

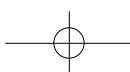
## Dossier

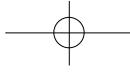
Réalisé par  
Julie Barbeillon

**E**u égard aux préoccupations relatives à nos consommations énergétiques, les verriers et les fabricants de menuiseries rivalisent d'ingéniosité pour mettre sur le marché des vitrages et des profilés de plus en plus performants. Les offres sont multiples : vitrage à isolation renforcée, triple vitrage, protection solaire, acoustique, anti-effraction, à rupture de pont thermique, etc. Arguments publicitaires ou réels progrès techniques, cohérence avec les projets d'habitats écologiques, ce dossier, dont la transparence est le maître mot, apporte sans nul doute réponse à bon nombre de vos questions.

# Les vitrages au grand jour

Yvan Saint-Jours





## Les vitrages au grand jour

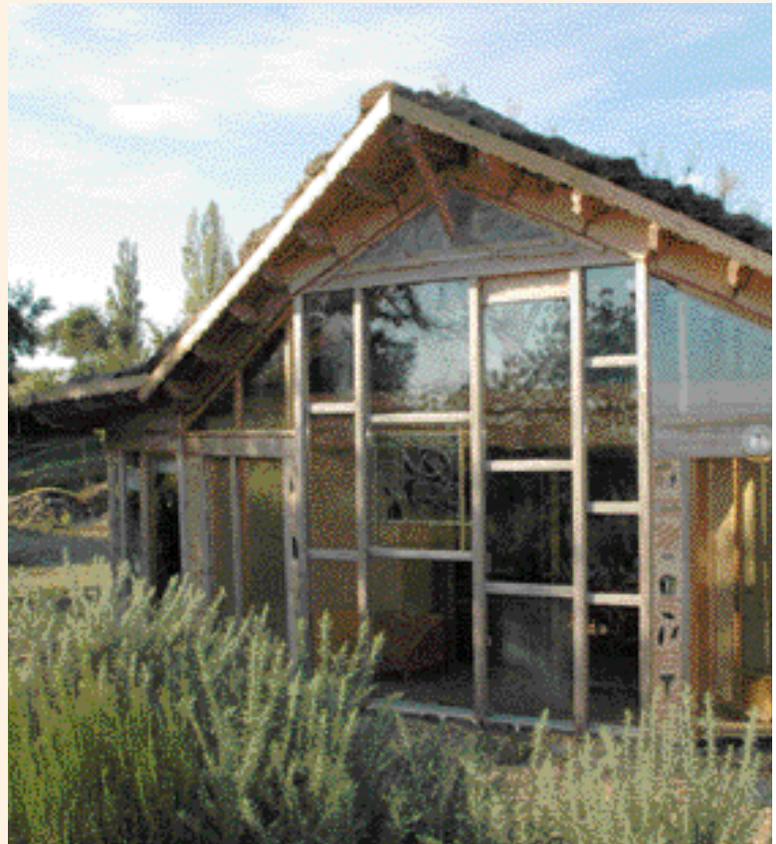
**E**stimé à plus de 10 millions de fenêtres vendues par an, le marché des vitrages concerne à la fois les habitations existantes – un tiers des logements sont encore équipés de simples vitrages ! – et les constructions neuves. La réglementation thermique (RT) en vigueur dans notre pays, dont les exigences sont loin de celles des labels *Habitat passif* ou *Minergie*, respectivement allemand et suisse, contraint à l'utilisation de vitrages dont les performances minimales excluent tout bonnement la pose de simple et bientôt (avec la RT 2005) de double vitrage basique. Il était temps car les vitrages sont responsables, selon les cas, de 5 à 30 % des pertes de chaleur de nos maisons !

### Les vitrages les plus courants

Mettons pour l'instant de côté les menuiseries qui entourent nos vitres, pour nous concentrer sur les différentes gammes de vitrages qui sont actuellement proposées. Le plus basique des vitrages, mais qui n'aura bientôt plus droit de cité tant ses performances thermiques sont déplorables, est le simple vitrage. Constitué d'une seule plaque de verre de quelques millimètres d'épaisseur, sa capacité isolante est indépendante de son épaisseur. Elle est quantifiée par le coefficient U en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ . Ce

U, de son petit nom coefficient de transmission thermique, représente la quantité de chaleur, exprimée en watt, qui traverse une paroi d'une surface de  $1 m^2$  quand la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du logement est de  $1^\circ C$ . Plus il est faible, meilleure est l'isolation.

On trouve ensuite le double vitrage, constitué de deux plaques de verre séparées par un espace de 6 à 20 mm rempli d'air déshydraté. L'isolation thermique est alors considérablement renforcée par rapport au simple vitrage puisque quasiment 50 % des pertes sont évitées. Le confort à l'intérieur de la maison est aussi nettement amélioré : plus de condensation sur les vitres, et diminution de la très désagréable sensation de paroi froide. Ainsi, la distance à partir de laquelle on ne ressent plus cet effet est de 2 mètres pour un simple vitrage, et se réduit à 1 mètre pour un double vitrage classique. La dénomination de ces vitrages fait référence aux épaisseurs des plaques de verre et de la lame d'air qui le constituent : ainsi un double vitrage 4-12-4 aura deux vitres de 4 mm d'épaisseur séparées par une lame d'air de 12 mm. Une telle fenêtre reste toutefois un point faible de l'enveloppe de la maison, et les industriels ont dû ruser pour renforcer les performances de nos vitrages.



### La faible émissivité, la solution ?

La valorisation optimale des surfaces vitrées dans un habitat bioclimatique suppose de bien connaître les caractéristiques des vitrages.

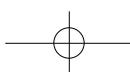
Sur la totalité des pertes thermiques dues aux vitres, environ deux tiers correspondent au passage des rayonnements infrarouges (chaleur) de l'intérieur vers l'extérieur. Pour diminuer cette « fuite » de chaleur, des industriels ont conçu un revêtement capable de piéger le rayonnement infrarouge à l'intérieur de la pièce. C'est ainsi que les vitrages dits à faible émissivité, peu émissifs ou encore anti-émissifs sont constitués d'une très fine couche d'oxydes métalliques (or, argent,

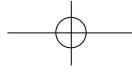
bismuth...) de quelques micromètres d'épaisseur. Il existe deux procédés de mise en place de cette couche : soit par pulvérisation cathodique, on obtient alors une couche d'oxydes métalliques dite « tendre », soit par pyrolyse (dépôt à très haute température). La couche ainsi obtenue est dite « dure » car les oxydes métalliques pénètrent dans la première « peau » du verre. Les couches tendres sont un peu plus isolantes et possèdent un rendu des couleurs meilleur, mais elles affichent un moins bon facteur solaire (quantité d'énergie solaire entrante par rapport à celle reçue à l'extérieur du vitrage). Selon Bruno Peuportier, du Centre énergétique et procédés de l'École des

Le positionnement de la couche peu émissive en face 2 ou 3 du double vitrage n'a pas d'incidence sur la performance thermique du vitrage. Par contre, lorsque l'on veut réduire efficacement les apports solaires excédentaires, les couches de contrôle solaire doivent être placées en face 2 (face interne de la vitre extérieure) afin d'arrêter au plus tôt la pénétration de l'énergie solaire dans le local.



Claverbol





Thierry Baifou

Mines de Paris, sous la plupart des climats français, les couches dures sont préférables en façade sud. Elles offrent un apport solaire hivernal maximum pour une isolation tout à fait satisfaisante. En pratique, les vendeurs de vitrages les moins compétents ne connaîtront pas la différence entre ces deux technologies, alors référez-vous aux performances d'isolation

et aux facteurs solaires (souvent noté g) mentionnés dans les documentations techniques des vitrages (voir tableau ci-dessous). Placé côté intérieur de la pièce, mais sur la face jouxtant la lame d'air du vitrage, ce revêtement pratiquement transparent donne à la vitre un coefficient U d'environ 1,9 W/m<sup>2</sup>.°C bien meilleur qu'un double vitrage basique. En

conséquence, remplacer des simples vitrages par des doubles vitrages anti-émissifs permet d'éviter 60 à 70 % des pertes de chaleur. En moyenne, selon le mode chauffage, cela représente 40 euros d'économie par mètre carré de fenêtre et par an. Lorsqu'on s'intéresse à ces vitrages pour leur pose dans un habitat bioclimatique (où l'on

En plaçant une flamme devant un vitrage, on peut déterminer le nombre de plaques de verre (2 reflets par plaque) et détecter l'éventuelle présence d'une couche d'oxydes métalliques (si une des flammes est de couleur différente). Ici, un triple vitrage avec une couche d'oxydes métalliques (cinquième flamme de couleur rouge).



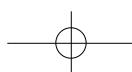
Raphaële Hélicot

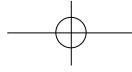
## Tableau comparatif de différents vitrages thermiquement isolants

Les chiffres donnés correspondent à des vitrages existant réellement sur le marché, il en existe beaucoup d'autres.

Type de vitrage	Simple	Double vitrage basique	Double vitrage peu émissif	Double vitrage peu émissif avec gaz rare	Double vitrage peu émissif avec gaz rare et protection solaire	Triple vitrage peu émissif avec gaz rare
Épaisseur en mm du vitrage verre/lame (air ou gaz)/verre	6	4/10/4 (air)	4/12/4 (air)	4/16/4 (argon)	4/16/4 (argon)	4/12/4/12/4 (krypton)
U en W/m <sup>2</sup> .°C	5,7	3	1,9	1,2	1,1	0,5
Facteur solaire	82 %	75 %	69 %	78 %	43 %	52 %
Taux de transmission lumineuse	89 %	81 %	69 %	65 %	71 %	72 %
Économie d'énergie par rapport à un simple vitrage en kWh/m <sup>2</sup> /an de vitrage	-	298 kWh/m <sup>2</sup> soit 29,8 €/m <sup>2</sup> *	419 kWh/m <sup>2</sup> soit 41,9 €/m <sup>2</sup> *	497 kWh/m <sup>2</sup> soit 49,7 €/m <sup>2</sup> *	508 kWh/m <sup>2</sup> soit 50,8 €/m <sup>2</sup> *	574 kWh/m <sup>2</sup> soit 57,4 €/m <sup>2</sup> *
Économie d'énergie par rapport à un double vitrage basique en kWh/m <sup>2</sup> /an de vitrage	-	-	121 kWh/m <sup>2</sup> soit 12,1 €/m <sup>2</sup> *	199 kWh/m <sup>2</sup> soit 19,9 €/m <sup>2</sup> *	210 kWh/m <sup>2</sup> soit 21 €/m <sup>2</sup> *	276 kWh/m <sup>2</sup> soit 27,6 €/m <sup>2</sup> *
Économie d'énergie par rapport à un double vitrage peu émissif avec gaz rare en kWh/m <sup>2</sup> /an de vitrage	-	-	-	-	-	77 kWh/m <sup>2</sup> soit 7,7 €/m <sup>2</sup> *

\* Prix calculé selon un tarif du kWh de 0,1 euro



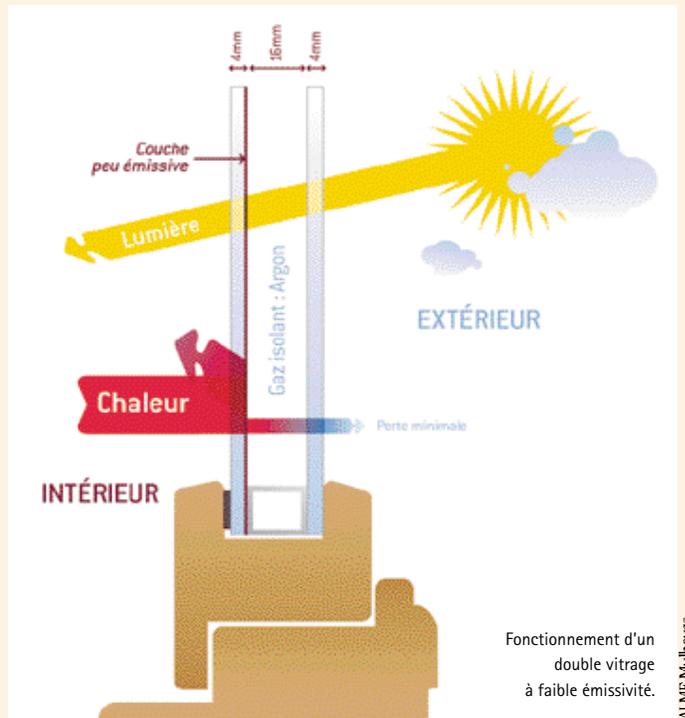


## Les vitrages au grand jour

cherche un maximum d'apports solaires hivernaux), on doit aussi prendre en considération la notion de facteur solaire. En effet, la couche d'oxydes métalliques, aussi transparente soit-elle, retient un minimum de rayonnement solaire à l'extérieur. Idéalement, le facteur solaire doit être élevé en hiver et bas en été pour éviter les surchauffes. Malheureusement, les fabricants n'ont pas encore réussi à inventer un vitrage modulable selon les saisons et nous devons donc faire des compromis entre performances d'isolation et capacité de pénétration du rayonnement solaire. Dans la pratique, on sélectionne les vitrages en fonction de l'orientation des façades où ils seront placés (voir encadré « De la bonne place des vitrages » p.21). Plutôt qu'un vitrage à

contrôle solaire, qui réduit toute l'année la transmission du rayonnement, il est en général préférable de choisir un vitrage à facteur solaire élevé, pour bénéficier des apports de chaleur l'hiver, et de l'équiper d'une protection solaire amovible, de préférence extérieure (par exemple un volet roulant) pour améliorer le confort d'été.

Les professionnels parlent aussi de transmission lumineuse. Mais attention, contrairement au facteur solaire qui quantifie une énergie reçue, celle-ci caractérise la propriété d'un vitrage à laisser passer la lumière. Plus la transmission lumineuse d'un vitrage est élevée, plus le confort lumineux sera important, mais cela ne veut pas forcément dire que l'énergie (facteur solaire) entrant dans



Fonctionnement d'un double vitrage à faible émissivité.

ALME Multihouse

## Vitrage avec options

**Si l'offre est de plus en plus large, il existe d'incontournables options comme l'affaiblissement acoustique, les verres anti-blessures, anti-effraction, et même maintenant les verres autonettoyants. Voici un aperçu de ces technologies qui s'adaptent bien évidemment aux vitrages à isolation renforcée.**

### Option protection

Il existe deux groupes de vitrages de sécurité, le verre recuit et le verre feuilleté. Le vitrage recuit est un vitrage trempé (1) qui, en cas de choc, se morcelle mais reste entier, réduisant considérablement les risques de blessure. Le verre recuit est également résistant à la déformation et aux chocs thermiques. Le vitrage feuilleté, comme son nom l'indique, est constitué de deux ou plusieurs feuilles de verre collées entre elles par un ou plusieurs films de butyral de polyvinyle (PVB). En cas de choc, le PVB maintient le vitrage en place. On évite ainsi les risques de projection des éclats. Ce type de vitrage est recommandé pour la sécurité des personnes et la protection des biens car il retarde l'effraction. Plus le nombre de feuilles de verre est élevé, plus la protection contre l'effraction est efficace.

### Option acoustique

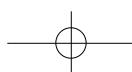
Selon la nature (trafic routier, aérien, impact des précipitations...) et l'intensité du bruit contre lequel vous souhaitez lutter, le choix du vitrage sera différent. Un premier niveau de performance acoustique est obtenu avec des vitrages dits asymétriques. Les plaques de verre qui le constituent ont des épaisseurs différentes (de 6 à 10 mm). On trouve ainsi des vitrages 10-10-4. Les performances acoustiques de ce type de vitrage sont de 2 à 5 fois supérieures à celles d'un simple ou d'un double vitrage. Un second niveau de performance acoustique est atteint en intégrant à un double vitrage des verres feuilletés. Les films PVB alors utilisés ont des propriétés d'absorption des vibrations qui permettent d'obtenir un isolement acoustique jusqu'à 30 fois supérieur à celui d'un double vitrage basique, sans nécessiter d'épaisseur de vitrage importante. Mais soyez vigilant, car les vitrages à isolation acoustique renforcée requièrent des menuiseries également performantes au risque de laisser passer le bruit au travers des boiseries...

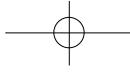
### Option autonettoyage

Certains d'entre vous seront peut-être séduits par ce type de vitrage. Mais attention, la mention « autonettoyant » donnée à ces vitrages est quelque peu mensongère car, à défaut de se laver tout seuls, ils restent propres plus longtemps : d'après les fabricants, il y aurait deux fois moins d'entretien que pour un vitrage classique. Une couche transparente d'un matériau minéral photocatalytique et hydrophile est déposée sur la face externe du vitrage. Sous l'action des UV de la lumière du jour (plusieurs jours d'exposition à la lumière sont nécessaires), il y a alors décomposition des saletés organiques. La surface du verre devient hydrophile, et, lorsque la pluie tombe sur le vitrage, elle élimine poussières et résidus décomposés.



Yann Saint-Jours





la maison sera plus élevée. Choisir des vitrages à haute transmission lumineuse ne sera donc pas forcément judicieux pour une chambre (plutôt utilisée la nuit), mais cela pourra l'être pour un bureau, un atelier...

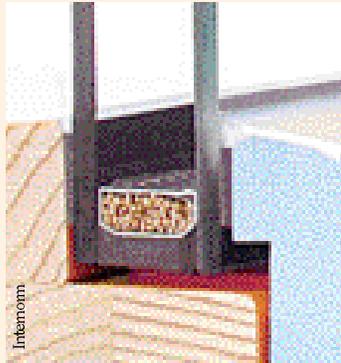
## Des gaz qui isolent mieux que l'air

On peut encore améliorer l'isolation des vitrages à faible émissivité en remplaçant l'air contenu entre les plaques de verre par un élément moins conducteur de chaleur. C'est là qu'interviennent les doubles vitrages remplis de gaz rares tels que l'argon (le plus fréquemment utilisé), le krypton et le xénon (plus performants que l'argon, ils sont cependant moins utilisés car plus onéreux). Rarement employé, le SF6 (hexafluorure de soufre) est plus performant que l'air dans les faibles épaisseurs et présente un certain intérêt pour l'atténuation acoustique dans le domaine des aigus.

L'incidence de l'épaisseur de la lame de gaz n'est pas la même selon les gaz. Ainsi, le coefficient U du SF6 augmente avec l'épaisseur alors que pour l'air, il est pratiquement constant au-delà de 16 mm et tend même à diminuer après 18 mm (à partir de cette épaisseur d'air, les molécules deviennent de plus en plus mobiles et les déperditions par convection augmentent). Quant aux vitrages avec argon ou krypton, ils ont un coefficient U constant au-delà de 16 mm : ce n'est donc pas forcément intéressant de recourir à des vitrages plus épais que les 4-16-4 remplis d'argon. Les coefficients d'isolation de tels vitrages varient de 1,5 à 1,1 W/m<sup>2</sup>.°C.

## Et les VIR dans tout ça ?

VIR, pour vitrages à isolation renforcée, est le terme désignant les vitrages cités précédemment : qu'ils soient à faible émissivité, remplis de gaz rares, ou bien les



deux. Début 2000, les VIR ne représentaient en France que 17 % du marché, contre 97 % en Suisse et 92 % en Allemagne. La réglementation thermique faisant évoluer les mentalités, et les fabricants verriers s'impliquant de plus en plus, nous sommes arrivés péniblement en 2004 à 46 % de part de marché pour les vitrages à isolation renforcée en France. La nouvelle réglementation thermique (RT 2005), qui sera effective courant 2006, requiert un niveau d'isolation de référence des fenêtres de 1,8 W/m<sup>2</sup>.°C, les VIR deviendront donc un standard.

## Encore plus fort, le triple vitrage...

Qu'est-ce qui est plus isolant qu'une lame d'air ou de gaz ? La réponse est : deux lames d'air ou de gaz. C'est le principe du triple vitrage : de l'air ou du gaz enfermé dans deux interstices formés par trois plaques de verre. Comme

L'intercalaire maintient l'espacement entre les deux plaques de verre. Bien conçu, il peut accroître de 10 % l'efficacité énergétique d'une fenêtre. Aujourd'hui, il existe trois types d'intercalaires performants :

- le Warm Edge, synthétique, est issu de la recherche spatiale. Son procédé de fabrication ne peut être complètement industrialisé pour l'instant.
- le TPS (thermo-plastique spacer) est en caoutchouc. Sa durée de vie ne semble pas actuellement dépasser celle de sa garantie, c'est-à-dire dix ans.
- les intercalaires en inox, sont bien plus solides que leurs homologues conventionnels en alu. Leur épaisseur peut être réduite considérablement, diminuant d'autant la transmission de la chaleur.

pour le double vitrage, le triple vitrage peut contenir un revêtement peu émissif. Le gain d'efficacité est impressionnant, le U d'un tel vitrage pouvant atteindre 0,5 kWh/m<sup>2</sup>.°C, soit 80 % d'efficacité en plus comparé à un double vitrage basique et 50 % comparé à un VIR.

Inévitablement, plus on avance dans la performance, plus il y a de précautions à prendre. Ainsi, un triple vitrage de 36 mm d'épaisseur ne peut se poser sur n'importe quelle menuiserie. Ce type de vitrage impose une structure des cadres épaisse et massive.

La superposition de plusieurs vitres entraîne fatalement une diminution du facteur solaire et une transmission lumineuse plus faible qu'avec un double vitrage. Ces éléments sont intéressants à prendre en compte dans les projets d'habitats bioclimatiques (voir encadré « De la bonne place des vitrages », p. 21).

Spécificité franco-française ou

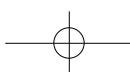
rumeur lancée par des industriels frileux en matière de nouvelles technologies, toujours est-il qu'en France beaucoup de on-dit sur la fragilité des triples vitrages circulent. Je profite donc de l'occasion pour faire une petite mise au point sur les « casses thermiques ». Lorsqu'un vitrage est partiellement ensoleillé durant de longues périodes (volet roulant à moitié baissé, bordure de châssis, spot lumineux...), la partie insulée s'échauffe et se dilate plus fortement que la partie froide. Si l'écart de température est trop important il génère une casse à partir du point le moins résistant du vitrage (généralement une fêlure préexistante). Ce risque vaut quasiment autant pour le triple vitrage que pour les VIR. L'expérience acquise par nos voisins Suisses et Allemands (un vitrage sur trois installé en Suisse est un triple vitrage) nous permet de prendre aujourd'hui quelques précautions supplémentaires. Ainsi, il semblerait que ces vitrages performants thermiquement soient à proscrire essentiellement sur des fenêtres coulissantes en façade sud. L'ouverture plusieurs heures durant de ces fenêtres en plein soleil peut créer une forte disparité de dilatation sur le verre de la vitre arrière. Le risque de casse est alors plus important.

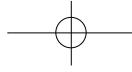
## Vitrages et écologie

### La fabrication

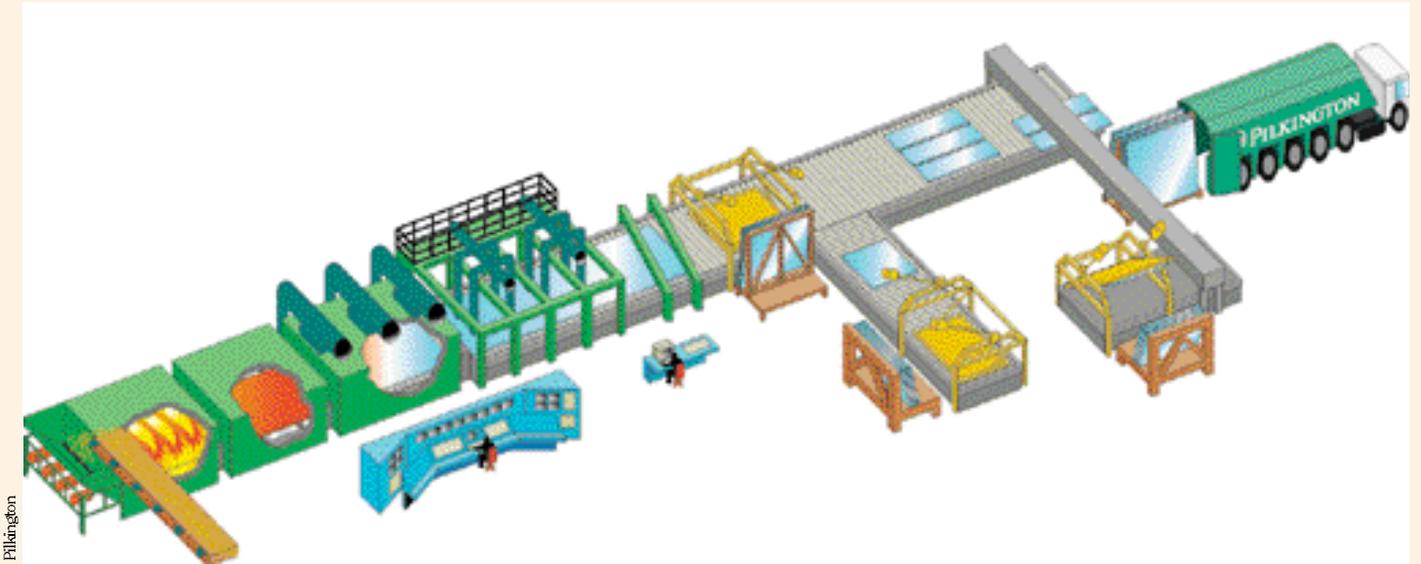
Le procédé de fabrication du verre plat consiste à monter à très haute température (1 600 °C) un mélange contenant du sable, de

Le triple vitrage, présent depuis longtemps en Allemagne et en Suisse, arrive doucement mais sûrement en France.





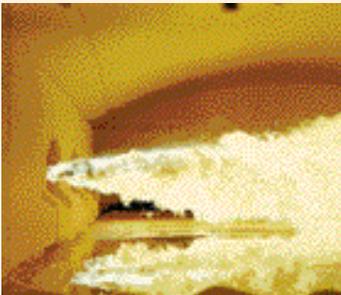
## Les vitrages au grand jour



Pilkington

Les différentes étapes de fabrication du verre qui est constitué de 71% de silice, 14% de soude, 10% de chaux et 5% d'oxydes de calcium et de magnésium.

Intérieur du four pendant la fabrication du verre.



Pilkington

la soude, de la chaux et des oxydes de calcium et de magnésium. Le mélange, sous forme liquide à cette température, est déposé dans un bain d'étain en fusion. Ce dernier étant plus dense que le mélange, le verre forme une couche homogène à la surface du bain d'étain. Cette technique de fabrication est relativement coûteuse en énergie, en atteste le bilan énergétique du verre plat: 6 150 kWh/tonne. À titre de comparaison, la fabrication d'une tonne de polystyrène extrudé nécessite 23 200 kWh et celle d'une tonne de bois, 700 kWh (chiffres extraits de *La maison des [néga] watts*, éd. Terre Vivante, 1999).

Concernant les matières premières, 1 m<sup>2</sup> de double vitrage peu émissif nécessite pour sa fabrication 384 litres d'eau, 12 kg de calcaire, 9,6 kg de chlorure de sodium (sel), 2,4 kg de dolomite et 20,2 kg de sable.

La fabrication d'1 m<sup>2</sup> de double vitrage peu émissif émet également 25 kg de CO<sub>2</sub>, chiffre à confronter à toutes les économies engendrées par le vitrage. En effet, remplacer 1 m<sup>2</sup> de simple vitrage par un double vitrage peu émissif permet d'économiser 91 kg de CO<sub>2</sub>/an. En trois mois et demi, ce type de vitrage a fait économiser le CO<sub>2</sub> requis pour sa fabrication, et en dix mois et demi si on l'utilise pour remplacer un double vitrage basique.

### Les gaz isolants

Le gaz utilisé entre les couches de verre à la place de l'air, est en général de l'argon, du krypton ou du xénon. Ces trois gaz, inertes, ne brûlent pas ni n'explosent. Ils ne présentent aucun risque pour la santé et ne seraient dangereux que si leur concentration dans une pièce était telle qu'elle diminuerait la teneur en oxygène. L'argon est un élément de choix car, comme le xénon et le krypton il est naturellement présent dans l'air que nous respirons, et il est obtenu à bas coût en fractionnant de l'air liquide. Vous le trouvez également

dans les ampoules à incandescence. Le SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre) est de moins en moins utilisé. Il est non toxique et présente une meilleure isolation acoustique mais il s'agit de l'un des six gaz à effet de serre montrés du doigt lors du protocole de Kyoto (CO<sub>2</sub>, méthane, oxyde nitreux, HFC, PFC et SF<sub>6</sub>).

Des rumeurs circulent sur la fuite de ces gaz au cours de la durée de vie du vitrage. Mais, depuis la pose du premier VIR en Allemagne en 1971, de grands progrès ont été réalisés et les fuites ne semblent plus être d'actualité depuis longtemps. Outre-Rhin, alors que la quasi-totalité des vitrages contient des gaz, personne (pas même les experts en isolation thermique, et c'est peu dire qu'il y en a en Allemagne) ne semble se plaindre d'éventuelles fuites. Pour les sceptiques, (et il en est dans les réseaux écologiques!) soyez rassurés quant à l'inocuité de ces gaz contenus naturellement dans l'atmosphère et libérés (s'ils l'étaient) en très petites quantités.

### Les couches d'oxydes métalliques

La couche de faible émissivité ne mesure que quelques atomes d'épaisseur. L'argent est couramment utilisé pour la réalisation de cette couche et on le trouve fréquemment en quantités bien plus

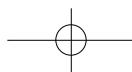
importantes (couronnes dentaires, bijoux, etc). L'or est parfois aussi utilisé, et pour les mêmes raisons que précédemment, il ne semble pas engendrer de problème particulier.

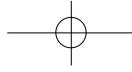
### Et les ultraviolets...

Tout verre atténue les UV, en particuliers les UV B, ce qui ne peut être que bénéfique vu leur dangerosité. Quant aux UV A, ils sont nécessaires mais pas inoffensifs contrairement aux idées reçues. Aux latitudes françaises, la population bénéficie globalement d'une exposition suffisante et même parfois excessive aux UV. Néanmoins, dans les pays nordiques, certains verriers proposent des verres riches en oxydes de bore qui sont nettement plus transmetteurs d'UV que les verres classiques et a fortiori que les verres riches en oxydes métalliques.

### Le b.a.-ba pour choisir ses menuiseries

Le meilleur vitrage ne sert à rien lorsqu'il est placé dans une piètre menuiserie. Il ne faut donc négliger aucun composant et en particulier les cadres de fenêtre qui peuvent être le siège de déperditions thermiques par conduction et infiltration d'air importantes. Les différents matériaux de structure pour une fenêtre sont le bois, le





## De la bonne place des vitrages

**Voici un petit guide pour vous aider à placer vos vitrages selon l'exposition et à valoriser au mieux leurs qualités.**

### En façade sud

Quelle que soit la nature du vitrage, l'orientation sud (sud-est et sud-ouest inclus) est toujours bénéfique. Elle apporte un maximum de rayonnement solaire qui réchauffe la maison l'hiver (à condition bien sûr d'associer de la masse thermique à toutes ces surfaces vitrées). Et, contrairement à ce que l'on a tendance à croire, la façade sud est relativement protégée du soleil d'été. Durant cette période, le soleil est très haut dans le ciel, les rayons qui parviennent alors jusqu'à la vitre ont un angle d'incidence élevé et sont presque totalement réfléchis. De plus, un simple petit débord de toit au-dessus de l'ouverture assure une bonne protection complémentaire. Il ne faut donc pas hésiter à vitrer au maximum cette façade, et à utiliser des vitrages possédant le facteur solaire le plus élevé possible.

### En façade est et ouest

Ces orientations sont moins favorables que la précédente puisqu'elles reçoivent un maximum de rayonnement en été. On se méfiera en particulier de l'orientation ouest. Car, après une journée chaude, les rayons rasants du soleil frappent les vitrages, beaucoup plus difficiles à protéger, et c'est la surchauffe assurée... En France, la façade ouest est aussi la plus soumise aux vents dominants. À moins d'investir dans un vitrage peu émissif avec lame d'argon, ces orientations entraînent fatalement un bilan thermique négatif en hiver et conduisent de toute façon à des risques d'inconfort en été.

### En façade nord

Éviter au maximum de vitrer cette façade qui n'apporte que peu de lumière et qui laisse par contre s'introduire le froid. Quel que soit le vitrage utilisé au nord, son bilan thermique sera toujours négatif.

J'entends déjà les remarques du type: « J'ai une magnifique vue à l'est, je ne peux tout de même pas m'en priver... » Évidemment non, le confort visuel et l'esthétique sont des critères à ne pas négliger, mais quelques règles seront tout de même à respecter: placer le maximum de vitrages côté sud, si possible organiser les pièces de sorte qu'elles aient une double orientation (sud et côté jolie vue), choisir également pour les fenêtres mal exposées un vitrage et des menuiseries haut de gamme. Enfin, éviter de placer une baie vitrée ailleurs qu'au

sud, préférer côté « jolie vue » une fenêtre large, mais de hauteur standard. La vue sera tout autant appréciée, pour un confort thermique maîtrisé.

### ... et en pratique

Pour la conception ou la rénovation de logements à très faible consommation d'énergie, voici les conseils d'Olivier Sidler, vice président de l'association négaWatt (voir article p.40):

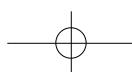
« Grâce à de très nombreuses simulations dynamiques, il a été possible de dégager des règles simples concernant l'utilisation et le choix des vitrages lorsqu'on cherche à atteindre des consommations d'énergie primaire pour le chauffage de 50 kWh/m<sup>2</sup> (niveau requis pour limiter de façon acceptable nos rejets en gaz à effet de serre).

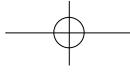
Pour les bâtiments neufs, les doubles vitrages sont toujours suffisants. Les triples vitrages sont réservés aux projets architecturaux où seule l'esthétique a été prise en compte, mais pas l'énergie. Il faut donc utiliser des doubles vitrages peu émissifs à l'argon, mais en différenciant les facteurs solaires. Ainsi, on choisira les vitrages aux facteurs solaires les plus élevés

(> 60%) en façade sud et les plus faibles (de l'ordre de 40%) en façade ouest et est (ce qui limitera les surchauffes en été). Mais gare au suivi de chantier pour ne pas mélanger les différentes menuiseries au moment de la pose!

En rénovation, pour atteindre les mêmes performances, on est obligé d'utiliser des triples vitrages. Ces derniers compenseront les déperditions dues aux ponts thermiques que l'on ne peut la plupart du temps pas corriger. La dégradation du facteur solaire est assez importante avec les triples vitrages, mais la modélisation montre qu'au sud, on a sensiblement le même bilan thermique en plaçant des doubles ou des triples vitrages. En revanche, sur toutes les autres orientations, le triple vitrage est obligatoire.

Concernant les surfaces de vitrages, les diverses simulations que nous avons pu effectuer montrent que si le rapport de la surface vitrée à la surface habitable dépasse 18%, les consommations de chauffage et les surchauffes deviennent difficiles à gérer. De plus, la RT 2005 pénalisera les projets qui dépasseront 17% de surface vitrée. Autant commencer à se préparer à cette nouvelle contrainte!»





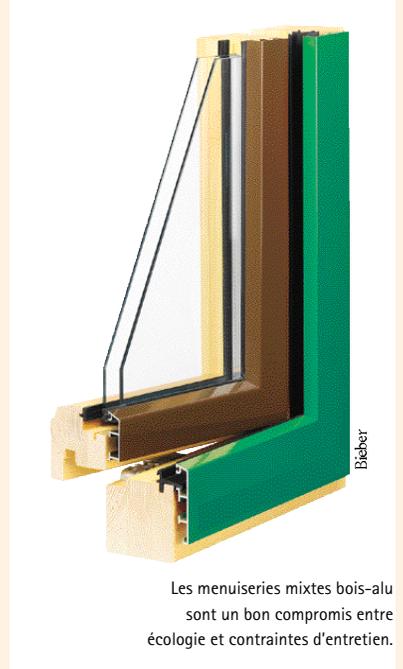
## Les vitrages au grand jour

PVC, l'aluminium et l'acier. Outre un coefficient d'isolation meilleur que celui de ses concurrents, le bois (sans traitement chimique) est, du point de vue écologique, la seule solution acceptable. Encore faut-il s'assurer qu'il soit d'origine locale et/ou que la forêt dont il provient soit gérée de façon durable (le label FSC, *Forest Stewart Council*, garantit par exemple la prise en compte d'un maximum de critères économiques, sociaux et environnementaux). Comparé aux autres matériaux, le bois ne nécessite que très peu d'énergie pour sa fabrication (30 fois moins que le PVC et 50 fois moins que l'aluminium). Les menuiseries bois demandent néanmoins un entretien régulier, tous les 4 à 10 ans

selon l'exposition des façades et l'essence utilisée. Certaines essences, le mélèze par exemple, ne demandent pas de traitement spécifique, sauf pour des raisons esthétiques car elles ont tendance à griser. Quant à l'aluminium, il ne demande aucun entretien particulier, mais nécessite une quantité considérable d'énergie pour sa fabrication, d'où un prix nettement plus élevé que le bois ou le PVC. C'est de plus un matériau très conducteur de chaleur : les fenêtres en alu sont deux fois moins isolantes que celle en bois. Pour améliorer un peu ses performances thermiques, et surtout supprimer la condensation (fréquentes sur une menuiserie alu classique), les fabricants de ce

type de fenêtre insèrent un système dit « à rupture de pont thermique ». Le principe est de positionner un élément isolant (type joint plastique) entre les profils aluminium, la conduction de la chaleur étant alors réduite.

Concernant l'utilisation des matières synthétiques en huisserie, on trouve majoritairement le PVC (polychlorure de vinyle) et très rarement les polyoléfines ou le polyuréthane. De capacité d'isolation légèrement supérieure aux fenêtres en bois, les menuiseries en PVC ne sont que très difficilement recyclables. Issues de procédés de fabrication polluants de l'industrie du chlore, leur incinération (ou un incendie) dégage des dioxines



Les menuiseries mixtes bois-alu sont un bon compromis entre écologie et contraintes d'entretien.

## Les certifications des vitrages

Environ un quart des fabricants présents sur le marché sont certifiés NF-CTBA (fenêtres bois) ou NF-CSTBat (fenêtres PVC et aluminium). Un scellé est alors apposé sur la fenêtre et atteste que le fabricant s'engage à respecter un processus normalisé de production et à se soumettre à un contrôle régulier. Ce scellé présente en outre deux classifications : AEV et Acotherm.

Le classement Acotherm évalue la fenêtre selon ses performances acoustiques et thermiques. L'acoustique (AC) est classé de 1 à 4 : plus l'indice est élevé, meilleure est l'isolation. Le schéma est identique pour la thermique (TH), classé de 4 à 9. Le niveau le plus élevé, TH 9, correspond à un coefficient U, pour la menuiserie nue, inférieur à 1.8 W/m<sup>2</sup>.°C, ce qui n'est pas très performant au regard des technologies de vitrages à isolation renforcée. Le classement AEV atteste de

l'étanchéité de la menuiserie à l'air, à l'eau et au vent. Plus les chiffres associés aux lettres A, E et V sont grands, plus le système est performant. Ces chiffres peuvent atteindre 4 pour l'air, 9A ou 7B pour l'eau (deux méthodes de test) et 4 pour le vent.

Enfin, le marquage CEKAL (organisme certificateur) concerne la qualité de fabrication des doubles vitrages et leurs capacités isolantes. La mention AR permet de distinguer les vitrages à performance acoustique renforcée. La mention TR désigne un vitrage peu émissif, à isolation thermique renforcée. Autre certification, NF-Fenêtres bois garantit de nombreux critères techniques comme la longévité, l'étanchéité à l'air, à l'eau, résistance au vent et la tenue des finitions.

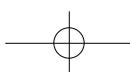
Toujours avec un objectif de qualité (étanchéité, isolation, etc.), la charte Menuiseries 21 engage en plus ses signataires à mettre

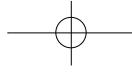
Les vitrages sur le banc d'essai.



en place des procédés de fabrication à moindre impact sur l'environnement.

La pose est également un facteur important pour la performance des vitrages. Le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) est d'ailleurs en train d'élaborer une certification de mise en œuvre qui sera attribuée au nom d'une entreprise. Courant 2007, les premières entreprises certifiées devraient voir le jour.





dont la nocivité pour la santé n'est plus à prouver (entre autres risques, perturbation du système immunitaire, troubles de la reproduction, divers cancers...). Autre charge, les ouvrants et dormants en PVC ont tendance à se coller en cas d'incendie, empêchant alors l'ouverture des fenêtres... Enfonçons encore un peu le clou dans le PVC, avec la prise en compte de son bilan énergétique: 1,8 t de pétrole pour la fabrication d'une tonne de PVC, alors que seulement 0,06 t de pétrole est nécessaire à la fabrication de 1 tonne de bois. Petit bémol, les fenêtres en PVC sont tout de même plus légères que leurs homologues en bois.

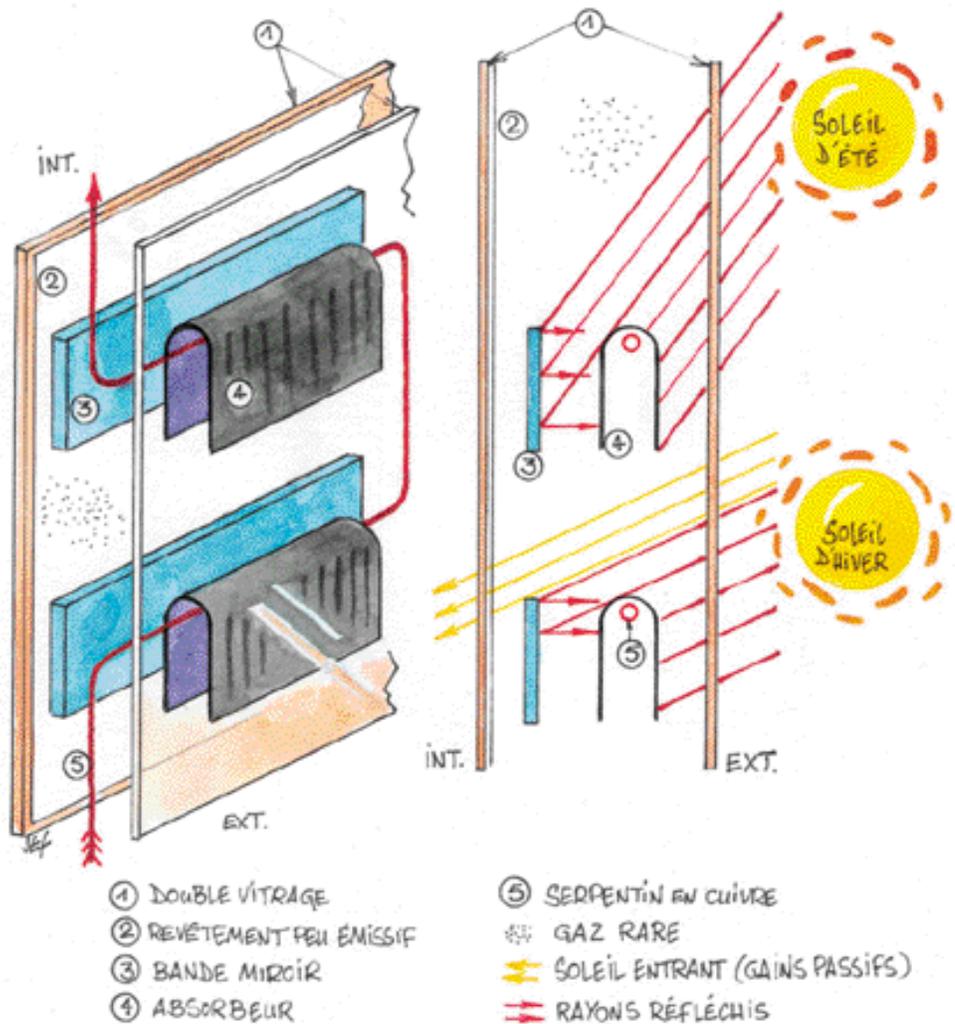
Il existe aussi des menuiseries en acier, mais celles-ci sont très rarement utilisées et doivent être impérativement galvanisées au risque de les voir rouiller! L'étanchéité à l'air et à l'eau y est complexe à réaliser. La forte conductivité thermique de l'acier lui confère de mauvaises performances thermiques.

Pour ceux que l'entretien du bois (si simple et occasionnel puisse-t-il être) importune, un compromis existe: les fenêtres mixtes bois/alu pour lesquelles une plaque d'aluminium recouvre l'extérieur des menuiseries.

## De l'innovation dans les vitrages

Depuis longtemps à l'essai dans les laboratoires, le double vitrage à vide d'air est aujourd'hui commercialisé en Asie. Développé par l'entreprise japonaise Nippon Sheet Glass, le vitrage Spacia est en phase d'arriver sur le marché européen. Son principe: un vide d'air, plus isolant que l'air lui-même ou que les gaz de type argon et krypton, est créé entre deux plaques de verre. Le résultat: un U de 1,2 W/m<sup>2</sup>.°C soit l'équivalent d'un double vitrage peu émissif, mais pour une épaisseur de vitrage totale de seulement 6 mm (au lieu de 20 mm en

Schéma de fonctionnement du vitrage solaire thermique Robin Sun.



moyenne pour un VIR) dont 0,2 mm de vide. L'entreprise japonaise a également adapté la technologie sur un triple vitrage, le Spacia 21, dont le U (0,7 W/m<sup>2</sup>.°C) est du même ordre que celui des triples vitrages avec gaz, mais dont l'épaisseur est réduite à 21 mm soit la moitié d'un triple vitrage à gaz. Les caractéristiques de ces vitrages les rendent particulièrement intéressants pour la pose sur des menuiseries existantes.

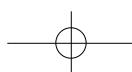
On trouve également depuis quelque temps des triples vitrages à stores intégrés. Dotés d'excellentes performances thermiques, ils assurent une protection solaire et visuelle manuelle pratique.

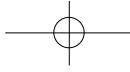
## Vitrages et énergies renouvelables

Évolution intéressante des vitrages, certains d'entre eux intègrent un système de production d'énergie renouvelable. Le vitrage solaire Robin Sun, commercialisé depuis quelques mois maintenant, possède ainsi un serpentin de cuivre dans lequel de l'eau circule pour être réchauffée comme dans un capteur solaire. Ce vitrage solaire s'insère dans des menuiseries d'au moins 40 cm d'épaisseur. Rempli de gaz krypton et composé d'un revêtement faible émissivité, ce vitrage possède des performances thermiques dignes

d'un très bon VIR. Transparent sur 40% de sa surface, il doit être présent en plus grande quantité qu'un capteur solaire classique pour apporter la même quantité d'eau chaude à la maison. Ainsi, sur une maison située à Mulhouse, 7,7 m<sup>2</sup> de vitrages solaires Robin Sun orientés sud suffisent à couvrir plus de 60% des besoins en eau chaude sanitaire évalués à 150 litres par jour. Son prix: 1 000 euros HT/m<sup>2</sup> fourni et posé par un installateur du réseau Budéris.

Autre application innovante, les verriers s'associent avec des professionnels du solaire photovoltaïque et proposent des vitrages capables de produire de l'électri-





## Les vitrages au grand jour

cité. Composés de deux feuilles de verre entre lesquelles sont assemblées des cellules photovoltaïques, ce vitrage producteur d'énergie est adapté aux utilisations en verrière. Dits semi-transparents, ces verres sont opaques sur environ 80% de leur surface et produisent jusqu'à 100 W d'électricité par mètre carré. Mais, avis aux architectes désireux de se lancer dans l'expérience, la plupart de ces vitrages ont un niveau d'isolation aussi médiocre qu'un simple vitrage! Néanmoins, réalisé en série encore plus petite, il est possible de monter le verre contenant les cellules solaires au sein d'un double vitrage performant. Le coût: 20 à 30% plus cher qu'une verrière classique.

### Les aides financières

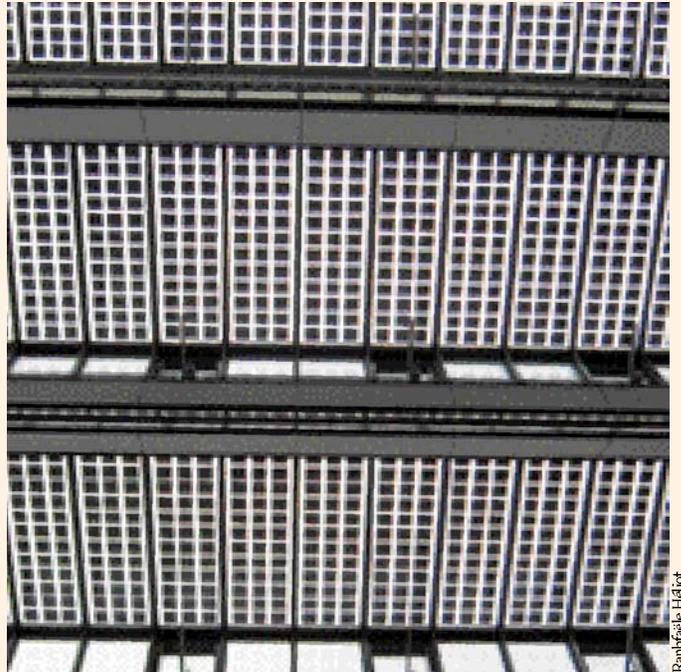
La pose de fenêtres performantes est incitée en France grâce à différentes aides financières. Ainsi, pour les logements de plus de deux ans, le taux de TVA est réduit à 5,5% et un crédit d'impôt de 25% de l'investissement matériel (plafonné suivant votre situation fiscale) est mis en place à condition que les fenêtres aient un coefficient d'isolation d'au moins 2 W/m<sup>2</sup>.°C. La pose de ce type de fenêtres dans des bâtiments datant d'avant 1977, et dont les travaux sont effectués dans les deux années qui suivent l'achat du bâtiment, donne également droit à un crédit d'impôt, mais cette fois-ci de 40% du montant hors main-d'œuvre. L'ANAH, l'Agence nationale de l'amélioration de l'habitat, peut, dans certains cas, financer ce genre de travaux. Renseignez-vous auprès de vos mairies. De plus, dans quelques communes, il existe aussi des aides particulières, notamment si vous vous trouvez dans le secteur d'une OPAH (opération programmée d'amélioration de l'habitat). Vous êtes maintenant armés pour choisir vos vitrages, et pour ceux

qui s'intéressent à la rénovation d'anciennes menuiseries, nous leur promettons un article dans un prochain numéro.

Merci à Bruno Peuportier et Olivier Sidler pour leur participation et leur relecture attentive.

(1) La trempe est un procédé consistant à refroidir rapidement le verre après l'avoir chauffé à 1 600 °C, de façon à le rendre plus résistant aux chocs physiques et thermiques.

Verrière photovoltaïque de l'institut Fraunhofer-systèmes-énergétiques solaires (Allemagne), qui développe différents types de cellules photovoltaïques.



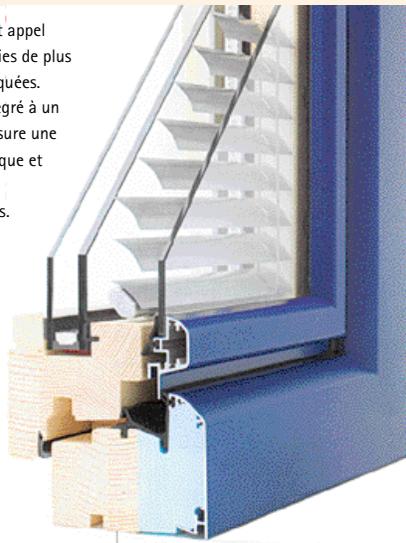
Raphaële Hébert



Les bureaux de l'office de tourisme d'Alès (Gard) sont équipés d'une grande surface vitrée semi-transparente qui s'intègre remarquablement dans la paroi du vieux bâtiment.

Office du tourisme d'Alès

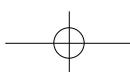
Les vitrages font appel à des technologies de plus en plus sophistiquées. Ici, un store intégré à un triple vitrage assure une isolation thermique et une protection solaire optimales.

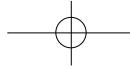


Intermorm

Dans un vitrage semi-transparent, les capteurs solaires photovoltaïques sont insérés entre deux plaques de verre.

Saint-Gobain Glass





# Dossier

DOSSIER

## Sites Internet des principaux fabricants de verre

Glaberbel  
www.glaerbel.com

Guardian Luxguard  
www.guardian.com/fr

Pilkington  
www.pilkington.com

Saint Gobain Glass  
www.saint-gobain-glass.com

## Vitrage sous vide

Nippon Sheet Glass  
Contact pour l'Europe en  
Belgique: Tél.: 32-3-711-12-07  
www.nsg.co.jp/en

## Vitrage solaire thermique

Robin Sun (67)  
Tél.: 03 88 14 47 43  
www.robinsun.info

## Vitrage solaire photovoltaïque

Tous les fabricants de panneaux

photovoltaïques en proposent, renseignez-vous auprès de l'association Hespul (69). Pour obtenir leurs coordonnées, Tél.: 04 37 47 80 90  
www.hespul.org

## Remerciements aux professionnels qui nous ont aidés pour l'élaboration du dossier

Tenesol  
(anciennement Total énergie) (69)  
Tél.: 04 78 48 88 50  
www.tenesol.fr  
Vitrage photovoltaïque semi-transparent

Bieber Menuiserie (67)  
Tél: 03 88 00 97 97  
www.bieber-bois.com  
Fabricant de menuiseries

Internorm Fenêtres SAS (68)  
Tél.: 03 89 31 68 10  
www.internorm.fr  
Fabricant de menuiseries performantes et de vitrages à stores intégrés

Vitrages isolants de Bretagne (22)  
Tél.: 02 96 28 35 56  
Fabrication et négoce de vitrages performants  
Interpane (67)  
Tél.: 03 88 64 59 59  
Fabrication et négoce de vitrages performants

Irabois (75)  
Tél.: 01 40 55 14 60  
www.menuiseries21.com

L'Institut de recherches appliquées au bois assure la gestion de la Charte Menuiseries 21.

## Sites Internet pour aller plus loin

www.verreonline.fr  
www.ideesmaison.com  
www.outilssolaires.com

3150, av. de la Chalosse - 40140 MAGESCQ (France) - Tél. 06 58 47 67 67  
Fax : 05 58 47 68 68 - E-mail : aliecor@wanadoo.fr - www.aliecor.com

16, chemin de Rivet - 33750 canzac  
tel : 05 58 33 15 08 - fax : 05 58 33 10 73

05 63 34 88 52 - 81500 Teulat - 3s.solaire@free.fr

ALPEXPO GRENOBLE  
6 AU 9 AVRIL 2006

