

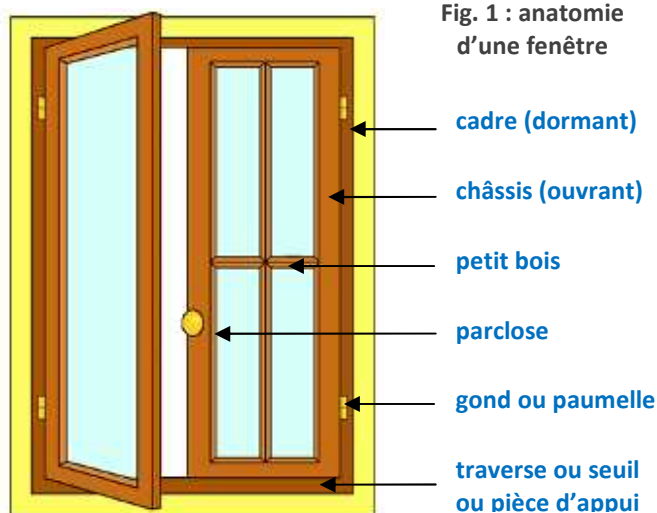
L'ISOLATION DES PAROIS VITREES

Les fenêtres sont une source de lumière naturelle mais elles permettent également de renouveler l'air intérieur de manière active par l'ouverture des châssis et de manière passive par les défauts d'étanchéité entre ouvrants, dormant et murs (cf. fig.1). Le verre est quant à lui un matériau très conducteur de chaleur.

Les caractéristiques thermiques et acoustiques des fenêtres en font des parois complexes à appréhender dans un projet de rénovation. Elles sont notamment sujettes à :

- De fortes déperditions hivernales par défauts d'étanchéité et par conductivité thermique ;
- Un abaissement rapide de leur température en hiver (par effusivité et émissivité thermique) qui peut provoquer une sensation de froid gênante ;
- Des apports solaires par effet de serre, bénéfiques en hiver sur les orientations sud mais pouvant être à l'origine de surchauffes estivales sur certaines parois (fenêtres de toits, façades ouest...).
- Une transmission du bruit privilégiée par la faible épaisseur des vitrages et par leurs fréquents défauts d'étanchéité.

Engager des travaux d'amélioration sur les parois vitrées est souvent une opération lourde financièrement. Afin d'éviter les déconvenues, il convient de commencer par bien analyser la situation et préciser les attentes : réduction de la facture d'énergie, amélioration du confort thermique hivernal, estival et/ou acoustique.

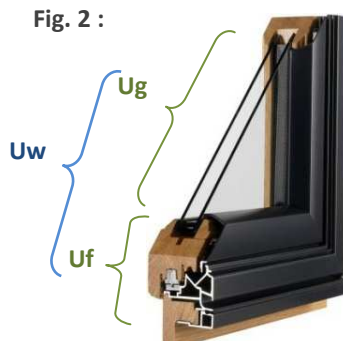


Note : Avec l'augmentation des performances thermiques des vitrages, le point faible des parois vitrées est désormais le châssis et son niveau d'étanchéité (qualité des joints et de la pose). Si les menuiseries bois et PVC ont des performances équivalentes, l'aluminium reste un matériau très conducteur et cela malgré la présence des inévitables rupteurs de ponts thermiques. L'alliance du bois et de l'aluminium en revêtement extérieur cumule les avantages des deux sans avoir leurs points faibles.

DES VITRAGES ISOLANTS...

VIS-A-VIS DES DEPERDITIONS : Le flux de chaleur qui traverse une paroi est quantifié par le coefficient de transmission thermique noté U en W/m^2K . Pour les parois vitrées, il est généralement complété par un indice qui permet de caractériser distinctement :

Fig. 2 :



- U_g pour le vitrage seul (*glass*),
- U_f pour la menuiserie (ouvrant et dormant) sans son vitrage (*frame*),
- U_w pour la fenêtre dans sa globalité (*window*). Sa valeur est propre à chaque fenêtre en fonction des surfaces de vitrage et de cadre (ouvrant, dormant, croisillons, petit bois)

ainsi que de leurs valeurs U_g et U_f . Ainsi deux fenêtres identiques n'auront pas le même coefficient U_w si leurs dimensions varient. Les coefficients U_w vont de $6 W/m^2K$ pour fenêtre métallique à simple vitrage à $0,6 W/m^2K$ pour fenêtre triple vitrage avec isolation renforcée du châssis.

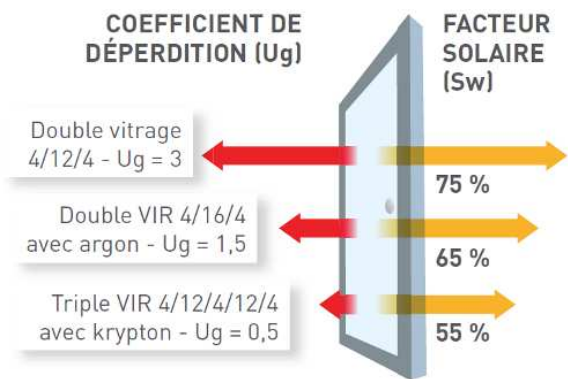
VIS-A-VIS DU RAYONNEMENT SOLAIRE : De la même manière que pour U_w , le facteur solaire noté S_w en pourcentage ou en ratio (de 0 à 1), traduit la capacité d'une fenêtre à transmettre l'énergie calorifique du rayonnement solaire à l'intérieur du local. Cet effet de serre contribue à couvrir une partie des besoins de chauffage en hiver (on parle de solaire passif) mais il peut aussi engendrer des surchauffes en été.

Comme pour U_w , la valeur S_w tient compte des surfaces opaques des menuiseries qui réduisent les apports. A contrario quand le facteur solaire est noté S_g ou simplement « g », il ne caractérise que la surface vitrée sans tenir compte des cadres et châssis.

LES TECHNOLOGIES PERMETTANT D'AMELIORER LES PERFORMANCES THERMIQUES DES VITRAGES SONT :

- La multiplication du nombre de vitres emprisonnant une ou deux lames de gaz rares plus isolants que l'air (argon, krypton, xénon). La nomenclature précise alors en mm les épaisseurs de verre, de gaz et sa nature : 4/10/4/10/4 Argon pour un triple vitrage avec 2 lames d'air de 10 mm.
- Les traitements des vitrages notés « IR », « VIR » pour isolation renforcée, « FE », « BE » ou « TBE » pour faible ou basse émissivité, consiste à appliquer sur l'une ou l'autre des vitres une fine couche d'oxyde métallique transparent ayant un fort pouvoir de réflexion du rayonnement infrarouge qu'il proviennent du soleil ou du local chauffé. Ce traitement abaisse encore les déperditions (U_w) mais également les apports solaires (S_w).

Fig. 3 : mise en parallèle Ug / Sw, la réduction des transmissions thermiques s'accompagne d'une perte d'apports solaires



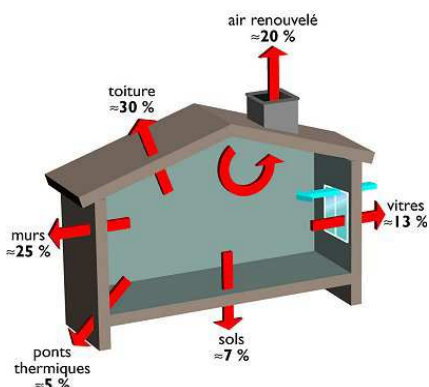
- Pour les locaux à usage de bureau, avec les sources de chaleur que représentent déjà les équipements informatiques, on cherchera surtout à éviter la surchauffe estivale avec des doubles vitrages isolants à faible facteurs solaire (Uw et Sw les plus faibles possibles) couplés à des protections solaires contre le rayonnement direct mais laissant passer la lumière naturelle : cf. **partie « Améliorer le confort thermique en été »**.

Note : quelle que soit la technique retenue, elle améliorera radicalement l'étanchéité à l'air du logement. Les polluants intérieurs et le vapeur d'eau risquent alors de s'accumuler dans le logement et pourraient engendrer des risques :

- pour la santé : en plus des CO2, monoxyde de carbone, COV et autres formaldéhydes dégagés par nos activités, l'humidité favorise le développement de moisissures et de spores allergènes,
- pour le bâtiment : la vapeur d'eau contenu dans l'air du logement ne s'échappe plus par les nouvelles fenêtres et ne condense plus sur les vitrages devenus isolants. Elle pénètre alors de plus en plus dans les parois et peut s'y accumuler sous forme d'eau liquide avec tout les risques de pathologies qui en découlent : fissures et décollements de peintures, d'enduits, pourrissement des éléments en bois encastres, développement de champignons, etc.

Afin d'assurer un renouvellement d'air minimal, hygiénique et réglementaire dans le logement, la révision ou l'installation d'une ventilation mécanique devient alors nécessaire cf. **guide ADEME « Un air sain chez soi »**.

REDUIRE SA FACTURE DE CHAUFFAGE



Les parois vitrées sont certes sujettes aux plus intenses pertes de chaleur mais elles concernent des surfaces limitées à l'échelle d'un bâtiment. Leurs déperditions doivent donc être pondérées au regard des surfaces et de l'isolation des autres parois (murs, toits, planchers).

Fig. 4 : déperditions d'une maison des années 60 non isolée

Il existe deux manières de réduire les pertes de chaleur des parois vitrées :

1. AMELIORER LEUR ETANCHEITE A L'AIR : avant de se lancer dans de gros travaux, on pourra avantageusement commencer par vérifier la présence et l'état des joints des ouvrants, les remplacer si besoin et calfeutrer les éventuels défauts d'étanchéité à l'interface entre la paroi vitrée et le mur. En période froide le test de la bougie passée devant le dormant permet d'évaluer la qualité de l'étanchéité à l'air. Si la flamme vacille ces menus travaux sont nécessaires, si elle s'éteint, ils ne seront peut-être pas suffisants.

2. AMELIORER LA PERFORMANCE THERMIQUE DES VITRAGES selon l'une des techniques présentées en dernière page dans la partie « **Les techniques d'amélioration en rénovation** ». Les vitrages les plus isolants ayant généralement des facteurs solaires faibles, il faudra donc adapter son choix à l'orientation et à l'usage du local :

- Pour les logements bien ensoleillés, la conservation de doubles vitrages anciens voire de simples vitrages en bon état pourra être envisagée au sud et au sud-est afin de maximiser les apports solaires en hiver. Il faudra cependant prévoir des améliorations afin d'éviter l'effet de paroi froide : cf. **partie « Améliorer le confort thermique en hiver »**.
- Pour les autres orientations, les fenêtres de toits et les façades qui ne prennent pas le soleil en hiver, l'isolation et l'apport de lumière priment. On pourra alors s'orienter vers des doubles vitrages performants ($U_w < 1,4$ et donc Sw relativement faible), voire des triples vitrages même si c'est rarement justifié dans le sud de la France.

AMELIORER LE CONFORT THERMIQUE EN HIVER

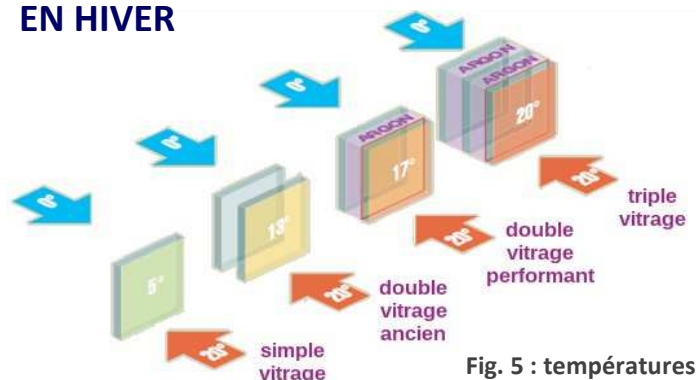


Fig. 5 : températures de surfaces des vitrages

Le slogan est bien connu : 19°C dans les pièces de vie, 16°C dans les chambres et pièces peu occupées. Si ces consignes ne sont pas forcément garanties d'un bon confort thermique, elles permettent cependant d'éviter de voir sa facture s'envoler... En effet, en cas de sensation de froid, chauffer plus ne fait qu'accroître l'inconfort et fait grimper en flèche les consommations : + 7 à 15% par degré en plus ! Explication : la température réellement ressentie est une moyenne des températures de l'air et de celles des parois environnantes. Or, la température de surface d'un simple vitrage peut facilement descendre en dessous de 10°C en hiver...

La température ressentie est donc influencée par la température des parois mais elle l'est également par les mouvements d'air (courants d'air, souffleries), par son taux d'humidité ou encore par le métabolisme de l'occupant (repos / activité physique). Les éventuels défauts d'étanchéité des parois vitrées et les courants d'air qu'ils peuvent générer peuvent donc également dégrader ce confort.

Le phénomène de la paroi froide sera facilement neutralisé par la fermeture de volets, complétés de rideaux intérieurs opaques et épais. A contrario, un voile fin et transparent ne stoppera pas le « rayonnement froid » du vitrage.

Les courants d'air seront quant à eux limités par des seuils aux portes extérieures qui n'en ont pas et par des joints en caoutchouc sur le pourtour des portes et fenêtres (les joints mousses sont peu efficaces et peu durables). Un entretien annuel de ces joints est conseillé pour assurer leur durée de vie (nettoyage à l'eau savonneuse, pas de mise en peinture).



Fig. 6 : température mesurée et température ressentie

Note : L'étanchéité à l'air est un point crucial de la RT2012 (réglementation thermique des constructions neuves), les interfaces entre parois vitrées et opaques font l'objet de toutes les attentions et leur étanchéité est assurée à l'aide de joints comprimés et/ou d'adhésifs spécifiques. En rénovation, les défauts d'étanchéités peuvent être traqués par le test de la bougie à réaliser en période froide et ventée **cf. partie « Réduire sa facture de chauffage »**.

GARDER SON LOGEMENT FRAIS EN ETE

Les bases du confort d'été passent par la limitation des apports internes de chaleur (ordinateurs, cuisson, éclairage), l'occultation des parois vitrées en journée et l'ouverture des fenêtres la nuit afin de créer un courant d'air prolongé. Ce rafraîchissement nocturne est essentiel et sera facilité dans les logements traversants et peu exposés au bruit.

Concernant l'occultation diurne, les protections solaires devront être adaptées à l'orientation et au besoin d'éclairage du local. Elles sont à placer côté extérieur afin de stopper le rayonnement solaire avant qu'il n'atteigne et fasse monter en température le vitrage et la menuiserie.

- Au sud-ouest, à l'ouest et sur les fenêtres de toits, parois sensibles à la surchauffe car exposées au soleil l'après-midi et le soir, l'accent sera mis sur des doubles vitrages à faible facteur solaire Sw , couplés à des occultations de type stores extérieurs déroulants ou à lames orientables, volets roulants ou battants, persiennes battantes ou coulissantes, claustras, pergolas végétalisées, etc.

- Au sud et au sud-est, les casquettes, débords de toits, stores bannes à projection, brises soleil horizontaux ou pergolas sont à privilégier. Les vitrages à Sw faibles ne sont pas forcément pertinents sur ces orientations du fait de la position zénithale du soleil en été et du fait des pertes d'apports solaires hivernaux qu'ils génèrent.

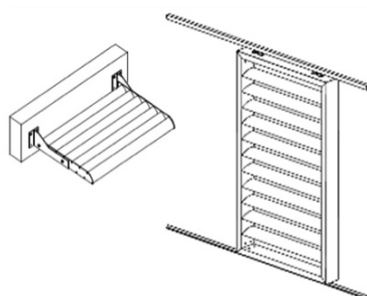


Fig. 7 : brise soleil et volet coulissant à lames orientables

Cette solution pourra cependant être retenue quand une réverbération importante (sol extérieur clair) ne peut être contenue par les protections solaires ou bien quand celles-ci ne sont pas envisageables pour des raisons d'ordre technique ou patrimonial (zones classées).

Note : L'inertie thermique des matériaux de construction et d'isolation jouent également un rôle non négligeable dans l'atteinte du confort d'été. Les matériaux lourds et les isolants denses ont ainsi la capacité de capter plus de calories dans leur masse sans se réchauffer significativement, ni trop rapidement (notion de déphasage) : l'exemple de la maison ancienne au mur épais qui reste fraîche en été, illustre bien ce phénomène **cf. fiche « isolation thermique des parois opaques »**.

S'ISOLER DU BRUIT EXTERIEUR

Dans les constructions maçonnées, les parois vitrées sont toujours des points faibles acoustiques du fait de leur faible épaisseur et de leurs fréquents défauts d'étanchéité : Là où l'air passe le bruit passe ! En terme d'isolation phonique, il faut donc avant tout veiller à l'étanchéité du local vis-à-vis de l'air extérieur : **cf. partie « Améliorer le confort thermique en hiver »**.

Note : les grilles, réglettes et bouches de ventilations ne sont pas des défauts d'étanchéité. Elles permettent le renouvellement hygiénique, sécuritaire et réglementaire de l'air intérieur, et ne doivent pas être obturées. Des entrées d'air dites « acoustique » permettent le renouvellement d'air en limitant la pénétration des bruits extérieurs dans le bâtiment.

En cas de remplacement de fenêtre, l'amélioration acoustique dépendra bien sûr des caractéristiques de la fenêtre mais également de la qualité de la pose : il convient en effet d'assurer une étanchéité à l'air durable et une continuité de l'isolation entre parois opaques et parois vitrées. Parmi les différentes méthodes de pose, la double fenêtre est la solution la plus performante devant le remplacement avec dépose totale **cf. partie « Les techniques d'amélioration en rénovation »**.

Concernant les vitrages, l'isolation phonique est principalement assurée par le recours à des doubles vitrages asymétriques dont les épaisseurs différentes (ex : 4/14/10) limitent l'entrée en résonance des couches de verre lorsqu'elles sont atteintes par une onde sonore. L'adjonction d'une couche de verre feuilletée acoustique (ex : 4/12/44.2S) peut encore améliorer les performances du vitrage. Comme pour l'isolation des parois opaques, la performance phonique des parois vitrées est donnée par l'indice d'affaiblissement acoustique noté Rw en décibel : de 25 à 45 dB en double vitrage. Pour en savoir plus, consultez le **guide ADEME « Isoler son logement du bruit »**

Note : Contrairement aux techniques d'isolation en parois opaques, il est difficile de concilier haute performance thermique et haute performance acoustique sur les parois vitrées.

Par ailleurs, passer d'un simple à un double vitrage acoustique en immeuble collectif peut parfois entraîner une plus grande réceptivité aux bruits d'immeuble : le confort acoustique attendu n'est alors pas forcément au rendez-vous.

LES TECHNIQUES D'AMÉLIORATION EN RENOVATION

REPLACEMENT DE FENÊTRE AVEC DEPOSE PARTIELLE, TECHNIQUE DITE « EN RENOVATION » :

L'opération consiste à venir recouvrir l'ancien cadre dormant avec la nouvelle menuiserie : seuls les ouvrants sont déposés. Cette technique très courante nécessite cependant que l'ancien dormant soit exempt d'humidité, de moisissures, d'oxydations, de déformations ou de quelconques détériorations, afin qu'il puisse être correctement utilisé comme support. Dans tout les cas, il reste fragilisé et engendre souvent de ponts thermiques et phoniques résiduels au niveau des liaisons. Ce type de pose peut également entraîner une diminution du clair de jour, mais il est malgré tout plébiscité pour son faible coût lié à l'absence de reprise sur le second œuvre.



REPLACEMENT DE FENÊTRE AVEC DEPOSE TOTALE :

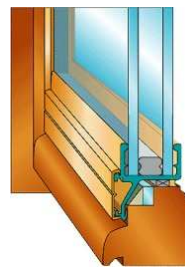
Cette technique consiste à démonter entièrement l'ancienne menuiserie (dormant, pièce d'appui et ouvrant) afin de poser la nouvelle fenêtre directement sur la maçonnerie. C'est la solution la plus efficace en termes d'isolation thermique, de luminosité et d'esthétique. Elle oblige par contre à reprendre les jonctions du second œuvre (plâtrerie, peinture, etc.).



Note : Dans le cas d'une isolation des murs par l'extérieur, c'est la seule technique qui permette d'assurer une parfaite continuité de l'isolation : la nouvelle menuiserie doit alors être posée au nu extérieur du mur.

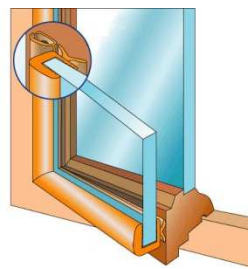
POSE DE DOUBLE FENÊTRE :

La menuiserie d'origine reste en place et une deuxième fenêtre performante est placée devant celle-ci coté intérieur. La double fenêtre vient logiquement en continuité de l'isolation intérieure du mur quand ces travaux sont prévus. Cette solution, très courante sous les climats continentaux et montagnards, est avantageuse à bien des égards : elle permet de conserver l'aspect patrimonial de la façade, de bénéficier d'une isolation acoustique inégalée et d'avoir une isolation thermique optimale entre hiver et été en jouant sur l'ouverture de l'une ou de l'autre des fenêtres.



REPLACEMENT DU VITRAGE SEUL :

Pour les menuiseries bois, robustes et en bon état, il est possible de passer d'un simple vitrage à un double vitrage tout en conservant les cadres ouvrant et dormant. Le dimensionnement du châssis et des gonds doit alors être contrôlé afin de s'assurer que la menuiserie puisse supporter le poids du nouveau vitrage plus lourd. Cette solution n'empêchant pas l'air de passer autour de la fenêtre, il est conseillé de procéder en parallèle à un contrôle voir au remplacement des joints d'étanchéité.



LE SURVITRAGE :

Il consiste à poser une vitre supplémentaire (simple vitrage) sur la fenêtre existante, l'air emprisonné entre les deux vitres permet de reproduire grossièrement un double vitrage. Il permet de conserver les menuiseries et de réduire la sensation de paroi froide mais sa capacité d'isolation thermique reste limitée et n'est pas maîtrisée : En effet, l'étanchéité de la lame d'air n'étant pas garantie et les coefficients de transmission thermique et facteur solaire ne peuvent pas être calculés. Cette solution ne répond pas aux exigences du crédit d'impôt.



LES FILMS REFLECHISSANTS :

Comme pour le survitrage, il ne s'agit pas d'une isolation à proprement parler. Agissant uniquement sur le rayonnement en abaissant le facteur solaire, ils permettent surtout de limiter les surchauffes estivales. Ces films font partie des améliorations thermiques secondaires au même titre que les joints de fenêtres, les mousses expansives ou les rideaux isolants. Ils ne répondent pas aux exigences du crédit d'impôt.

LES SIGNES DE QUALITE

Les fabricants peuvent engager des démarches volontaires de reconnaissance de la qualité de leur matériel :

Pour les vitrages seuls, la **certification CEKAL** garantit les performances des vitrages avec un classement acoustique de AR1 ($R_w \geq 25$ dB) à AR6 ($R_w \geq 37$ dB) et un classement thermique de TR1 ($U_g \approx 1,9$ W/m²K) à TR14 ($U_g \approx 0,6$ W/m²K).

La **certification ACOTHERM** apporte les garanties équivalentes pour la menuiserie complète avec un classement acoustique de AC1 ($R_w \geq 28$ dB) à AC4 ($R_w \geq 40$ dB) et un classement thermique de Th6 ($U_w \leq 2,6$ W/m²K) à Th17 ($U_w \leq 0,8$).

Le **classement AEV de la marque NF CSTB** complète ces certifications en précisant la résistance aux contraintes climatiques : le niveau de perméabilité à l'air des parois vitrées, important pour les constructions neuves dans le cadre de la RT2012 est classée de A1 (moins étanche) à A4 (plus étanche), l'étanchéité à l'eau classée de E1 à E9, et enfin la résistance au vent classée de V1 à V5.