Texte : Jean-Paul Blugeon

Vitrages : transparence et performance

Doc AGC

Les fenêtres font partie des éléments de construction ayant le plus évolué en trente ans. Les vitrages qui les équipent sont longtemps restés le maillon faible de l'isolation thermique des habitations. Heureusement, les produits verriers ont bénéficié d'énormes progrès techniques, divisant par trois leurs déperditions. Les réglementations thermiques ont sonné le glas des « vitrages passoires », qu'on ne devrait désormais plus voir : les plus performants sont presque aussi isolants que les murs.

Un peu d'histoire

Les ouvertures sont responsables de 15 % des déperditions thermiques. Le verre n'est pas du tout isolant et le simple vitrage est une véritable passoire thermique : transparent à la lumière, mais aussi pour les calories.

Au début des années 70 apparaît le double vitrage. En séparant deux feuilles de verre de quelques millimètres, une lame d'air sec (l'isolant par excellence) agit sur les deux principales sources de transfert thermique : la conduction et la convection. Un progrès considérable, réduisant de 50 % la fuite thermique. Depuis, les fabricants de vitrages n'ont cessé de l'améliorer. D'abord, en augmentant l'épaisseur de la lame d'air : de 6 millimètres, on est progressivement passé à 12, voire 16 mm. Une limite physique, car au-delà la convection de l'air entre les deux vitres annule le bénéfice. En ajoutant une lame d'air, le triple vitrage diminue encore de moitié les déperditions.

VIR

Il y a 20 ans apparaît une nouvelle génération de vitrage, dit à isolation renforcée (VIR) ou à « basse émissivité ». Par rapport au vitrage standard, il divise par 2 ou 3 les déperditions. Déposée sur l'une des faces intérieures, une fine couche métallique renvoie une partie du rayonnement infrarouge émis par l'intérieur du local chauffé, qui est la troisième source de déperditions.

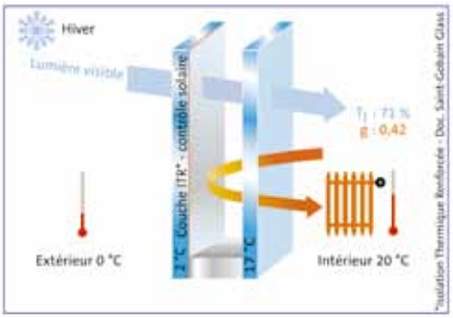
Plus récemment on remplace l'air par des gaz lourds, plus isolants : argon ou krypton. Par leur inertie, ils freinent la thermo-convection. L'écartement entre les vitres peut aussi être réduit. Aujourd'hui, il semble normalisé à 12 mm.

Dernière étape : les intercalaires en aluminium, en périphérie du vitrage (créant des ponts thermiques), sont remplacés par des matériaux de synthèse, ce qui réduit l'« effet de bord ». On parle de « warm edge » (bord chaud).

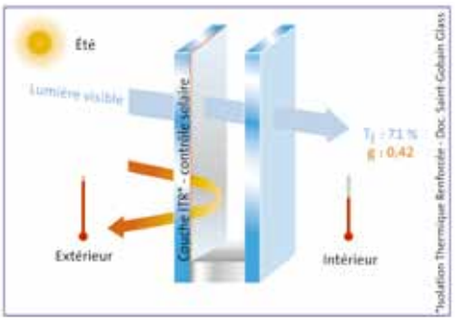
	RT 2005	Bâtiment basse énergie	Bâtiment très basse énergie
Consommation en énergie primaire (kWh/ m².an)	110 à 190 (chauffage et eau chaude sanitaire)	35 (chauffage)	15 (chauffage)
Uw (W/m².K)	< 2	<= 1,5	<= 0,8
Matériau du châssis	PVC, bois ou aluminium avec rupture de ponts thermiques	PVC ou bois	PVC ou bois avec rupture de ponts thermiques

© Jean-Paul Blugeon

Section de fenêtre bois, à triple vitrage – le cadre est à rupture de pont thermique (carrelet bois-liège).



Double vitrage VIR – principe du comportement d'hiver.



Double vitrage VIR – principe du comportement d'été.

Section de fenêtre mixte bois-aluminium, à triple vitrage.

© Agence Schilling Communication

Où en est-on ?

Grâce aux industriels du verre, la fenêtre arrive à maturité. Des innovations l'ont rendue enfin performante :

- étanchéité à l'air et à l'eau, grâce à des garnitures performantes ;
- réduction des ponts thermiques (intercalaires, huisseries) ;
- verre sélectif ;
- triple vitrage ;
- contrôle du rayonnement solaire et de l'éclairage (transparence sélective, verre réfléchissant réduisant les apports solaires)
- réduction de la transmission du bruit (vitrage acoustique) ;
- autonettoyage (en option).

Si des progrès sont encore attendus (notamment au niveau des châssis, qui sont maintenant le maillon faible et dégradent le coefficient Uw), les meilleurs vitrages actuels permettent déjà d'économiser 10 % sur la facture de chauffage. Désormais, on doit s'équiper de vitrages à coefficient U inférieur à 1,1.

Du triple vitrage partout ?

Couramment utilisé depuis 15 ans en Allemagne, le triple vitrage fait une timide percée chez nous, leurs performances étant supérieures de 60 % aux exigences de la réglementation thermique (RT 2005). Certes, son prix reste conséquent (50 % supérieur au double vitrage) et l'on doit prendre en compte la performance thermique globale de l'habitation. Ainsi, le triple vitrage en façade sud est parfois considéré comme une incohérence : moins transparent, il freine le gain de chaleur gratuite et la lumière naturelle. En général, on peut se contenter de double vitrage à faible émissivité. Sur les façades les plus déperditives, le triple vitrage se négocie selon la zone climatique et l'isolation requise. En rénovation, on n'atteint pas le fameux niveau de 50 kWh/m².an (facteur 4) sans triple vitrage, qui compense les ponts thermiques. Pour les bâtiments à très basse énergie (type Passivhaus), le triple vitrage est un passage obligé, y compris en exposition sud : la possibilité de se passer de chauffage est à ce prix !

Performances des fenêtres : les valeurs caractéristiques

- **Uw** (w comme *window* = fenêtre) : coefficient de transmission thermique de la fenêtre, en W/m².K (watts par m² de surface, pour 1 °C d'écart entre les températures intérieure et extérieure) traduit la capacité à conserver la température intérieure.
- **Ug** (g comme *glass* = vitrage) : coefficient de transmission thermique du vitrage (ancien coefficient K).
- **Uf** (f comme *frame* = cadre) : coefficient de transmission thermique de la menuiserie.
- **Tw** : transmission lumineuse, en %.
- **Facteur solaire** : proportion de l'énergie solaire qui traverse le vitrage, en %.

© Jean-Paul Blugeon

Serre équipée de doubles vitrages. Inconvénient des châssis en PVC : leur forte section, qui réduit la surface vitrée.

Certifications et labels

- **CSTB** (Centre scientifique et technique du bâtiment) : NF-CTBA (bois) et NF-CSTBat (PVC et aluminium) engagent le fabricant au respect du processus de fabrication et de contrôles réguliers.
- **AEV** (étanchéité à l'air et à l'eau, résistance au vent) : classement européen depuis 2001.
- **Acotherm** : évalue selon les performances thermiques et acoustiques.
- **CEKAL** : atteste de la qualité de fabrication et des capacités d'isolation thermique et acoustique.
- **NF-fenêtre bois** : garantit de nombreux critères (longévité, étanchéité à l'air et à l'eau, résistance au vent, tenue des finitions, etc.).
- **Menuiserie 21** (charte professionnelle – voir encadré p. 38).

Et pourquoi pas des fenêtres fixes ?

Les vitrages à hautes performances coûtent cher, les triples vitrages sont épais (plus de 40 mm) et lourds, obligeant à augmenter les sections des menuiseries et à renforcer les charnières. Le prix s'en ressent. Or, toutes les ouvertures n'ont pas forcément besoin d'être… ouvrantes ! Certaines peuvent rester fixes, car elles ont de moins en moins une fonction de ventilation. Nos voisins nord-européens ont depuis longtemps compris l'intérêt des fenêtres fixes, 30 % moins chères. Certes, leur climat incite moins à laisser les fenêtres ouvertes…

Vitrages et confort d'été

La France bénéficie d'un climat nécessitant à la fois de chauffer l'hiver et de rafraîchir l'été. Plutôt que climatiser, la meilleure stratégie consiste à empêcher la chaleur de pénétrer. De ce point de vue, les vitrages à hautes performances sont également efficaces en été. Recourir au vitrage réfléchissant, à faible facteur solaire (moins de 40 %), n'est pas judicieux. Certes, il participe au contrôle solaire à cette saison mais en hiver, il prive le bâtiment d'une source d'énergie gratuite et réduit l'éclairage naturel. Il vaut mieux utiliser du vitrage à fort facteur solaire et mettre en place en été (pour les vitrages les plus exposés) des protections solaires extérieures : stores, persiennes, volets, brise-soleil.

Les auxiliaires d'isolation

En créant un matelas d'air devant les vitrages (à une température supérieure à celle de l'air extérieur), les stores et les volets accroissent l'isolation nocturne. L'efficacité dépend fortement de l'étanchéité à l'air (les volets roulants sont plus performants, car mieux ajustés que les volets battants) et de l'absence de vent. Quand ils ne sont pas autorisés ou prévus d'origine, les volets intérieurs sont une alternative. Les rideaux épais sont également de précieux auxiliaires, surtout si les fenêtres sont anciennes. Si leur remplacement n'est pas envisagé (mais à condition que les huisseries soient assez solides, à cause du surpoids), on peut les équiper de survitrages.

Fenêtre à cadre mixte : aluminium laqué à l'extérieur pour l'absence d'entretien, bois à l'intérieur pour sa « chaleur ».

Différents masticages de vitrages sous vide.

Caractéristiques optiques et thermiques des principaux vitrages

	Transmission lumineuse Tw	Transmission énergétique (facteur solaire)	Coefficient de déperditions Uw (W/m².K)
Simple vitrage 4 mm	90 %	85 %	5,7
Double vitrage 4-12-4 mm	80 %	75 %	3
Triple vitrage 4-12-4-12-4 mm	73 %	66 %	1,5
Double vitrage faiblement émissif 4-12-4 mm	78 %	67 %	1,1
Triple vitrage faiblement émissif 4-12-4-12-4 mm	70 %	60 %	0,5
Double vitrage réfléchissant 6-12-6 mm	29 %	39 %	1,6

Le vitrage qui fait le vide

Depuis un an, on trouve du double vitrage à peine plus épais que du simple vitrage : 6 mm. Cet exploit est lié au remplacement de la lame d'air par un espace ultra mince (0,2 mm) où l'on a fait le vide. Pratiquement invisibles, des micro espaceurs maintiennent les deux vitres écartées de 3 mm, évitant que la dépression ne les colle. Outre des performances thermiques équivalentes aux meilleurs doubles vitrages, le principal intérêt de ce vitrage révolutionnaire réside dans la possibilité de l'utiliser dans des feuillures anciennes, ce qui lui ouvre le marché de la rénovation, ainsi que de la réhabilitation thermique des monuments historiques où le double vitrage est souvent interdit.

Matériau	Prix	Énergie grise (kWh/kg)	Traitement en fin de vie	Avantages	Inconvénients
Aluminium	élevé	52,8 (5 si recyclé à 100 %)	recyclage	peu d'entretien	dépassé (même à rupture de pont thermique)
PVC	le moins cher	17,5	recyclage / incinération	peu d'entretien	peu écologique (produit pétrolier, COV*)
Bois	entre PVC et aluminium	0,4 à 0,7 (selon densité)	recyclage / combustible (bois)	écologique (si certifié)	entretien régulier (parties extérieures)
Mixte bois / aluminium à l'extérieur	équivalent aluminium	10 (selon la proportion d'aluminium)	recyclage / combustible (bois)	peu d'entretien	moyennement écologique (à cause de l'aluminium)

Fenêtre équipée d'un vitrage-capteur photovoltaïque.

Fenêtre équipée d'un vitrage-capteur solaire thermique.

Menuiseries 21 : pour des fenêtres de qualité

La charte de qualité Menuiseries 21 fut créée à l'initiative d'un groupe d'entreprises de menuiserie adhérentes à la Fédération française du bâtiment (FFB). Elle est contrôlée par le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement). Les signataires font connaître leur savoir-faire dans le domaine de la fabrication des fenêtres en bois (matériau naturel et renouvelable) et sont engagés dans une démarche environnementale : l'Agenda 21, un programme mondial pour un développement durable. En accord avec l'ADEME, les engagements portent sur trois indicateurs :

- réduction (à la source), tri/recyclage, valorisation énergétique des déchets de fabrication
- promotion des bois issus de forêts gérées durablement (certifiés FSC ou PEFC)
- réduction et prévention des émissions de COV*.

Trois questions à Jérôme Lombrici (Développement et communication, Menuiserie David)

HabitatNaturel - En tant que fabricant de menuiseries à hautes performances, comment analysez-vous le marché actuel ?

Jérôme Lombrici - Il attend les retombées du Grenelle de l'environnement, en matière de performances et de composition requises par les prochaines réglementations thermiques. De plus, le crédit d'impôt pour la rénovation devient drastique. Les performances demandées posent un problème de développement technique intrinsèque (voir encadré p. 39). La crise économique bloque les industriels dans les investissements nécessaires à moyen terme. Heureusement, la démarche Menuiserie 21 (dont nous sommes cofondateurs depuis 2003) fut bénéfique pour les PME adhérentes. Nous avons développé une gamme bois et mixte bois/aluminium, qui anticipe les exigences réglementaires pour les cinq prochaines années.

HN - Il y a trois ans, vous envisagiez d'abandonner le triple vitrage. Où en êtes-vous ?

J. L. - Aujourd'hui, il fait partie intégrante de nos produits. La gamme bois démarre en double vitrage de 28 mm d'épaisseur à faible émissivité. Sur le même châssis de 68 mm de large s'adapte un triple vitrage de 34 mm, qui réduit le Uw à 1,1. Pour les maisons passives, nous avons développé la seule fenêtre en France entièrement en bois, munie d'un triple vitrage de 44 mm avec un Uw de 0,8 (critère Passivhaus). Pour y arriver, nous avons bénéficié d'une innovation de notre fournisseur de bois : un carrelet de 98 mm à lame alvéolaire, diminuant les déperditions du châssis de 20 % par rapport au carrelet ordinaire (sandwich bois-liège-bois). Sur le même principe a été développé le mixte bois-aluminium. Privilégiant le conseil, nous n'axons pas notre argumentaire de vente sur le triple vitrage à tout prix. Nous tenons à ce que nos clients ne soient pas lésés par des produits dépassés, ou qui seront rapidement inadaptés à la règlementation.

HN - Comment imaginez-vous l'évolution ?

J. L. - On assistera sans doute à des compromis entre la performance thermique, le facteur solaire, la transmission lumineuse et l'épaisseur des châssis. Les vitrages atteignent un coefficient Ug de 0,5 : c'est déjà beaucoup. Mais celui des châssis étant 30 % supérieurs, des progrès restent possibles. Pour maximiser les apports des trois premiers critères, les grandes ouvertures reviennent à la mode. Leur orientation sera aussi un point de vigilance. Dernière hypothèse, le couple menuiserie-volet sera sans doute renforcé : le volet assure une protection thermique et participe au confort d'été.

Menuiseries à hautes performances : des contraintes techniques…

Continuer à renforcer les performances thermiques globales (vitrage + cadre) pose de sérieux problèmes aux fabricants. Ainsi, pour atteindre un coefficient Uw de 1,4, les menuiseries PVC doivent pour la plupart être munies de cinq « chambres » (compartiments) et d'un vitrage à intercalaire « warm edge », un produit arrivant juste à maturité chez les verriers. Tandis que pour atteindre un coefficient de 1,6 sur une menuiserie bois, l'épaisseur des montants doit s'élargir. Un souci pour les industriels, qui doivent investir dans un outillage adapté.

© Jean-Paul Blugeon

Section de carrelet bois-liège, utilisée pour les châssis de fenêtres bois à rupture de pont thermique.

© Samic

© Robinsun

Vitrage-capteur solaire. Les lamelles de l'absorbeur thermique constituent un store, mais non réglable ni escamotable...

Fenêtres et environnement

Le matériau des huisseries influence leur impact environnemental, en particulier au critère « effet de serre ». Car l'énergie grise est très différente entre le bois (piège à carbone), le PVC (largement majoritaire) et l'aluminium. L'absence d'entretien est appréciable, mais ne doit pas être le principal critère de choix. Une solution intéressante (bien qu'onéreuse) est le complexe bois-aluminium, utilisant une relativement faible quantité d'un matériau très énergivore. La base de données INIES[1] du CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) met à disposition des FDES[2] (fiches de données environnementales et sanitaires) pour différents types de fenêtres (voir tableau p. 37). ■

*COV : composés organiques volatils.
[1] INIES : www.inies.fr
[2] FDES : http://fdes.ecobilan.com/fr

Adresses p. 79-81

Bibliographie

- Brochure ADEME, *L'isolation thermique*.
- Brochure FFB/ADEME, *Guide parois vitrées*.
- Les fenêtres performantes : www.bretagne-energie.fr www.outilssolaires.com
- Menuiserie 21 : www.menuiseries21.com