles.



DÉCOUPE EN FORMES

Schémas de découpe

**Trous et encoches**

Voir notices SECURITE SECURIPOINT, pages 378-385.

Sablage

Le décor mat est obtenu par projection de matériau abrasif sur la surface du verre. Pendant le sablage, les parties qui doivent rester transparentes sont protégées par un masque.

La profondeur et la translucidité du sablage varient selon l'intensité de la projection et le type de matériau abrasif utilisé.

Gravure

Le décor est apporté par incision du verre.

TRANSFORMATION**EN USINE**

Après façonnage et selon la nature du produit, le verre peut être :

- bombé (nous consulter),
- trempé ou durci,
- assemblé en double vitrage CLIMAPLUS DESIGN pour le confort thermique,

ÉLÉMENTS**RÉGLEMENTAIRES**

Certains façonnages « standard » sont décrits dans la norme EN 12150 :

- chant biseauté (AA),
- chant meulé (JPI),
- chant meulé lisse (JPPI),
- chant poli (JPP).

