

Guide de l'isolation des fenêtres

Limiter les pertes énergétiques de votre habitation



Les Guides **AGIR** →

SOMMAIRE

- ρ 3 : Introduction : Pourquoi faire isoler ses fenêtres ?
- ρ 6 : I. Présentation du double vitrage
- ρ 8 : II. Les avantages du double vitrage
- ρ 10 : III. Structure d'une fenêtre double vitrage
- ρ 14 : IV. Les indices de performance d'une fenêtre
- ρ 19 : V. Efficacité des différentes parties d'une fenêtre double vitrage
- ρ 22 : VI. Isolation acoustique par double vitrage
- ρ 27 : VII. Les doubles vitrages spécifiques
- ρ 31 : VIII. Le triple vitrage
- ρ 33 : IX. Le Survitrage
- ρ 536 : X. Que doit-on exiger d'une fenêtre double vitrage ?
- ρ 41 : XI. L'installation
- ρ 46 : XII. Les garanties
- ρ 47 : XIII. Prix et financement

Tous nos guides sont téléchargeables gratuitement sur : www.lesguidesagir.com

Directeur de la publication : Yann Gozlan
Secrétaire de rédaction : Elodie Raynaud
Assistante de Rédaction : Myriam Kaou
Directeur artistique : Gil Micheli
Directeur Commercial : Claude Gozlan
Push and Pull Siège social
11 rue Carnot, 94270 Le Kremlin Bicêtre
Ce guide AGIR ne peut être vendu.

Nous restons à votre disposition pour tous renseignements complémentaires aux numéros suivants :
09-54-69-24-93 09-61-07-51-72

Les guides AGIR sont des outils d'aide à la décision d'achat. Comme toutes les publications AGIR, elles ont pour vocation de vous présenter un univers de produit ou de service en vous aidant à définir votre besoin, en vous présentant un panorama du marché constamment réactualisé en vous offrant les conseils indispensables des meilleurs spécialistes du domaine.

EDITO

On sous-estime souvent l'importance des fenêtres quant aux pertes énergétiques dans une maison, par rapport aux murs, ou au toit. La bonne isolation des fenêtres est pourtant essentielle : en moyenne, la surface vitrée dans une maison individuelle correspond à un sixième de la surface habitable, et peut représenter environ 13% des déperditions de chaleur.

Par rapport à un système simple vitrage, l'efficacité isolante des fenêtres double ou triple vitrage peut être de 5 à 10 fois meilleure. En remplaçant ou en améliorant les fenêtres, on économise ainsi sur les besoins de chauffage et sur les factures d'énergie, de 5 à 20% selon la surface vitrée et la performance de la solution choisie.

Les progrès réalisés en isolation des fenêtres ont également permis la mise sur le marché de produits innovants, qui, outre d'excellentes performances énergétiques, vont pouvoir diminuer sensiblement les bruits venant de l'extérieur, renforcer la sécurité des biens et des personnes... On trouve aussi des systèmes de vitrages qui, par une gestion fine de la transmission de lumière, augmentent encore la conservation de la chaleur l'hiver dans le logement, et diminuent l'impact du rayonnement solaire l'été, et évitent le réchauffement du logement.

INTRODUCTION : Pourquoi faire isoler ses fenêtres ?

Le principe des fenêtres isolantes

Le verre est un matériau très conducteur thermiquement, c'est-à-dire qu'il laisse facilement passer la chaleur et le froid, que ce soit de l'extérieur vers l'intérieur ou de l'intérieur vers l'extérieur. L'efficacité

des vitrages isolants repose essentiellement sur l'ajout d'une couche de gaz, parfois simplement d'air, séparant deux ou plusieurs parois vitrées. Le gaz étant moins conducteur thermique que le verre, la perte de chaleur sera considérablement diminuée. Ce principe, bien appliqué, permettra d'importantes éco-

Guide de l'isolation des fenêtres

nomies de chauffage.

Par ailleurs, pour être totalement efficace, une fenêtre isolante doit être parfaitement étanche à l'air, et à l'eau.

L'isolation des fenêtres, facile et pas chère



La pose de fenêtres double vitrage, triple vitrage, ou de survitrage sont des solutions simples pour améliorer l'isolation, aussi bien des maisons que des appartements.

Elles n'engagent pas nécessairement des travaux de gros œuvre et restent abordables financièrement, d'autant plus que l'état favorise par des crédits d'impôts et des taux de TVA réduits l'investissement des ménages, à condition cependant que les installations répondent à certains critères (que la plupart des produits existants sur le marché remplissent aisément). Il faut tout de même bien choisir sa solution et son installateur.

Les solutions d'isolation des fenêtres

Au moment de choisir une solution d'isolation des fenêtres, il faudra tenir compte d'un budget, bien sûr, de la performance attendue, mais aussi des possibilités techniques de pose.

Vous pourrez choisir entre le double vitrage, le triple vitrage, ou encore le survitrage.

● **La fenêtre double vitrage** est actuellement la solution reine quant à l'isolation des baies. Elle présente souvent le meilleur rapport entre la performance et le prix. C'est cette solution que nous traiterons principalement dans ce guide.

● **La fenêtre triple vitrage**, est un perfectionnement de la fenêtre double vitrage. Si sa performance thermique est plus importante, elle reste encore trop souvent chère. D'un point de vue technique, la fenêtre à triple vitrage présente, à quelques différences près, les mêmes caractéristiques que la fenêtre à double vitrage.

● **Le survitrage**, lui, est moins isolant que le double vitrage, mais conviendra facilement dans les régions de France où certaines normes doivent être respectées, notamment dans les zones protégées ou soumises à des réglementations architecturales spécifiques. Evidemment, ses performances thermiques et acoustiques peuvent difficilement rivaliser avec les doubles ou triples vitrages, mais il reste intéressant si on ne désire pas changer les menuiseries de fenêtres, et réduire le temps d'installation.

I. Présentation du double vitrage



La meilleure connaissance des problématiques environnementales, et l'augmentation des prix de l'énergie ont poussé beaucoup de français à améliorer l'isolation de leur logement, et les fabricants de fenêtres ont développé des produits pour répondre à ces nouvelles attentes.

Si les fenêtres triple vitrage dépassent celles-ci du point de vue de l'efficacité énergétique, elles restent encore très chères, faisant des fenêtres double vitrage la meilleure solution pour le rapport perfor-

mance/prix, avec un amortissement normalement assez rapide de l'investissement.

Comprendre la fenêtre double vitrage avant d'acheter

Les ventes de fenêtres double vitrage ont très rapidement augmenté. Comme souvent, cela a attiré sur le marché des opportunistes, qui veulent profiter de l'aubaine sans forcément connaître le produit. Il faut donc bien comprendre le sujet avant de se lancer

dans son projet, et connaître l'importance des différentes parties de la fenêtre avant d'acheter.

Du double vitrage pour une fenêtre isolante

L'efficacité du double vitrage repose sur la faible conductivité thermique de l'air sec, ou de gaz inertes. En effet, le verre est très conducteur et est donc un mauvais isolant, quelle que soit son épaisseur. Le double vitrage enferme donc un volume de gaz dans un espace étanche entre les deux vitres, et c'est cette lame d'air, ou de gaz, qui va réduire fortement le transfert de chaleur : d'abord entre les deux vitres, puis, bien sûr, entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

La vapeur d'eau étant conductrice de chaleur, il est important que l'espace entre les deux vitres reste bien sec : un dessiccateur sera donc généralement intégré à la structure de la fenêtre. Plus la lame d'air sera épaisse et plus le double vitrage sera isolant. A contrario, l'épaisseur des vitres aura très peu d'influence sur l'efficacité thermique de la fenêtre, et ne jouera véritablement que sur l'isolation phonique (ou acoustique). La performance d'un double vitrage sera supérieure si on utilise de l'argon ou du krypton dans le volume interne, mais ces gaz posent un certain nombre de problèmes techniques, et rendront la fenêtre plus chère.

Enfin, certains doubles vitrages de haute qualité intègrent du verre à faible émissivité, traité par dépôt d'une très fine couche d'oxydes métalliques pour diminuer la conduction thermique. Autant dire que là encore, la facture augmentera.

La fenêtre double vitrage est toujours préfabriquée avant la pose. Jouant le rôle d'espaceur entre les deux parois vitrées, un intercalaire de métal, ou de matériau de synthèse, est collé au verre avec un produit élastomère [par exemple le butyl]. L'étanchéité entre l'espaceur et les feuilles de verre sera assurée par un joint ou mastic de scellement, par exemple en polyuréthane.

La performance thermique d'un double vitrage est indiquée par un coefficient U_g et U_w , qui devront être le plus petit possible pour une meilleure efficacité isolante.

Autres fonctions du double vitrage

En jouant sur la qualité du verre ou son traitement, l'épaisseur des différents vitrages et de la lame d'air, on peut composer des doubles vitrages super phoniques, qui réduiront considérablement la transmission des sons venant de l'extérieur, mais aussi des doubles vitrages de sécurité, permettant d'augmenter la résistance de la fenêtre aux chocs.

Les combinaisons sont souvent possibles, pour peu que le budget ne soit pas trop limité, et on pourra ainsi trouver des doubles vitrages à la fois thermiques, phoniques et de sécurité.

Les traitements du verre permettront également de fabriquer des vitrages autonettoyants, à faible émissivité, ou translucides pour préserver l'intimité des occupants dans certaines pièces.

II. Les avantages du double vitrage

Le double vitrage, efficace en isolation thermique

Tout le monde connaît aujourd'hui le double vitrage, et cela semble être une solution banale. Pourtant, l'isolation des fenêtres est a priori un problème com-

pliqué, nettement plus que celui posé par l'isolation de parois opaques. Il n'existe pas, en effet, de matériaux qui soit à la fois parfaitement transparent, solide, et bon isolant thermique. Le double vitrage isole grâce à la couche d'air emprisonnée entre les deux vitres, solution très efficace si la fenêtre est de bonne qualité.



Guide de l'isolation des fenêtres

Les réglementations thermiques étant de plus en plus contraignantes pour les constructions neuves, quasiment toutes les maisons récentes sont équipées de double vitrage ou de triple vitrage, permettant de réduire la consommation énergétique globale de l'habitation.

En rénovation, la pose de double vitrage est un moyen simple de renforcer une isolation faible ou moyenne. Mais rappelons tout de même qu'il est préférable d'envisager l'amélioration d'une isolation dans son ensemble, et de bien évaluer quels sont les travaux les plus urgents. Si votre toit est une passoire, avec de nombreux ponts thermiques (zones de déperditions thermiques), et que l'enveloppe de la maison n'est pas suffisamment étanche à l'air, un double vitrage ne servira pas à grand-chose...

A contrario, si le reste de l'isolation est raisonnablement efficace, le double vitrage diminuera les besoins de chauffage en hiver, gardera la maison plus fraîche en été, augmentera le confort, et diminuera vos factures énergétiques. Et comme toute amélioration de l'isolation, le double vitrage permettra de limiter l'impact de votre maison en terme d'émissions carbone.

Double vitrage, une installation souple

Selon les modèles de double vitrage, on peut changer tout ou seulement une partie de la fenêtre. Si le cadre d'une fenêtre est en bon état, on peut y adapter des battants à double vitrage, et il sera souvent possible de rester très proche de l'apparence de l'ancienne fenêtre. Un changement partiel de la fenêtre sera aussi souvent moins cher qu'un changement total.

Il est souvent conseillé, pourtant, de changer l'ensemble, pour éviter toute possibilité de pont thermique.

Dans ce cas, le nouveau cadre sera fixé aux murs en utilisant les points d'accroche de l'ancienne fenêtre. Vous pourrez choisir la matière : bois, PVC, aluminium, selon vos goûts, et la performance des différents modèles. Certaines fenêtres peuvent même mélanger plusieurs matières.

Les fabricants proposent également des battants en bois sur-mesure pour les formes complexes, adaptables sur la menuiserie d'origine, et qui incluent des petits bois ou croisillons à l'intérieur des vitrages isolants, permettant de préserver l'esthétique générale de la maison.

Le crédit d'impôt sur le double vitrage

L'état favorise la rénovation des logements en double vitrage par un crédit d'impôts. L'isolation est en effet souvent le meilleur moyen de diminuer nos consommations énergétiques, et donc notre impact sur l'environnement.

Ce crédit d'impôts diminue le coût d'investissement et permet de s'équiper plus facilement.



III. Structure d'une fenêtre double vitrage



La fenêtre double vitrage est composée d'une structure rigide, dans laquelle s'insèrent deux vitres séparées par une lame de gaz, maintenues parallèles par un intercalaire, ou espaceur. Chaque partie de la fenêtre a une influence sur la performance d'isolation, et de multiples choix sont possibles.

Le matériau utilisé pour la structure de la fenêtre va définir son apparence, et il est tentant, pour ne pas changer le style d'une façade, de conserver le bois. Ce n'est pas forcément un mauvais choix en terme d'isolation, mais d'autres matières sont également intéressantes, et demanderont moins d'entretien. Dans tous les cas, l'efficacité de la structure sera égale-

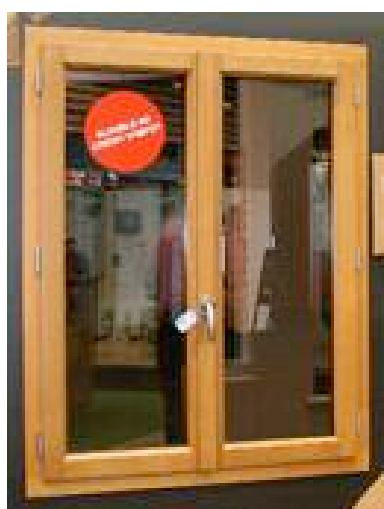
Guide de l'isolation des fenêtres

ment liée à la qualité de fabrication, et il faudra être vigilant sur ce point. Le meilleur isolant du monde ne servira pas à grand chose si les pièces de la structure sont mal ajustées.

Les matériaux les plus utilisés pour la structure d'une fenêtre double vitrage sont le bois, l'aluminium et le PVC (Polychlorure de vinyle ou chlorure de polyvinyle). Chacun de ces matériaux possède des coefficients de transmission thermique U différents. Le moins isolants d'entre eux sera l'aluminium, qui est très conducteur thermique. Le bois sera le plus performant, mais il nécessitera plus d'entretien que le PVC, également très bon isolant.

Le matériau de structure choisi déterminera également l'apparence de la fenêtre, et là, tout est affaire de goût, et d'adéquation avec le style de la façade.

Le bois : un bon isolant mais d'entretien difficile



Le bois est un excellent isolant à la fois thermique et phonique et sera efficace pour construire une fenêtre

de bonne performance. Mais il faudra le traiter et le repeindre au moins tous les 5 ans, et parfois plus souvent en fonction du climat, pour éviter une dégradation, un pourrissement de certaines parties, et finalement l'apparition de défauts d'étanchéité. Les meilleurs fabricants utiliseront des bois avec traitements intégrés qui limiteront cet entretien ou le faciliteront.

Le coefficient de transmission thermique du bois est $U_f = 1.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

L'aluminium : souple, mais peu isolant



L'aluminium ne sera pas l'isolant le plus performant pour construction d'une fenêtre, sauf s'il est associé à des profilés étudiés pour éliminer totalement tous les ponts thermiques. Dans ce cas, il permettra de nombreuses variations esthétiques, en laquages, peintures, avec même des possibilités de bicoloration

Guide de l'isolation des fenêtres

intérieur/extérieur. Son entretien est également très facile.

Pour éliminer les ponts thermiques, l'armature des fenêtres aluminium, des profilés et des ouvrants, est sertie de barrettes de polyamide. Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) marque du sceau RPT, pour « Rupture de Pont Thermique », les doubles ou triples vitrages en aluminium, équipés de ces barrettes. Aussi, les fabricants utilisent beaucoup l'aluminium aujourd'hui pour le marier au bois dans des structures dites mixtes. Il faudra préférer des aluminium labélisés Qualinod, Qualicoat, Qualimarine ou labélisés EWAA ERAS pour avoir une garantie supplémentaire de qualité des matériaux.

Le coefficient de transmission thermique de l'aluminium est selon sa qualité entre $U_f = 3.5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ et $U_f = 4.20 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, d'où la nécessité d'éliminer les ponts thermiques.

Le PVC : économique et d'une bonne durée de vie



Le PVC, polymère thermoplastique, est certainement le matériau le plus économique pour la structure d'une fenêtre, et il particulièrement bon isolant, pratiquement autant que le bois. S'il est de très bonne qualité; il aura une bonne durée de vie, imputrescible, résistant aux agressions salines et aux rayons du soleil, ne pourrissant pas ni ne rouillant. Il ne nécessite que très peu d'entretien.

Son rapport qualité/prix est donc excellent, et il est parfois amélioré pour offrir de meilleurs rendements. Cependant, des PVC de moins bonne qualité risquent de jaunir et de s'altérer. Les PVC les plus fins permettent de choisir toutes les formes et les structures de modelages, cependant moins de couleurs seront disponibles qu'avec l'aluminium.

Certains PVC porteront le label Greenline qui garantit l'absence de plomb. Selon sa qualité, le PVC a un coefficient de transmission thermique U_f entre $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ et $3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Les matériaux pour les intercalaires de double vitrage

Les intercalaires ou espaceurs seront métalliques ou en composés synthétiques. Les intercalaires métalliques, très généralement en aluminium, auront une efficacité thermique faible, et les déperditions de chaleur se feront sur toute la périphérie du vitrage, l'aluminium étant très conducteur thermique. Les intercalaires en aluminium n'éliminent pas complètement les risques de voir se former de la condensation sur les vitrages, voire des moisissures. Ils existent en plusieurs couleurs.

Les intercalaires en composés synthétiques appelés « Warm Edge » [« bords chauds »] permettront de li-

Guide de l'isolation des fenêtres

imiter beaucoup ces pertes de chaleur périphériques sur les vitrages, et de minimiser les risques de condensation. Les intercalaires « Warm Edge » sont souvent un mélange de matière synthétique de polyisobutylène (PIB) entourant une couche d'acier inoxydable ou de l'aluminium. D'autres intercalaires, comme le « Super Spacer » sont en mousse de silicone thermoducissable avec des siccatifs intégrés dans le polymère thermodurci. Ils ont l'avantage de ne plus posséder de métaux dans leur structure et d'améliorer encore les performances d'isolation thermique.

Qualité et épaisseur des vitres



Le verre simple, monolithique (non feuilleté), est un mauvais isolant. Donc l'épaisseur des vitres aura finalement une importance limitée en terme d'isolation thermique. Nous verrons par contre que cette épaisseur doit être soigneusement choisie pour l'isolation acoustique.

Il existe également des verres spécialement traités pour augmenter la performance thermique d'une fenêtre double vitrage, en travaillant sur l'émissivité. Ces traitements sont spécifiques, et seront abordés dans un autre chapitre.

Composition de la lame d'air

Le verre étant un matériau thermiquement très conducteur, c'est la lame d'air placée entre les deux vitrages qui assurera l'isolation sur la partie vitrée de la fenêtre.

Cette lame sera dans la majorité des cas composée d'air sec (ou déshydraté). Cette solution reste la moins onéreuse à l'achat et a prouvé ses bonnes performances. Tant que l'étanchéité des joints scellant l'intercalaire ou l'espaceur n'est pas endommagée par l'usure du temps, l'air sec ou déshydraté reste emprisonné pendant des années.

L'utilisation de gaz rares (ou nobles), en remplacement de cet air sec, permettra des performances d'isolation bien meilleures, mais, chers pour les fabricants ils augmenteront considérablement le prix du double vitrage.

On trouve actuellement deux gaz rares utilisés à cet effet : l'argon et le krypton.

Le gaz argon (du grec « argos » : « paresseux ») est un gaz inerte, aussi le remplissage de la lame avec ce gaz diminuera largement la conduction thermique d'une paroi vitrée à l'autre. De même, tant que les joints d'étanchéité scellant les espaceurs restent en bon état, le gaz argon reste emprisonné pendant des années. On estime qu'il y a une perte de 5% au bout de 25 ans.

Le gaz krypton (du grec « kryptos » : « caché ») est un gaz inerte plus lourd que le gaz argon. C'est le plus onéreux, mais également le plus efficace, offrant des performances d'isolation encore meilleures.

IV. Les indices de performance d'une fenêtre

Le fonctionnement du double vitrage thermique

Les fenêtres sont un point à traiter rapidement, car elles font partie des zones les moins isolantes de l'enveloppe d'un bâtiment.

Pour qu'une fenêtre soit isolante elle doit tout d'abord être étanche à l'air. C'est évident, mais si l'air intérieur communique directement avec l'air extérieur, la chaleur a tendance à se répartir jusqu'à l'équilibre entre les deux milieux.

La chaleur, une fois l'étanchéité acquise, peut ensuite être transmise de différentes manières à travers une paroi. Pour augmenter l'efficacité isolante d'une fenêtre, on va ainsi pouvoir jouer sur différents facteurs, en diminuant la conduction, le rayonnement, et en limitant ou évitant les effets de convection.

Efficacité de la fenêtre double vitrage en isolation thermique

Les fenêtres classiques, à simple vitrage, vont constituer un point faible dans l'isolation d'une maison. Le verre est bon conducteur de chaleur, et l'énergie thermique pourra le traverser rapidement. Si vous posez la main sur un simple vitrage en hiver, vous risquez ainsi de constater que sa surface est nettement plus froide que celle des murs donnant sur l'extérieur (ou alors vous avez un très gros problème). La fenêtre sera donc cause d'une déperdition énergétique importante, et d'une augmentation des besoins de chauffage.

En cela, la pose de fenêtres double vitrage de bonne qualité sera un gain important. La lame d'air placée entre les deux vitrages et la multiplication des inter-

faces entre matières [la transmission de chaleur est ralenti par le passage d'un élément à un autre] va augmenter de manière très importante la résistivité thermique de la partie transparente. La structure de la fenêtre sera également adaptée pour que l'étanchéité soit parfaite, et que l'isolation soit homogène.

Conduction, rayonnement et convection dans une fenêtre

L'énergie thermique peut être transmise par conduction, rayonnement, ou convection. En ajoutant une lame de gaz entre deux vitres, on agit d'abord sur la conduction, en augmentant la résistivité globale. Par contre, on peut favoriser la convection si cette lame est trop épaisse, il faudra donc trouver le meilleur compromis.

Le rayonnement est également responsable d'une déperdition importante, en sur ce point, la lame de gaz ne sera pas efficace. Pour limiter le transfert par rayonnement à travers une fenêtre, il faudra agir sur l'émissivité des verres, par des traitements spéciaux.

Présentation des facteurs à connaître pour évaluer la performance de vos futures fenêtres

Pour évaluer la qualité, et la performance d'une fenêtre double vitrage, il va falloir comprendre plusieurs propriétés des systèmes vitrés.

Le plus important pour la bonne isolation sera le **coefficient de transmission thermique**, noté U, qui détermine l'énergie thermique perdue pour une surface donnée.

Le facteur solaire indiquera la quantité d'énergie thermique issue du soleil qui sera captée par le vitrage puis émise à l'intérieur de la maison. C'est un apport de chaleur qui peut être relativement important selon l'orientation de la fenêtre.

Les transmission et réflexion lumineuses auront aussi un impact sur le confort apporté par la pose de la fenêtre double vitrage, quant à la luminosité bien sûr, mais aussi quant à la conservation de la chaleur à l'intérieur, et à la protection de l'intimité dans certains cas.

Coefficient de transmission thermique du double vitrage

Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre double vitrage est la première valeur à vérifier. La fenêtre doit en effet d'abord ralentir le passage de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur, c'est ainsi que l'on économisera le plus d'énergie. Plus le coefficient de transmission thermique est faible, moins la chaleur s'échappera. Normalement, la valeur indiquée doit prendre en compte l'ensemble de la fenêtre, pas seulement la partie vitrée. Il faudra tout de même que la fenêtre soit correctement posée pour que la valeur réelle soit proche de celle mesurée en laboratoire.

Un commercial pourra vous assommer sur les spécifications de sa fenêtre, épaisseur des verres, profilés étudiés... Reste que si le coefficient de transmission thermique est trop élevé, cela signifie que la fenêtre est mal conçue, ou mal fabriquée.

Terminons en rappelant que ce coefficient de transmission thermique fonctionne dans les deux sens. **Un coefficient thermique bas conservera plus de chaleur à l'intérieur en hiver, et plus de fraîcheur en été.**

Guide de l'isolation des fenêtres

Le coefficient U_g (g pour « glass », vitre ou « gla-
zing », vitrage) correspond au coefficient de trans-
mission thermique **au centre des vitrages**, ceci
incluant les différentes couches superposées.

Le coefficient U_w (w pour « window », fenêtre) est le
coefficient de transmission thermique de **l'ensemble
d'une fenêtre dite « nue »** et s'exprime toujours en
 $W/[m^2.K]$.

Il faudra faire attention à ce que mentionnent les fa-
bricants pour ces deux valeurs, car une fenêtre peut
avoir un U_g très faible, c'est-à-dire un vitrage très
isolant, mais un châssis de mauvaise qualité et peu
isolant, affaiblissant la performance globale de la fe-
nêtre.

Quelques chiffres

- Un simple vitrage de 4mm a un coefficient de transmission thermique $U_g = 5.8 W/[m^2.K]$,
- Un double vitrage standard 4/12/4 avec de l'air dans l'épaisseur des 12mm a un coefficient de transmission thermique $U_g = 2.9 W/[m^2.K]$,
- Un double vitrage 4/16/4 avec lame d'air et à isolation thermique renforcée par un verre à faible émissivité a un coefficient thermique $U_g = 1.4 W/[m^2.K]$.
- Un double vitrage à isolation renforcée par un verre à faible émissivité et rempli de gaz argon 4/16/4 aura un coefficient de transmission thermique $U_g = 1.1 W/[m^2.K]$.

Prenons maintenant un double vitrage dont le coeffi-
cient de transmission thermique serait par exemple
 $U_g = 1.2 W/[m^2.K]$.
Monté sur un châssis en aluminium le coefficient de

transmission thermique de la fenêtre serait alors :
 $U_w = 1.8 W/[m^2.K]$.

Ce même double vitrage, monté sur un châssis en
bois, donnerait un coefficient de transmission ther-
mique de la fenêtre $U_w = 1.7 W/[m^2.K]$.

Monté sur un châssis de PVC de bonne qualité, la fe-
nêtre aurait alors un coefficient thermique de 1.6
 $W/[m^2.K]$.

Ces chiffres ne sont que des exemples et le coefficient
de transmission thermique évoluera en fonction de la
qualité du châssis, de la fabrication et de la finition,
de la qualité des intercalaires utilisés et enfin de la
qualité de pose des doubles vitrages.

Importance du facteur solaire pour le choix d'une fenêtre

Même si le facteur solaire a une importance moindre
que le coefficient de transmission thermique pour les
économies de chauffage, il est tout de même bon de
savoir à quoi il se rapporte.

Le facteur solaire d'une fenêtre indique quelle sera la
part d'énergie lumineuse issue du soleil transmise à
l'intérieur de la maison, ou restituée par le vitrage,
toujours vers l'intérieur, sous forme d'énergie ther-
mique.

La recommandation quant à la valeur de ce facteur
solaire n'est pas si simple que cela, puisque, selon le
climat régional, ou la saison, l'isolation par double-
vitrage peut servir à maintenir l'intérieur au chaud,
ou au frais. Si un coefficient de transmission ther-
mique bas sera nécessaire dans les deux cas, le fac-
teur solaire à choisir variera selon les objectifs
principaux.

Un facteur solaire élevé permettra de récupérer plus de chaleur et de diminuer les besoins de chauffage par temps froid. Un facteur solaire plus bas sera préférable s'il s'agit de diminuer l'usage de la climatisation en été.

On distingue le facteur solaire de l'ensemble de la fenêtre, noté S_w , le facteur solaire des profilés constituant le cadre de la fenêtre, noté S_f , et le facteur solaire du vitrage souvent noté g mais parfois FS .

Le facteur solaire s'exprime en pourcentage ou en centièmes [exemple : 1% ou 0.01]. On parle encore de facteur solaire intérieur [FS Int.], qui est généralement l'indice transmis par les fabricants.

Plus le pourcentage est élevé et plus la chaleur pénétrera au travers du double vitrage. Au contraire, plus le pourcentage sera faible et moins la chaleur pénétrera au travers du double vitrage.

C'est donc une indication importante pour déterminer quels types de vitrages seront adaptés aux pièces du logement qu'ils équiperont. En effet, un facteur solaire faible sera idéal pour éviter l'échauffement d'une pièce, par exemple exposée plein sud, mais, à l'inverse, un facteur solaire élevé sera idéal pour améliorer l'échauffement d'une pièce exposée nord et permettra de profiter des apports gratuits du rayonnement solaire, notamment en hiver.

Quelques chiffres

- Un simple vitrage de 4mm aura un facteur solaire g de 0.85 ou de 85%.
- Un double vitrage standard 4/12/4 avec lame d'air aura un facteur solaire g de 0.76.

- Un double vitrage 4/16/4 avec lame d'air et un des verres équipé d'une couche à faible émissivité aura un facteur solaire g de 0.63.
- Un double vitrage 4/16/4 avec lame de gaz argon et un des verres équipé d'une couche à faible émissivité aura un facteur solaire g de 0.64.

Prenons maintenant une fenêtre double vitrage avec un facteur solaire g de 0.60, montée sur un châssis en aluminium. Le facteur solaire de l'ensemble nu S_w sera alors de 0.45.

Ce même double vitrage, installé sur un châssis en bois aura un facteur solaire S_w de 0.40.

Enfin, monté sur un châssis PVC de très bonne qualité, il aura un S_w de 0.35.

Là encore ce ne sont que des données indicatives qui varieront en fonction de la qualité des matériaux, de la qualité de fabrication et de finition et enfin de la qualité de pose de la fenêtre.

La transmission lumineuse

La première fonction d'une fenêtre est de laisser entrer la lumière du soleil dans l'habitation. Or le verre n'est jamais parfaitement transparent. En ajoutant une vitre à une fenêtre, à qualité de verre égale, on va donc diminuer la proportion de lumière qu'elle laisse passer. Selon la taille des fenêtres, leur orientation, ce n'est pas forcément négatif.

A partir de cette idée, les fabricants de vitrages ont développé des produits spécifiques pour permettre une transmission maximale de la lumière, ou au contraire, diminuer les risques d'éblouissements.



Guide de l'isolation des fenêtres

La transmission lumineuse, notée TL, qui s'exprime en pourcentage ou en centièmes, correspond au rapport entre la lumière transmise par le vitrage et la lumière totale incidente. **Plus le pourcentage est élevé et plus la quantité de lumière du soleil transmise est importante.**

On remarquera que si le facteur solaire g [ou FS] et le facteur de transmission lumineuse TL dépendent partiellement l'un de l'autre, il sera tout de même possible de fabriquer une fenêtre qui laissera passer une large part de la lumière visible, tout en retenant les rayons plus calorifiques, et inversement.

En général, une fenêtre ayant un facteur solaire important transmettra tout de même une large partie de la lumière. Ce peut être agréable en hiver, mais moins en été. Pour améliorer à la fois le confort et les performances énergétiques, la mise en place de protections solaires efficaces, tels que des stores intérieurs ou extérieurs, des volets, des brise-soleils, sera privilégiée. [En effet, choisir une fenêtre à faible facteur solaire pour avoir également une faible transmission lumineuse pénalisera lourdement la performance énergétique en hiver.]

Il faut également penser qu'un facteur de transmission lumineuse élevé permettra de bénéficier au mieux des apports lumineux naturels et de réduire, en sus de sa consommation énergétique en hiver, sa consommation en éclairage électrique.

La réflexion lumineuse

Une fenêtre va transmettre une partie de la lumière reçue, en absorber une autre sous forme d'énergie thermique, et réfléchir le reste. Il est possible, en

traitant spécialement le verre, de fabriquer des fenêtres qui renverront de manière sélective une partie du spectre lumineux. Cela pourra servir au confort, ou à une augmentation de la performance thermique de la fenêtre.

La réflexion lumineuse notée RL est le pourcentage des rayons de lumière réfléchis par le vitrage. On distingue deux types de réflexions lumineuses, la réflexion lumineuse de l'extérieur [RL ext.], à savoir le pourcentage des rayons du soleil incidents réfléchis contre la paroi vitrée, et la réflexion lumineuse intérieure [RL Int.].

Plus le pourcentage de réflexion lumineuse RL sera élevé et plus le vitrage aura la capacité de réfléchir la lumière émise et de se comporter comme un miroir.

Un pourcentage élevé de réflexion lumineuse pourra être utile la journée pour protéger l'intimité des occupants, en rez-de-chaussée en ville par exemple. Des traitements ou des textures spécifiques pourront être apportés aux verres afin qu'ils conservent un niveau élevé de transmission lumineuse. Certains fabricants indiqueront parfois un « coefficient d'écran visuel » pour déterminer les capacités des vitrages à réfléchir la luminosité.

Plus le pourcentage de la réflexion lumineuse sera élevé et plus celui de la transmission lumineuse sera basse.

Le contrôle de la réflexion lumineuse favorisant une meilleure retenue de la chaleur intérieure, les doubles vitrages obtenus après traitement du verre sont des vitrages à isolation renforcée [VIR].



V. Efficacité des différentes parties d'une fenêtre double vitrage

En terme d'isolation, il faut toujours veiller à la cohérence totale d'une solution. Un point faible aura toujours un impact important sur la performance. Dans le cas d'une fenêtre, on s'intéressera donc aussi bien à l'isolation de la structure, ouvrants et dormant, qu'à celle du vitrage.

Eviter les ponts thermiques sur la structure de la fenêtre

La conception d'une structure de fenêtre isolante n'est pas si simple que cela. Il faut qu'elle soit parfaitement étanche à l'air, peu conductrice de chaleur, légère et solide (le double vitrage étant lui-même



Guide de l'isolation des fenêtres

déjà très lourd]). La conception de profilés complexes peut permettre de satisfaire à toutes ces exigences. Même s'il est plutôt lié au vitrage, l'intercalaire et son intégration au profilé doivent être réfléchis pour éviter les déperditions thermiques.

Le profilé pour une fenêtre double vitrage renforcé

Le profilé d'une fenêtre, c'est la coupe de la structure, que l'on peut souvent voir dans les présentations de fenêtres.

La plupart des profilés aluminium et PVC seront creux, pour limiter le poids de l'ensemble de la structure et, de ce fait, la contrainte sur les charnières. C'est plus difficile dans le cas du bois, pour des raisons de solidité.

Comme la fenêtre est lourde, une armature métallique pourra souvent la renforcer, quelle que soit la matière principale de la structure.

On trouvera ainsi des structures bois ou PVC renforcées en interne par de l'aluminium ou de l'acier.

Le bois et le PVC sont de bons isolants, donc une continuité dans ces matières entre l'extérieur et l'intérieur ne constituera pas un pont thermique. Par contre, si la structure est majoritairement conçue en aluminium, il faudra qu'une couche de matériau isolant sépare les parties en contact avec l'air extérieur de celles en contact avec l'air intérieur, sans solution de continuité.

Intercalaires pour une fenêtre en isolation thermique

La performance thermique de la fenêtre double vitrage peut être grandement améliorée par l'utilisation sur le périmètre du double vitrage d'un système intercalaire et de jointure en matériau de synthèse, pour diminuer les pertes calorifiques. Ce système est appelé « warm edge » [bord chaud] et permet de diminuer beaucoup la conduction thermique par rapport à des espaceurs en aluminium.

Même si cela n'intervient que sur une petite partie de la surface de la fenêtre, le gain en isolation peut être important.

Ceci dit, le « warm edge » n'est pas la seule solution pour éviter les ponts thermiques au niveau de l'intercalaire, et certains fabricants parviendront au même résultat par une conception avancée du profilé de la fenêtre.

Épaisseur et nature de la lame de gaz

Les fabricants de vitrage proposent plusieurs épaisseurs de lames de gaz, en fonction des besoins.

Jusqu'à une certaine limite, une augmentation permettra une meilleure isolation, mais coûtera plus cher, nécessitant par ailleurs une adaptation de la structure. On gagnera également à remplacer l'air sec par un gaz inerte, de l'argon ou du krypton. L'argon, qui offre d'excellentes performances, est de plus en plus généralisé chez les fabricants sérieux. Le krypton est encore plus efficace, souvent disponible sur demande, mais nettement plus onéreux.

Plus la lame de gaz est épaisse, plus on limite le transfert de chaleur par conduction. Il pourrait donc



Guide de l'isolation des fenêtres

sembler intéressant d'avoir une lame de gaz la plus épaisse possible. Mais au delà de 15 mm, les transferts par convection dans le volume de gaz vont compenser, puis dépasser les effets de la réduction de conduction.

La largeur optimale de la lame de gaz dans une fenêtre double vitrage sera donc de 14 à 15 mm.

Jusqu'à 12 mm, l'augmentation de performance est rapide. Il est donc important, si vous souhaitez un double vitrage thermique efficace, de viser au moins cette valeur.

Principe du vitrage à faible émissivité

Le verre à faible émissivité est de plus en plus répandu, et quasiment obligatoire sur une fenêtre double vitrage thermique de bonne qualité. Il permet de diminuer le transfert de chaleur par rayonnement à travers le vitrage. En effet, une conception soignée du profilé de la structure et de la lame de gaz permettront de diminuer les pertes par conduction, mais n'agiront pas sur le rayonnement.

Ce rayonnement s'effectue facilement entre les deux surfaces parallèles et identiques d'une vitre. Pour le réduire, on va modifier l'une de ces surfaces par dépôt d'une fine couche d'oxydes métalliques qui va permettre de réfléchir une grande partie du rayonnement vers l'intérieur de l'habitation, et ainsi augmenter la conservation de la chaleur.

Quelques chiffres

- Un verre standard à une émissivité environ égale à $e=0.89$.
- Par un traitement avec une couche pyrolytique dite dure on obtient une émissivité plus faible de $e=0.2$.
- Avec une couche magnétron, on peut parvenir à $e=0.04$.

Vérifier la présence d'une couche à faible émissivité

Les couches à faible émissivité étant de plus en plus transparentes (elle donnaient autrefois un aspect bleuté ou bronze à une fenêtre), il est parfois difficile de vérifier qu'une fenêtre en est bien équipée. Il y a une astuce célèbre, mais efficace : on allume un briquet à quelques centimètres de la fenêtre. Chaque surface de verre va renvoyer un reflet différent. Celui renvoyé par une couche faible émissivité aura une couleur légèrement différente de ceux des surfaces extérieures.

VI-Isolation acoustique par double vitrage

Importance de l'isolation acoustique d'une fenêtre

Les principales sources de bruit sont la circulation routière, le trafic aérien, les activités industrielles, mais il peut y en avoir d'autres, plus locales, comme la proximité d'une cour d'école, d'une boîte de nuit ...

Vivre en permanence dans un lieu bruyant est nocif pour la santé, cela a une influence importante sur le niveau de stress, et, si le niveau sonore reste élevé pendant la nuit, la qualité du sommeil sera moins bonne, ce qui peut à long terme avoir des conséquences graves. Les réglementations sur les émissions sonores ne suffisent pas pour assurer un niveau de



Guide de l'isolation des fenêtres

bruit acceptable dans toutes les habitations. Il est donc souvent nécessaire de renforcer l'isolation acoustique.

Pour les fenêtres, il faut bien préciser au départ que l'on ne traitera que les sons transmis par l'air, ce qui est tout de même le cas de la majorité des pollutions sonores. Si un bruit est transmis par la structure d'un bâtiment, par le sol, par des canalisations, intervenir sur les fenêtres ne servira à rien. Ceci semble évident, mais il faut tout de même se poser cette question de la transmission du son avant d'investir dans une solution d'isolation.

Les parois fermant le volume d'une maison ou d'un appartement affaiblissent diversement les bruits extérieurs. En général, par rapport à un mur, une fenêtre sera un point faible de l'isolation acoustique, et devra être modifiée prioritairement. Là encore, il faut bien étudier la manière dont les sons extérieurs vous parviennent. Si le reste de la structure est bien isolée, le remplacement des fenêtres sera efficace pour retrouver le calme à l'intérieur, mais si il y a des vides, des défauts d'étanchéité, ou des ponts sonores, il faudra d'abord les corriger.

Il est donc conseillé de faire appel, avant tout investissement de ce type, à un acousticien spécialisé qui saura vous indiquer quels travaux sont à effectuer en priorité.

On considère que le niveau limite de confort dans une habitation se situe à un niveau de pression acoustique de 35 dB[A]. Au delà, il y a pollution sonore. A proximité d'une circulation routière, la pression peut être de 70 à 80 dB[A]. Pour savoir si une fenêtre double vitrage phonique sera suffisamment efficace, on uti-

lise son indice d'affaiblissement acoustique. Cette mesure pourra être pondérée en fonction de la gamme de fréquences du bruit ambiant, et donnera une idée du confort que l'on peut obtenir à l'intérieur.

Comprendre l'indice d'affaiblissement acoustique

Commençons par rappeler que niveau de pression d'un son est mesuré en décibels, ou dB. Le décibel est une unité physique, qui ne prend pas en compte les différences de perception des sons par l'oreille humaine en fonction de leur fréquence. Pour évaluer l'efficacité d'un système en terme d'isolation acoustique, on travaillera donc plutôt en dB[A], unité pondérée par rapport au décibel pour correspondre à ce que nous entendons.

L'indice d'affaiblissement acoustique, noté R, est mesuré pour l'ensemble des matériaux de construction, ou d'isolation [murs, planchers, portes, fenêtre, façades, plafonds...] par un laboratoire de tests, généralement le LABE [Laboratoire Européen d'Acoustique du Bâtiment] mis en service par le CSTB. Il représente la différence entre niveau de pression d'un son parvenant d'un côté du matériau, et niveau de pression du son transmis de l'autre côté.

Ainsi, si un son arrive à une paroi avec un niveau de pression de 50 dB, et est transmis de l'autre côté à 20 dB, l'indice d'affaiblissement acoustique est 30 dB.

Indice d'affaiblissement acoustique d'une fenêtre double vitrage

Dans le cas d'une fenêtre, le matériau n'est pas homogène, et l'indice d'affaiblissement acoustique doit



Guide de l'isolation des fenêtres

prendre en compte aussi bien le vitrage que le châssis.

Pour chaque fenêtre double vitrage on va d'abord mesurer une sorte d'indice d'affaiblissement acoustique moyen, noté R_w .

La valeur R_w , va donc être complétée par deux valeurs, C, et Ctr, qui seront les corrections à apporter à l'indice d'affaiblissement pour deux types de bruits courants, le **trafic routier rapide [C]**, et le **trafic routier lent [Ctr]**. D'une manière générale, C correspond aux sons médiums à aigus, Ctr aux sons graves. Un avion à grande hauteur ou une discothèque, ce sera Ctr, une cours d'école, ce sera C.

Quelques chiffres

- Une fenêtre double vitrage phonique efficace pourra avoir un indice d'affaiblissement acoustique 37 [-1 ; -4], selon la forme R_w [C ; Ctr].
- Pour les bruits médiums ou aigus, l'affaiblissement acoustique sera de $37-1=36$ dB[A]
- Pour les sons graves, ce sera $37-4=33$ dB[A].

Pour un trafic routier rapide à 70 dB[A], le son perçu de l'autre côté de la fenêtre sera de $70-36=34$ dB[A].

On considère que 35 dB[A] est un niveau de bruit acceptable dans une habitation, ce double vitrage sera donc suffisant pour restaurer le confort à proximité d'une voie passante. Par contre, à côté d'un aéroport, il faudra trouver mieux.

Rappelons finalement que les mesures indiquées sur les fenêtres sont effectuées dans des conditions idéales, et que l'affaiblissement acoustique d'une fe-

nêtre installée dans une maison sera toujours un peu moins bon.

Les fenêtres doubles vitrages phoniques

Une fenêtre double vitrage phonique comprendra deux vitres d'épaisseurs différentes, et sera similaire, pour le reste, à une fenêtre double vitrage thermique. Un double vitrage pour isolation acoustique est d'ailleurs également efficace en isolation thermique. On les désigne parfois sous le nom de double vitrage asymétrique.

Une fenêtre double vitrage phonique standard se compose d'une paroi vitrée épaisse de 4mm à 6mm, séparée par une lame d'air épaisse de 6mm à 20mm et d'une seconde paroi vitrée, plus épaisse, allant de 6mm à 40mm.

La position de chaque vitre, intérieur ou extérieur, n'a pas d'influence sur la performance d'isolation acoustique de la fenêtre. Par contre, il faut absolument que la pose de la fenêtre soit parfaite. Le moindre espace entre le mur et le châssis, ou entre un battant et le châssis diminuera énormément l'efficacité de la fenêtre.

Il faut également prévoir le surpoids lié à la plus grande épaisseur d'un vitrage. Le châssis et les charnières devront donc être adaptés pour éviter une déformation à l'usage.

Performances d'une fenêtre double vitrage phonique

La principale caractéristique d'un double vitrage phonique est son indice d'affaiblissement acoustique. Il



Guide de l'isolation des fenêtres

doit être indiqué dans les spécifications techniques d'une fenêtre double vitrage phonique, selon la norme générale NF EN ISO 140-3, ou des normes de référence plus spécifiques (NF EN ISO 140-1, voire celles concernant les bruits aériens (NF EN ISO 140-1 NF EN ISO 140-3, NF EN ISO 140-10 et NF EN 1793-2). Les performances d'atténuation vont considérablement varier en fonction des épaisseurs des vitres et de la conception de la structure de la fenêtre. En général, un indice d'affaiblissement acoustique de 30 dB(A) est un minimum exigible pour un double vitrage.

Si vous doutez du niveau de pression acoustique à corriger, vous **pouvez en partie vous fier à la certification Cekal, qui va de AR1 pour les atténuations faibles, à AR6 pour les fenêtres les plus performantes.** AR3 sera généralement suffisant si votre logement se trouve sur une voie urbaine passante (une avenue par exemple). AR6 conviendra pour les environnements très bruyants (à proximité d'une autoroute ou d'un aéroport).

L'indice d'affaiblissement acoustique, ainsi que les certifications, sont indiqués pour la fenêtre entière. C'est important puisque cela vous garantit, pour des valeurs élevées, que l'ensemble de la fenêtre est bien conçu. Cependant, pour conserver des performances acoustiques au plus près des spécifications de la fenêtre, cette dernière doit être parfaitement posée. Il faut donc, bien se renseigner sur l'expérience de l'installateur, et ne pas faire confiance à un bricoleur.

Double vitrage superphonique pour environnement très bruyant

Dans certains cas, une fenêtre double vitrage phonique standard ne sera pas suffisante pour atténuer

les bruits extérieurs. Il faudra alors passer à un système plus performant, à base de vitres «feuilletées». Selon les fabricants, ces fenêtres seront appelées double vitrage super phonique, phonique super renforcé, ultraphonique, phonique super renforcé, acoustique renforcée ou super renforcée. Dans tous les cas, l'affaiblissement acoustique sera plus important. Ce sera normalement efficace à proximité de voies rapides où passent des poids lourds, d'aéroports ou d'usines bruyantes.

L'épaisseur totale et le poids d'une fenêtre double vitrage super phonique seront souvent nettement plus importants que ceux d'un double vitrage classique. L'installation devra donc être bien étudiée, et risque par ailleurs de coûter assez cher. La fenêtre super phonique est un produit très technique, certifié Cekal AR5 minimum et le plus souvent AR6, ce qui limite les chances de vous la voir proposer par téléphone par des opportunistes.

Technique de la fenêtre double vitrage super phonique

Comme la fenêtre phonique, le fenêtrage double vitrage super phonique comprendra deux vitres d'épaisseurs différentes, mais à la différence de la première, l'une des vitres au moins sera verre dit «feuilleté», qui permet une bien meilleure atténuation que le verre monolithique.

Les doubles vitrages super phoniques permettant de réduire les basses fréquences (sons graves), plus difficiles à supprimer, seront composés de deux parois de verre feuilleté avec films intercalaires en PVB acoustique. Dans ce cas la lame d'air ou de gaz est épaisse de 12 à 20mm, et la vitre fine pourra être une

44.2 [deux feuilles de verres de 4 mm, et deux intercalaires PVB], et la vitre épaisse une 66.2 voire une 88.2.

Effacité des doubles vitrages super phoniques

Avec une épaisseur totale du double vitrage de l'ordre de 12cm, ceci comprenant l'épaisseur totale des vitres et l'épaisseur de la lame d'air ou de gaz, les doubles vitrages super phonique permettront un affaiblissement acoustique très important, empêchant la propagation de la plupart des bruits extérieurs. Cette épaisseur correspondra par exemple à un double vitrage acoustique renforcée de type 64.2/20/44.2, muni de films PVB acoustiques sur chaque feuilleté, qui peut afficher un indice d'affaiblissement acoustique de 47 [-2 ; -7]. Ceci est suffisant à proximité d'une autoroute.

Mais remplacer les fenêtres ne suffit pas forcément si votre maison est placée dans un lieu vraiment très bruyant. Après installation de doubles vitrages super phoniques, vous pouvez découvrir qu'il y a par ailleurs des ponts sonores ailleurs dans votre maison, ou que les murs sont mal isolés.

Traitement des doubles vitrages phoniques et super phoniques

Comme tous les autres double vitrages, les phoniques et super phoniques peuvent être à basse émissivité, pour renforcer l'isolation thermique. Evidemment, plus l'efficacité de la fenêtre sera large, plus elle risque de coûter cher, il faut donc bien évaluer le gain en terme de confort et d'économie d'énergie pour choisir le meilleur compromis.

A savoir : les doubles vitrages super phoniques présentent une épaisseur supérieure aux autres types de fenêtres, diminuant la quantité de lumière qu'ils transmettent.

Certains procédés permettent d'éliminer une partie des oxydes de fer présents dans le verre pour rendre celui-ci encore plus transparent. On pourra donc trouver des systèmes qui n'altèrent quasiment pas la transmission lumineuse.





VII- Les doubles vitrages spécifiques

On pourra distinguer plusieurs types de vitrages spécifiques : les vitrages dits « de sécurité » : contre les infractions, de sécurité incendie, les double vitrages à contrôle solaire, permettant de renforcer l'efficacité thermique de la structure, et les doubles vitrages d'altitude, la pression de ces zones géographiques nécessitant des installations particulières.

Le double vitrage de sécurité

Le traitement d'une vitre pour augmenter sa résistance aux chocs peut avoir deux fonctions : la sécurité domestique, et la sécurité anti-effraction. Si elle est placée vers l'intérieur, avec une résistance limitée, elle permettra d'éviter les accidents. [Le verre cassé étant très coupant, il provoque souvent des blessures

graves.]

Le double vitrage de sécurité, quant à lui, est utilisé pour ralentir fortement ou empêcher les effractions, grâce à des propriétés de résistance au choc et à la casse. Il est parfois exigé par les assureurs pour des habitations situées en zones dites sensibles ou à risques, contre le vandalisme, ou pour la protection des personnes et des biens.

La résistance aux chocs d'un double vitrage de sécurité doit répondre à des normes, EN 12600 et EN 356, et un impact violent ne doit pas pouvoir provoquer l'éclatement du verre.

Sur un vitrage de sécurité, on peut trouver les indications Sb pour la résistance au bris, Sc pour la résistance aux chocs, ou une classification, de S1 à S5 selon le niveau de résistance global.

La principale spécificité d'un double vitrage de sécurité est que la vitre extérieure de la structure est feuilletée. La lame de gaz et la vitre intérieure sont généralement les mêmes que pour un double vitrage normal.

Options disponibles sur un double vitrage de sécurité

Les couches composant la vitre feuilletée peuvent être spécialement traitées pour conserver une excellente transparence, malgré l'augmentation d'épaisseur.

Une fenêtre double vitrage de sécurité pourra par ailleurs bénéficier des mêmes perfectionnements qu'un double vitrage classique [couches à faible émissivité, lame de gaz argon ou krypton, et affaiblissement acoustique renforcé].

Contraintes pour une fenêtre double vitrage de sécurité

Si on utilise un double vitrage de sécurité, il faut évidemment que le châssis de la fenêtre soit également renforcé, sinon il devient plus facile de casser la menuiserie que la vitre. De même, la fixation de la fenêtre sur le mur devra être plus solide que pour un double vitrage normal.

Le double vitrage de sécurité incendie

Il est possible de fabriquer des fenêtres double vitrage apportant une protection particulière en cas d'incendie. Elles pourront ralentir la propagation des flammes, limiter les émanations de fumées et gaz toxiques.

Ces dispositifs ne sont pas vraiment destinés aux particuliers, mais leur installation peut être rendue obligatoire dans certains bâtiments à usage collectif, publics comme les écoles, les bibliothèques, ou privés, hôtels et restaurants.

Ces doubles vitrages de sécurité incendie doivent être obligatoirement fournis avec des procès verbaux, délivrés par les laboratoires officiels agréés, qui effectuent des tests des vitrages et châssis dans des fours d'essais.

Types de doubles vitrages sécurité incendie

Il existe deux grandes catégories de doubles vitrages sécurité incendie, les doubles vitrages pare flammes, et les doubles vitrages coupe-feu.

Guide de l'isolation des fenêtres

La différence réside essentiellement dans le fait que les vitrages pare flammes possèdent une résistance mécanique les rendant étanches aux flammes et aux fumées et gaz toxiques.

Les vitrages coupe-feu empêchent non seulement la propagation du feu et des fumées toxiques, mais ils sont également très isolants thermiquement. On limite ainsi l'élévation de la température sur la face opposée au feu, et on réduit encore les possibilités d'apparition de nouveaux foyers.

Les doubles vitrages à sécurité incendie sont généralement codés de la manière suivante :

Catégorie E, pour des vitrages à résistance mécanique et étanchéité aux flammes.

Catégorie EW, pour des vitrages à résistance mécanique et étanchéité aux flammes et aux gaz et fumées toxiques.

Catégorie EI, pour des vitrages à résistance mécanique et étanchéité aux flammes et aux gaz et fumées toxiques, avec une isolation thermique renforcée.

A ces codes s'ajoute un indice de durée de résistance à l'incendie, allant de 15 minutes à 180 minutes.

Double vitrage à contrôle Solaire

La fenêtre double vitrage va permettre de conserver la chaleur à l'intérieur de la maison en hiver, mais aussi en extérieur en été, dans les régions chaudes. Si vous recherchez un confort thermique d'été, il peut être intéressant de limiter le réchauffement de la maison par apport de lumière solaire à travers les fenêtres exposées au sud. Les vitrages à contrôle solaire sont prévus pour cela.

Sur une façade exposée au sud, dans une région aux

étés chauds, il peut être intéressant de limiter le réchauffement intérieur provoqué par le rayonnement solaire. Ce rayonnement est constitué à 50% de rayons visibles, de 5% de rayons ultraviolets (UV nocifs) et de 45% de rayons infrarouges, invisibles pour l'œil humain.

Il est possible de réduire la chaleur pénétrant par les doubles vitrages en bloquant une partie du spectre, c'est ce qui est appelé «le contrôle solaire». Le plus intéressant sera souvent de réduire au maximum la transmission des infrarouges et des ultraviolets, tout en laissant passer un maximum de la partie visible du spectre lumineux, pour préserver la clarté à l'intérieur. On joue ainsi sur le rapport entre transmission lumineuse et facteur solaire.



La fenêtre double vitrage d'altitude

En France, les zones situées en altitude ont souvent des hivers rigoureux, avec des températures très basses. Il semble donc logique de vouloir y installer des fenêtres à double vitrage pour isolation thermique.

Malheureusement, ce peut être assez compliqué.



Guide de l'isolation des fenêtres

En effet, l'efficacité du double vitrage est en grande partie liée à la lame de gaz, confinée dans une enceinte étanche, qui sépare les feuilles de verre. Et c'est cette étanchéité qui pose problème en altitude : la pression à l'intérieure de la lame étant équilibrée avec la pression atmosphérique, il faudra que celle-ci soit adaptée à la pression atmosphérique basse de la haute altitude.

Si la pression à l'intérieur de la lame de gaz est supérieure à la pression atmosphérique, le gaz pousse contre les parois pour s'équilibrer avec la pression extérieure. Si la pression est inférieure, la contrainte mécanique se fera dans l'autre sens.

De sa fabrication à son installation sur site, une fenêtre double vitrage classique ne devra donc pas subir de trop importants changements de pression atmosphérique, et donc d'altitude.

En général, la plupart des modèles peuvent résister à une différence de 300 ou 400 mètres entre le lieu de fabrication et de pose. Certains modèles affichent des adaptabilités supérieures, de 900 à 1000 mètres. Si aucune solution standard n'est convenable, il faudra donc procéder à une installation particulière.

Solutions pour un double vitrage d'altitude

Si la maison à équiper est située en altitude, il faut impérativement le signaler précisément avant achat des fenêtres. Il est d'ailleurs possible, alors, que le commercial, dépité, vous indique que ce ne sera pas possible. Ce n'est d'ailleurs pas mauvais signe, cela signifie qu'il connaît la complexité du problème. Une étude spécifique devra donc être réalisée, si le fabricant dispose de solutions adaptées, sur les dimensions du vitrage, l'épaisseur des verres, leur type,

l'épaisseur de la lame de gaz, et la différence d'altitude entre le lieu de pose et le lieu de fabrication, en tenant compte également des altitudes de transit.

Il faudra également inclure dans les calculs la différence maximale entre les températures extérieure et intérieure, l'orientation de la façade et le rayonnement solaire correspondant, et les contraintes thermiques liées à la disposition des systèmes de chauffage par rapport à l'endroit où sera installé le double vitrage, ceci pour que les contraintes mécaniques limites soient bien évaluées.

Les adaptations nécessaires pourront enfin être réalisées par l'atelier de fabrication.

Dans certains cas, avec des différences d'altitude trop importantes, il ne sera pas possible de réaliser le chargement du gaz en atelier, et il devra être fait sur site, avec équilibrage des pressions, par un installateur spécialement formé.



VIII. Le triple vitrage



La fenêtre à triple vitrage fonctionne selon des principes tout à fait similaires à ceux des fenêtres double vitrage. On ajoute simplement une lame de gaz, toujours étanche, délimitée par un espaceur, et une troisième vitre. Toujours de la même manière, le gaz pourra être de l'argon ou du krypton, et les verres

utilisés seront les mêmes, monolithiques de différentes épaisseurs, feuilletés, équipés ou non d'une couche à faible émissivité. Evidemment, on réduit encore la conduction de chaleur, et on augmente la performance énergétique, mais cela peut coûter cher.

Triple vitrage, la meilleure performance thermique actuellement



Le triple vitrage offre le meilleur bilan thermique disponible aujourd'hui sur le marché des fenêtres. Il est beaucoup utilisé en construction neuve, notamment pour les bâtiments à basse consommation d'énergie (BBC), et dans les bâtiments passifs, car il permet d'atteindre plus facilement que le double vitrage les critères de certification.

Quelques chiffres

Le triple vitrage propose un coefficient de transmission thermique U_g inférieur ou au moins égal à $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, et on trouve des fenêtres triple vitrage, avec deux couches à faible émissivité, ayant un U_w de 0,76. L'isolation sera donc maximale. Ceci dit, il

faut bien penser qu'en rénovation, par rapport à une bonne fenêtre double vitrage, ce gain est marginal.

En remplaçant un simple vitrage par un double, on peut passer de $U_w=5$ à $U_w=1,1$. On divise les pertes thermiques par presque 5. Pousser jusqu'à $U_w=0,76$, c'est satisfaisant, c'est bon pour l'environnement dans la durée, mais l'impact sur les factures énergétique sera plus limité, il faudra donc que la différence de prix reste raisonnable.

L'ajout d'une troisième feuille de verre, avec éventuellement une couche faible émissivité supplémentaire, peut aussi réduire un peu les apports solaires, il faudra en tenir compte. Certains fabricants commencent cependant à proposer des triples vitrages aussi transparents que des doubles.

Prix et contraintes du triple vitrage

Le principal inconvénient de la fenêtre triple vitrage, est souvent son prix. Toute la menuiserie doit être adaptée, pour une plus grande épaisseur du vitrage, et un poids plus important. Les charnières, en particulier, doivent être renforcées. Ceci fait que chez la plupart des fabricants, une fenêtre triple vitrage peut coûter très cher, jusqu'à deux fois le prix d'une fenêtre double vitrage. Mais ce n'est pas systématique, et les besoins massifs de fenêtres triple vitrage pour la construction neuve après application de la RT 2012 vont probablement entraîner une importante réduction de la différence de prix.

Le poids du triple vitrage reste tout de même, en rénovation, une contrainte importante. Il sera difficile, par exemple, de récupérer un ancien dormant même en bon état, s'il n'est pas particulièrement solide.

IX. Le survitrage



Remplacer toutes les fenêtres d'une maison par des modèles double ou triple vitrage peut être assez onéreux, et peut entraîner une modification, même limitée, de l'apparence extérieure des baies.

Le survitrage, moins efficace du point de vue thermique, garde donc quelques avantages en permettant d'augmenter de manière limitée l'isolation, pour un budget beaucoup plus raisonnable.

Qu'est-ce que le survitrage ?

Le principe du survitrage est simple. On conserve l'intégralité de la fenêtre existante, menuiserie et simple vitrage, et on ajoute une feuille de verre avec un es-

paceur, qui va délimiter une lame d'air. Le gain sera limité d'un point de vue thermique, mais tout de même réel.

Le survitrage est fixé par des parcloles, c'est-à-dire une moulure qui permet de coincer la vitre dans la feuillure du châssis. Ce sera généralement une baguette de bois, de PVC ou d'aluminium. Entre les deux vitrages, on aura une lame d'air, épaisse d'au minimum 6 mm, et pouvant aller jusqu'à 20 ou 30 mm. Elle permet de diviser environ par 2 les pertes de chaleur, et d'améliorer d'autant la performance thermique par rapport au simple vitrage.



Guide de l'isolation des fenêtres

En choisissant un survitrage, il faudra bien vérifier que son poids n'est pas excessif. Un survitrage trop lourd pourrait en effet, à long terme, causer des déformations qui empêcheraient ouverture et la fermeture de se faire correctement.

Le survitrage, esthétique et pas cher

Quasiment invisible, le survitrage s'intègre et s'harmonise parfaitement à la fenêtre existante. Moins onéreux que le changement complet d'une fenêtre, il sera par ailleurs une solution idéale dans des zones protégées où doivent être respectées des contraintes architecturales.

Bien que les modèles soient de plus en plus perfectionnés, les performances énergétiques des survitrages restent en retrait par rapport au double vitrage et qui tend à être reléguée au profit de systèmes effectivement plus performants pouvant par ailleurs répondre aux contraintes architecturales imposées.

Enfin, la pose d'un survitrage est simple et rapide, limitant donc aussi les coûts de main d'œuvre.

Le survitrage en rénovation

Le survitrage est le moyen idéal pour conserver l'apparence de fenêtres anciennes, en améliorant leur isolation. On conserve alors le vitrage existant, l'ensemble de la menuiserie, et on monte une seconde vitre à l'intérieur. De dehors, on ne verra pas la différence. Souvent, le survitrage devra être adapté pour une menuiserie particulière, mais il reste une solution bon marché qui permet de renforcer l'isolation des fenêtres.

Le survitrage classique

Le survitrage classique est le moins cher. La vitre posée, en verre simple, sera de la même épaisseur que la vitre existante. Il y a deux types de survitrage classique, démontable ou ouvrant. Le premier sera souvent un peu plus efficace, mais d'entretien plus difficile.

Parmi les types de survitrage présents sur le marché, deux grandes catégories semblent pouvoir se dégager, le survitrage démontable, et le survitrage ouvrant.

Dans les deux cas la partie séparant les parois vitrées, anciennes et nouvelles, est une lame d'air naturelle et les systèmes prévoient que cette dernière soit ventilée par de petites aérations en bas et en haut du survitrage pour éviter la condensation.

Le survitrage démontable

Le survitrage démontable est fixé et recouvre la surface vitrée existante. Il est monté avec des vis et un système de taquets. La vitre elle-même est épaisse d'au moins 4 mm. Pour procéder à un entretien sur la menuiserie d'origine, il faudra dévisser soigneusement.

La jointure peut être en caoutchouc souple ou en métal rigide : cette jointure assure qu'un espace d'air soit créé entre la paroi vitrée d'origine et le survitrage. Cet espace d'air est en général épais de 6mm minimum. Le système prévoit que l'air naturellement emprisonné soit ventilé par un système d'aération limitant la condensation entre les deux vitrages.



Guide de l'isolation des fenêtres

Le survitrage ouvrant

Le survitrage ouvrant est un cadre cintré ou droit qui s'articule sur le battant de la fenêtre d'origine. En général il couvre la totalité du vantail, avec des profilés qui s'adaptent et se cintrent pour les fenêtres battantes arrondies par exemple. La vitre est épaisse au minimum de 4mm. Il peut s'ouvrir pour permettre l'accès facile à l'ancienne fenêtre et permettre par exemple de pouvoir faire un entretien de nettoyage, ou une peinture plus facilement. Monté sur des charnières, parfois cachées pour se fondre mieux au matériau d'origine, la jointure est généralement en caoutchouc et lorsqu'il est fermé, le survitrage ouvrant crée une zone d'air épaisse d'au moins 6mm entre le vitrage existant et le nouveau.

Le survitrage à faible émissivité

Même s'il est difficile, avec un survitrage, d'atteindre les mêmes performances thermiques qu'avec une véritable fenêtre double vitrage, le survitrage à faible émissivité augmente la conservation de chaleur en hiver, et réduit le réchauffement intérieur en été. Le survitrage à faible émissivité fonctionnera de la même façon que sa contrepartie en double vitrage, en limitant les pertes thermiques par rayonnement. Le traitement spécifique des vitrages le rend cependant plus cher.

Isolation acoustique par survitrage

Le but principal d'un survitrage est généralement l'isolation thermique, mais il peut également être efficace, à condition de bien choisir l'épaisseur de la vitre, du point de vue de l'isolation acoustique. Là en-

core, un véritable double vitrage sera souvent plus efficace, mais la possibilité de conserver l'apparence des fenêtres est un atout.

Lorsque le verre du survitrage a la même épaisseur que celui du verre d'origine, l'isolation, essentiellement assurée par le matelas d'air qui se forme entre les deux parois vitrées, est simplement thermique. Si le verre du survitrage est plus épais que celui d'origine, l'isolation est toujours thermique grâce au matelas d'air emprisonné entre les deux parois, mais devient par ailleurs phonique, et limite la pénétration des ondes sonores provenant de l'extérieur dans le logement en les diminuant de 3 à 5 dB selon la différence d'épaisseur entre chaque verre.

Les performances d'isolation acoustique peuvent encore être améliorées par l'utilisation d'un survitrage équipé d'un verre feuilleté 44.2 : le principe consiste en deux verres collés de 4 mm d'épaisseur, avec un film appelé PVB acoustique qui ajoute aux performances de réduction.

Ces verres feuilletés peuvent également être traité chimiquement par pyrolyse pour obtenir la qualité de l'isolation thermique renforcée. Ils seront nettement plus lourds compte tenu de leur épaisseur, et il faudra vérifier que la fenêtre existante peut supporter ce surpoids.



X. Que doit-on exiger d'une fenêtre double vitrage ?

Le marché de la fenêtre double vitrage a évolué, la concurrence y est forte, et il y a donc un certain nombre de points qu'il faut exiger à minima sur les produits vendus aujourd'hui.

Tout d'abord, une fenêtre double vitrage doit forcément être fabriquée sur mesures, mesures prises sur site par un technicien. Il n'est donc pas question donc d'accepter un produit fabriqué en série qui sera vaguement adapté lors de l'installation. Ce serait l'assu-

rance d'une mauvaise performance. Tous les fabricants sérieux travaillent à la commande, en flux tendu.

Nous recommandons ensuite que la lame de gaz soit de l'argon, l'air sec étant tout de même moins efficace sur du long terme.

De la même façon, votre fenêtre doit comporter au moins une couche à faible émissivité.

Enfin, le coefficient de transmission thermique de la



Guide de l'isolation des fenêtres

fenêtre entière [Uw], doit être inférieur à 1,2, et de préférence inférieur ou égale à 1. On trouve actuellement des fenêtres avec un Uw inférieur à 0,8 avec des prix seulement supérieurs de 20 à 30% à ceux de fenêtres double vitrage standard.

La certification CEKAL pour le double vitrage

Les vitrages doivent répondre à des normes en vigueur françaises et européennes, mais certaines certifications et labels bien référencés offrent un gage de qualité supplémentaire.

CEKAL est une association loi 1901, fondée en 1989, qui délivre des certifications aux fabricants pour leurs produits de vitrages isolants à partir de contrôles et d'essais effectués dans les centres de production. Relevant d'une démarche volontaire des fabricants, c'est néanmoins un gage de performance et de la qualité des produits.

Les centres certifient les performances acoustiques, thermiques, la qualité des mastics d'étanchéité et de scellement, la qualité des croisillons, des espaceurs (profilés métalliques, organiques ou de synthèse qui assurent l'écartement des verres), des déshydratants, des verres. Une batterie de tests sur les produits finis vérifiera leur résistance au vieillissement climatique. La certification Cekal est indiquée de façon indélébile sur les verres, ou sur un document délivré aux fabricants, selon des codifications, identifiant la nature des verres : verre isolant (VI), verre feuilleté (VF) ou verre trempé (VT).

Ce marquage vient en complément du marquage obligatoire CE des normes de la communauté européenne et apporte des garanties de qualité supplémentaires.

Labels et autres certifications sur le double vitrage

Certaines certifications concernent l'efficacité d'une fenêtre double vitrage dans des conditions très spécifiques, notamment du point de vue du climat, il est donc utile de s'y intéresser.

● Marquage CE

Le marquage CE atteste de la bonne conformité du produit aux normes de la Communauté Européenne et qu'il répond à une certaine qualité pour être autorisé à être mis sur le marché.

● La certification NF

La certification NF est une garantie de qualité des produits aux normes françaises exigées.

Ce certificat est délivré après des tests en laboratoire au CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) et met l'accent sur la qualité de l'isolation thermique, phonique, le recyclage du matériau, son adaptabilité aux différents styles architecturaux, leur résistance, leur facilité de pose, selon les normes édictées par l'AFNOR (Association Française de normalisation).

La certification NF CSTBAT est délivrée et gérée par le CSTB sous mandat de l'AFNOR.

● Le certificat Acotherm

Ce label est délivré par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) et garantit une qualité de performances d'isolation thermique et acoustique.

Pour l'isolation thermique, les doubles vitrages label-



Guide de l'isolation des fenêtres

lisés Acotherm sont notés de Th1 à Th11 correspondant à des niveaux d'isolation thermiques selon un classement des coefficients U_w , des transmissions thermiques de la fenêtre avec son vitrage. Plus il sera élevé et meilleure sera la performance thermique de la fenêtre.

Pour l'isolation acoustique, les doubles vitrages labelisés Acotherm sont notés de Ac1 à Ac4 correspondant à un classement du niveau [en dB(A)] d'affaiblissement du gain par rapport aux nuisances routières. Plus l'indice est élevé meilleure sera la performance acoustique.

● Les Certificats CSTBat

Un avis technique est rendu par le Centre Scientifique des Techniques du Bâtiment qui certifie les performances AEV [perméabilité à l'Air, étanchéité à l'Eau et résistance au Vent]. Le CSTBat délivre également le certificat Acotherm. Le marquage des fenêtres se fait par une étiquette en fond de feuillure de la traverse haute dans le coin droit de la fenêtre, indiquant le numéro de certificat [repère de l'usine, code produit], le logo CSTBat, le classement AEV, le logo Acotherm et les classements AC ou Th, la mention V.U. pour des fenêtres Vitrées en Usine, et non visées par les tests en laboratoire Acotherm.

Le classement AEV dépend de la localisation géographique de l'habitation découpée en 5 zones sur la carte de France, la zone 5 correspondant aux DOM-TOM.

Chaque zone géographique est ensuite découpée en 4 sous catégories selon la situation du logement :

- situation a : à l'intérieur de grands centres urbains
- situation b : en périphérie urbaine ou à l'intérieur de moyennes ou petites villes, en zones industrielles ou

zones forestières

situation c : en rase campagne

situation d : en bord de mer ou de plans d'eau

Chaque AEV sera additionné d'un chiffre indicatif des performances de 1 pour de faibles performances jusqu'à 9 selon les catégories pour les meilleures performances, et parfois e pour des résultats exceptionnels aux tests. L'imperméabilité à l'air A se classe de A*1 à A*4, [l'étoile précise que le test répond aux normes européennes], l'étanchéité à l'eau E de E*1A à E*9A et de E*1B à E*7B [selon deux tests différents utilisés], la résistance au vents V de V*A1 à V*A5. Pour les fenêtres en aluminium le marquage RPT [rupture de pont thermique] atteste la conformité au rupture des ponts thermiques et garantit la qualité de fabrication.

● Label EWAA EURAS Qualanod

Le label de qualité EWAA EURAS Qualanod [EURAS, Association Européenne des Anodiseurs, EWAA, Association Européenne de l'Aluminium Ouvré] garantit la qualité de l'anodisation des profils aluminium selon des critères d'épaisseur des couches, d'uniformité du traitement, de durabilité, de résistance, de solidité à la lumière, d'aspects. On le trouve sous une appellation française comme Qualinod.

Les labels Qualinod, Qualicoat et Qualimarine sont délivrés par l'ADAL [Association pour le Développement de l'Aluminium Anodisé ou Laqué].

● Qualinod ou Qualanod

Le marquage Qualinod garantit pendant 10 ans la qualité de l'anodisation des matériaux. L'anodisation correspond à un traitement qui convertit la surface de l'aluminium grâce à un procédé électrolytique en une



Guide de l'isolation des fenêtres

couche protectrice constituée principalement d'oxyde d'aluminium. Ce film protecteur peut avoir des vertus décoratives et être coloré par l'incorporation de substance colorante et/ou par transformation de certains constituants de l'alliage au cours de l'anodisation. Ce label Qualinod est géré en France par l'ADAL, organisme accrédité par le COFRAC (COmité FRançais d'ACcréditations), et il est identique au label européen EWAA EURAS Qualanod. En effet, le Cofrac est une instance nationale qui a pour mission de mener en application des réglementations nationales et des directives européennes, d'harmoniser les organismes d'évaluation de conformité aux normes à respecter.

● Qualicoat

Le marquage Qualicoat garantit pour 10 ans la qualité de la bonne tenue des laquages sur les matériaux aluminium. Le laquage discontinu et après formage (post-laquage ou thermo laquage) ainsi que le laquage continu et avant formage (pré laquage) doivent répondre à des normes dictées par l'ECCA (European Coil Coating Association). Il garantit la qualité des applications, la tenue aux ultraviolets, la résistance aux rayures.

● Qualimarine

Le label Qualimarine est indissociable du label Qualicoat et certifie la bonne tenue des matériaux thermo-laqués aux environnements côtiers (bords de mer, salinité, sable). Ce label indique une meilleure résistance des matériaux dans ces environnements particulièrement corrosifs et indique que l'aluminium a subi une préparation renforcée de la surface avant la conversion chimique pour réduire ainsi les risques de corrosions filiformes. Cette préparation renforcée en

amont de l'anodisation et du thermolaquage consiste notamment en une double attaque chimique du métal, alcaline puis acide.

● La Charte Menuiseries 21

Charte de qualité, Menuiseries 21 garantit un savoir-faire des fenêtres en bois sur-mesure, qui répond à une expertise aux conformités techniques réalisés par le CTBA (Centre Technique du Bois et de l'Ameublement). Cette charte répond aux engagements définis par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) en terme de développement durable, et garantit que les produits ont un impact environnemental réduit et que les matériaux utilisés sont naturels et renouvelables.

● PEFC

Pour les menuiseries de bois la certification PEFC (Programme Européen des Forêts Certifiées) certifie que le bois utilisé provient de forêts gérées par une logique de développement durable et que leurs transformations répondent à des normes environnementales précises.

● Label A2P

Le label A2P est délivré par le Conseil National de Prévention et de Protection (CNPP) et garantit la qualité de sécurité renforcée des vitrages selon 3 niveaux de résistances R1, R2, R3, en fonction des performances. Le certificat A2P est reconnu par les assurances. Le CNPP teste par ailleurs la résistance des vitrages aux tirs par balles. Cette certification résulte d'une démarche volontaire du fabricant.

Guide de l'isolation des fenêtres

● Greenline

Greenline garantit que les profils en PVC ne contiennent pas de plomb et respectent l'environnement.

Comprendre le marquage d'une fenêtre double vitrage

Sur l'intercalaire des doubles vitrages se trouve inscrits des noms et des nombres. Ceux-ci indiquent les propriétés et caractéristiques des doubles vitrages et permettront de vérifier que le produit livré est conforme à ce qui a été vendu.

Le premier nom inscrit sur ce marquage correspond en principe au nom du fabricant du double vitrage. Saint Gobain a innové en ce sens en proposant sur internet un module permettant de tout connaître sur la fabrication de ses doubles vitrages, accessible à l'adresse web indiquée sur l'intercalaire.

Le nom du fabricant est généralement suivi d'un nombre à 2 chiffres qui correspond à l'année de fabrication du double vitrage, puis d'une lettre et d'un chiffre, S1 ou S2, qui correspond au semestre de fabrication, premier semestre ou deuxième semestre de l'année indiquée.

Suite à ces indications la certification CEKAL est indiquée ce qui garantit au double vitrage d'être passé par le laboratoire d'essai en question.

Le numéro suivant correspond au numéro du centre d'extension où on a effectué les tests de qualité pour prétendre être marqué CEKAL.

La ou les lettres suivantes donnent des indications sur la nature du vitrage, par exemple V pour vitrage ex-

térieur collé, R pour le vitrage de rénovation, E pour la résistance à l'ensoleillement, AR pour une acoustique renforcée, TR pour une isolation thermique renforcée.



XI. L'installation



Du double vitrage pour toutes les baies

Le double vitrage peut être utilisé pour équiper toutes les parois transparentes d'une maison, portes, vérandas, loggia, verrières, fenêtres, porte-fenêtres, fenêtres de toit, ou en baie de façade.

Les fenêtres en double vitrage peuvent comporter plusieurs vantaux, de 1 à 4, avec des systèmes d'ouvertures variables, du simple battant ou frappant au système de soufflet. Les fenêtres double vitrage peu-

vent être montées sur châssis fixe avec un système d'ouverture d'un second vantail par coulissement. Les ouvertures peuvent encore être basculante ou pivotante, à l'anglaise ou à l'italienne, ou en guillotine. Certains fabricants proposent des solutions de fenêtres pour les personnes à mobilité réduite avec des poignées situées sur la traverse basse de la fenêtre. Des fonctionnalités d'ouverture et de fermeture sont simplifiées avec des systèmes télécommandés pour encore faciliter le confort.



Guide de l'isolation des fenêtres

Possibilités d'installation d'un double vitrage

Il est possible d'installer un double vitrage de différentes manières, en conservant une partie des fenêtres existantes, ou en les remplaçant totalement. On peut même éventuellement conserver la menuiserie des ouvrants si elle est adaptée.

Passer en double vitrage en conservant la menuiserie

L'installation d'un double vitrage de rénovation « R » consiste à ne remplacer que la partie transparente des fenêtres. Les doubles vitrages arrivent sur site à la dimension exacte des vitres à remplacer. Ils sont équipés de profilés d'adaptation, qui permettent la pose sur l'ouvrant d'origine. On conserve ainsi l'ensemble de la menuiserie, laquelle doit être en bon état, étanche à l'air, et capable de supporter le poids du double vitrage de rénovation. C'est une solution souvent moins onéreuse que le remplacement total ou partiel de la fenêtre.

En général, les fabricants prévoient une variété de profilés pour que les doubles vitrages de rénovation ou doubles vitrages « R » s'adaptent parfaitement à tous les anciens châssis bois, aluminium ou PVC. En fonction de la solidité des charnières, il faudra souvent choisir un double vitrage assez léger pour éviter une déformation progressive.

Pose du double vitrage de rénovation

La pose du double vitrage de rénovation se fait par clippage ou vissage sur l'ouvrant, avec un ré-équer-

rage si nécessaire, effectué sur place avec éventuellement un complément de calage.

On va d'abord retirer les battants d'origine pour les placer sur des tréteaux. Le simple vitrage sera cassé et complètement ôté, et si le double vitrage de rénovation doit remplacer plusieurs carreaux de petite taille, les croisillons ou petits bois seront sciés sur l'ouvrant.

Il sera préférable de ne pas avoir à élargir la feuillure pour éviter d'endommager la menuiserie de l'ouvrant. L'ouvrant des fenêtres est donc conservé en l'état et le double vitrage vient s'appliquer sur les feuillures d'origine, selon plusieurs méthodes qui dépendront de la taille des vitrages et des feuillures d'origines.

Une jointure de silicone sera appliquée sur les pourtours du double vitrage de rénovation, et les profils d'adaptation viendront cacher les vis pour dissimuler la rénovation de l'ancien vitrage.

Le battant sera prêt à être installé sur le dormant d'origine avec le nouveau double vitrage.

Avec les doubles vitrages de rénovation la surface de transmission lumineuse ou d'éclairage est conservée, cependant la jointure devra être particulièrement bien faite pour éviter les risques de mauvaise étanchéité à l'air et à l'eau.

Si le dormant est en bon état et suffisamment étanche, il pourra supporter un nouveau châssis sans intervention sur les murs.



Guide de l'isolation des fenêtres

Installation de double vitrage avec conservation du dormant

Pour le remplacement partiel de fenêtre en double vitrage, on va conserver le dormant fixé aux murs, et y adapter un nouveau châssis supportant les ouvrants. Cette installation sera indiquée si le cadre ou dormant d'origine est resté en bon état, parfaitement étanche, et qu'il est suffisamment solide pour supporter le poids du double vitrage. C'est une solution rapide à mettre en œuvre, qui n'entraîne pas de dommage au mur dans lequel elle s'intègre, mais qui peut provoquer une perte en surface vitrée, et donc en éclairage puisque le nouveau châssis s'applique sur l'ancien et rogne sur le clair de jour initial.

Certains fabricants parlent également de double vitrage de rénovation pour ces installations partielles, cependant il ne faudra pas les confondre avec un double vitrage de rénovation qui viendra s'adapter en remplacement du simple vitrage ancien sans changer ni l'ouvrant ni le châssis d'origine.

Cette solution est souvent plus sûre, pour l'isolation, qu'un simple remplacement des parties transparentes.

Déroulement du remplacement partiel de fenêtre double vitrage

L'installation s'effectuera selon ces étapes : les menuiseries seront d'abord mesurées précisément, puis les anciens ouvrants sont déposés.

Les couvre-joints d'origine seront démontés, et les paumelles ou charnières seront dévissées ainsi que toutes les vis existantes. Les feuillures seront com-

blées avec des tasseaux adaptés cloutés sur l'ancienne menuiserie, un joint d'étanchéité à l'air et l'eau (en rouleau) sera fixé sur l'appui de l'ancien dormant et un joint (en rouleau) sera appliqué sur toute la périphérie du nouveau dormant à installer. L'ancien dormant sera habillé avec un champ plat de baguette de bois clouté du même ton que la menuiserie.

Le nouveau cadre sera positionné avec des serres joints, et le niveau ainsi que l'aplomb seront vérifiés, puis le cadre sera fixé par des vis munies de bouchons d'habillage, et les nouveaux ouvrants seront mis en place sur les nouvelles charnières ou paumelles du nouveau châssis. La poignée sera montée par vissage. Enfin, les nouveaux battants du double vitrage et la compression des joints seront réglés, et le bon fonctionnement des nouveaux ouvrants sera vérifié. L'étanchéité extérieure sera assurée par l'injection d'un silicone étanche entre l'ancien cadre et le nouveau. Les habillages extérieurs seront mesurés, et le nouvel habillage sera coupé puis délinéé, et enfin la bavette d'habillage sera posée, puis les montants et la traverse haute.

Le nouveau dormant devra être parfaitement adapté à l'ancien et l'emboîtement devra éliminer les interstices, pour éviter qu'apparaissent des ponts thermiques et phoniques.

Enfin, le remplacement total des fenêtres sera plus lourd, mais permettra souvent les meilleures performances.

Une fenêtre double vitrage toute neuve

On procédera au remplacement total des fenêtres, avec dépose des ouvrants et des dormants, quand la

Guide de l'isolation des fenêtres

menuiserie existante est trop usée, ou pas étanche. C'est une solution un peu plus lourde puisqu'il va falloir intervenir sur les murs pour sceller les nouveaux dormant, et le coût de main d'œuvre sera plus élevé. Par contre, bien réalisée, l'installation complète d'une fenêtre double vitrage sera l'occasion d'avoir une fenêtre toute neuve et parfaitement étanche, sans perte de luminosité.

Le remplacement total de la fenêtre peut également être imposé par des contraintes architecturales particulières. Dans ce cas toute la fenêtre devra être reproduite à l'identique de l'ancienne, avec les nouveaux matériaux.

Les travaux de remplacement total de fenêtre en double vitrage

La nouvelle fenêtre sera d'abord fabriquée d'après un relevé précis des dimensions de l'ancien châssis. L'ancien dormant sera ensuite totalement retiré du mur, et le nouveau châssis sera posé avec ses ferrures. Cette installation nécessitera parfois des travaux de maçonnerie importants, pour que le tableau accueille parfaitement ce nouveau châssis. La maçonnerie sera vérifiée et sera corrigée en cas de défauts. Les pattes de scellement permettront l'encastrement de la nouvelle fenêtre avec des chevilles puis l'ensemble sera enduit et calfeutré en finition avec des joints d'étanchéité.

Ces opérations nécessiteront parfois des remises en état des décorations intérieures une fois les travaux terminés, papiers peints, peintures.

Démarches avant installation de fenêtres double vitrage

Avant installation de double vitrage, on peut avoir à accomplir quelques démarches administratives. Une autorisation de la copropriété est nécessaire pour les appartements, et dans tous les cas, une déclaration en mairie devra être faite.

Il faudra par ailleurs vérifier auprès des Architectes des Bâtiments de France (ABF) si la zone est soumise à des réglementations spécifiques de sauvegarde du patrimoine, et éventuellement obtenir une autorisation pour la pose, que ce soit en ville ou à la campagne.

Compétences d'un bon installateur de fenêtre double vitrage



Il est préférable de confier la pose de fenêtres double vitrage à un professionnel pour plusieurs raisons. D'abord, cela permet de bénéficier d'un crédit d'impôts, et de la TVA réduite à 5.5% sur le matériel. En-



Guide de l'isolation des fenêtres

suite, il devra vous conseiller quant au type de double vitrage à installer, et votre fenêtre sera mieux garantie après installation.

La pose de doubles vitrages doit en outre obéir à des règles strictes, pour obtenir les meilleures performances. Un bricoleur peut vouloir la faire lui-même, mais c'est en fait assez risqué.

Qui peut installer des fenêtres double vitrage ?

Les ouvriers et artisans qualifiés pour installer des doubles vitrages pourront être des fenêtriers, des vitriers ou menuisiers, mais dans tous les cas, il faudra qu'ils aient une grande expérience des produits à poser.

Installer un double vitrage requiert des qualifications spécifiques, car on intervient directement sur un élément important du bâti : des règles très strictes d'étanchéité doivent être respectées, la bonne isolation et les jointures doivent être réalisées selon des techniques qui nécessitent de réelles connaissances. On peut exiger la preuve du certificat Qualibat, il garantit un niveau de compétences de l'ouvrier. Vous pouvez également demander à visiter une ou plusieurs de ses installations, pour évaluer la qualité de travail et le sérieux de l'entreprise.

Conséquences d'une mauvaise installation des fenêtres

Installer un double vitrage ne s'improvise pas. Une mauvaise installation par un bricoleur pourra conduire à des fuites d'air sur les côtés de la fenêtre, une mauvaise étanchéité à l'eau, et, à la longue, à des infiltrations d'humidité dans le bâti, qui nécessi-

teront peut-être des traitements et la réfection d'une partie de la structure. La fenêtre peut également être mal positionnée par rapport à l' huisserie sur la façade, trop avancée par exemple.

Dans le pire des cas, le double vitrage sera légèrement bancal, cintré, et les fenêtres ne pourront plus être ouverte après un certain temps d'utilisation. Un mauvais diagnostic ou l'installation d'un double vitrage trop lourd par rapport au châssis d'origine, surtout si ce dernier est ancien et abîmé, pourra se traduire par une fragilisation des paumelles ou charnières, ce qui conduira à un affaissement des battants.



XII. Les Garanties

Garanties apportées par un installateur

Que ce soit pour un double vitrage de rénovation, un double vitrage venant se poser sur la menuiserie déjà existante ou pour un changement complet de la fenêtre, des règles seront donc à respecter, et faire appel à des professionnels qualifiés permettra de bénéficier de garanties sur l'installation pendant 10 ans. C'est tout de même plus rassurant.

Pour bénéficier du crédit d'impôt et de la TVA réduites à 5.5%, une facture détaillant la part du matériel et de la main d'œuvre devra être fournie.

Vous pourrez exiger de l'installateur de voir la garantie décennale qu'il possède et ne pas hésiter à vérifier auprès de l'assureur s'il est bien couvert pour l'installation de fenêtres.

Garantie du fabricant sur la fenêtre double vitrage

La garantie sur une fenêtre double ou triple vitrage est relativement complexe, puisque différentes parties vont être garanties différemment, par différents acteurs.

Il y a d'abord le fabricant du vitrage, comprenant les feuilles de verre, la ou les lames de gaz, et le ou les espaceurs. Cette partie est généralement garantie 10 ans, mais si le vitrage est intégré dans une fenêtre de qualité, elle-même correctement posée, sa durée de vie, et d'efficacité peut dépasser trente ans.

Cette garantie assurera que l'ensemble du vitrage va rester étanche, et qu'il n'y aura pas formation de condensation à l'intérieur. Elle ne couvrira pas, par contre, les fêlures dues à des chocs thermiques, d'où la nécessité de vérifier l'ombrage sur la fenêtre pour adapter les bons verres, et si la maison est dans une zone facilement soumise à enneigement, il faudra prévoir des verres plus durs ou trempés.

Ensuite, le fabricant de la fenêtre intègre le vitrage dans la structure. Sur cette partie, la garantie peut être beaucoup plus longue, jusqu'à 35 ans. Elle assure que les parties mécaniques de la fenêtre resteront fonctionnelles dans le cadre d'une utilisation normale, et que l'ensemble, hors vitrage, restera étanche à l'air.

Les garanties sur l'installation de la fenêtre

Un installateur doit fournir une garantie décennale, et il faudra exiger la présentation du contrat d'assurance qui la couvre. C'est malheureusement souvent un point sensible, puisqu'un certain nombre de bricoleurs s'improvisent installateurs de fenêtres, mais ne disposeront pas de cette assurance.

Même s'il est toujours possible qu'une entreprise disparaisse après quelques années, une assurance décennale limite les risques, ne serait-ce que parce qu'elle n'est pas accordée à tout le monde.

XIII. Prix et financement



Prix des fenêtres double vitrage

Il est extrêmement difficile d'indiquer un prix moyen pour l'installation de fenêtres double vitrage, puisque normalement chaque produit est fabriqué sur mesure, avec de très nombreuses options disponibles. Toutefois, pour un double vitrage argon, avec une couche faible émissivité, et un coefficient de transmission thermique de 1,2, on peut trouver des offres autour de 1000 euros par mètre carré, pose incluse. Ceci dit, il peut être judicieux de choisir des fenêtres plus performantes. Un surcoût raisonnable pour une fenêtre vraiment bien conçue est d'environ 20%, soit 1200 euros par mètre carré.

Aides à l'achat de fenêtres double vitrage

Le remplacement des fenêtres permet d'augmenter l'isolation d'une maison et de réduire les consommations énergétiques. L'état et les collectivités locales proposent donc des aides pour favoriser l'équipement des ménages.

Que vous choisissiez du double ou du triple vitrage, il est donc bon de s'informer sur l'ensemble des dispositifs existants, crédit d'impôts, aides de l'Anah, éco-prêt à taux zéro, et bien sûr les soutiens financiers locaux.

Le crédit d'impôt pour l'achat de vitrages isolants

Le crédit d'impôt est un outil simple pour financer les travaux d'économies d'énergie, et il concerne donc l'achat de fenêtres isolantes, double et triple vitrage, avec tout de même certaines contraintes à respecter. Pour les fenêtres double et triple vitrage, le crédit d'impôts en 2011 est de 13% du prix du matériel. La somme sera déduite des impôts à payer, ou versée par le trésor public aux personnes non imposables. Pour en bénéficier, il faudra faire appel à un installateur professionnel qui fournira les équipements et réalisera la pose.

Il faut également que la maison équipée soit achevée

depuis plus de deux ans, et que les équipements choisis garantissent les performances suivantes :

- Pour les fenêtres composées en tout ou partie de PVC, le coefficient de transmission thermique U_w (de l'ensemble de la fenêtre vitrages compris) devra être inférieur ou égal à $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Pour les fenêtres composées en tout ou partie de bois, le coefficient U_w devra être inférieur ou égal à $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Pour les fenêtres métalliques (en aluminium notamment), le coefficient U_w devra être inférieur ou égal à $1.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Pour le remplacement d'un vitrage sur une menuiserie déjà existante par un vitrage à isolation renforcée (ou à faible émissivité), le coefficient de transmission thermique U_g (du vitrage simplement) devra être inférieur ou égal à $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Pour l'ajout d'une seconde fenêtre sur une baie existante avec un double vitrage renforcé, le coefficient U_w et U_g devra être inférieur ou égal à $2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Il faudra fournir une copie de la facture lors de la déclaration d'impôt sur le revenu, facture qui devra mentionner l'adresse de réalisation des travaux, leur nature, la désignation et le prix des vitrages, ou fenêtres doubles ou triples vitrées, les caractéristiques et critères de performances thermiques.

Le crédit d'impôt s'applique dans la limite de dépenses plafonnées sur une période appréciée sur 5 ans, de 8000 euros pour une personne seule et 16000 euros pour un couple marié ou pacsé et soumis à une imposition commune.

Il est majoré de 400 euros par personne à charge, 200 euros en cas de garde partagée.

Les aides de l'ANAH

Depuis 2011, l'ANAH a créé un fond d'aide à la rénovation thermique (le FART, les anglophones apprécieront), qui a pour but de permettre aux ménages les plus modestes de pouvoir bénéficier de subventions pour améliorer l'isolation de leur logement, et donc les performances énergétiques, dans le cas où la rénovation concerne une amélioration des performances thermiques d'au moins 25%. Dans tous les cas il faudra se renseigner auprès de l'ANAH pour savoir si les travaux envisagés sont éligibles.

Écoprêt à taux zéro pour les fenêtres

Il est possible de bénéficier de l'écoprêt à taux zéro, ou écoPTZ, mais ce dernier doit financer un « bouquet de travaux » de rénovation pour l'amélioration énergétique de la maison. Le changement seul des vitrages n'y ouvrira pas le droit. Notons en outre que l'on ne peut plus cumuler écoprêt et crédit d'impôts.

TVA réduite à 5.5%

La TVA réduite à 5.5% sera applicable si la pose des fenêtres est faite par un professionnel. Elle s'applique à la main d'œuvre professionnelle, aux matériaux, fournitures et matières premières, mais tous ces éléments devront nécessairement être comptabilisés sur une seule et même facture éditée par le professionnel, ou l'entrepreneur en bâtiment, et devra être accompagnée d'une attestation dite simplifiée (http://www.impots.gouv.fr/portal/deploiement/p1/fichedescriptive__3761/fichedescriptive__3761.pdf).

Cette réduction de TVA peut s'ajouter au crédit d'impôt.