



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

GUIDE

DOUBLES FENÊTRES

PRESCRIPTION ET MISE
EN ŒUVRE EN RÉNOVATION
DES LOGEMENTS

AVRIL 2014

RENOVATION

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1 - Introduction | 7 |
| 2 - Description du procédé et domaine d'application | 11 |
| 2.1. • Description du procédé..... | 11 |
| 2.2. • Domaine d'application | 12 |
| 3 - Réglementations | 13 |
| 3.1. • Réglementation thermique sur l'existant..... | 13 |
| 3.2. • Réglementation acoustique sur l'existant..... | 14 |
| 3.3. • Autres exigences à prendre en compte | 15 |
| 4 - Phases de réalisation de l'ouvrage et gestion des interfaces | 17 |
| 5 - Aide à la prescription | 19 |
| 5.1. • Avantages et inconvénients de la double fenêtre..... | 19 |
| 5.1.1. • Double fenêtre mise en œuvre côté intérieur | 19 |
| 5.1.2. • Double fenêtre posée côté extérieur | 22 |
| 5.2. • Le diagnostic préalable | 27 |
| 5.3. • Performances de la double fenêtre | 29 |
| 5.3.1. • Performances thermo-optiques | 29 |
| 5.3.2. • Performance acoustique | 34 |
| 5.3.3. • Performances A*E*V* (Air, Eau, Vent) de la nouvelle fenêtre..... | 37 |
| 5.3.4. • Gestion de la ventilation du bâtiment..... | 39 |
| 5.3.5. • Gestion de l'hygrothermie entre les fenêtres, phénomènes de condensation..... | 41 |
| 6 - Principes de mise en œuvre | 45 |
| 6.1. • Restauration de l'ancienne fenêtre | 45 |
| 6.1.1. • Restauration des cadres dormants | 45 |
| 6.1.2. • Restauration des vantaux..... | 46 |
| 6.1.3. • Restauration des fermetures..... | 47 |
| 6.2. • Vérification des dimensions de la baie et de l'état du support..... | 47 |
| 6.3. • Ergonomie, utilisation et contraintes de mise en œuvre | 47 |
| 6.3.1. • Mise en œuvre de la nouvelle fenêtre côté intérieur | 47 |
| 6.3.2. • Mise en œuvre de la nouvelle fenêtre côté extérieur | 50 |
| 7 - Réglementations, normes et autres documents de références | 54 |

| | |
|--|-----------|
| Glossaire | 56 |
| Annexe A : Différence entre performance acoustique d'un produit et d'un ouvrage | 59 |
| A. 1 Performance acoustique du produit | 59 |
| A. 2 Performance acoustique de l'ouvrage | 60 |



Introduction

1



Dans le cadre d'une recherche d'amélioration thermique ou phonique, la double fenêtre est une solution à valoriser. Elle peut, dans certains cas, répondre à la nécessité de conserver des menuiseries anciennes de qualité et à la volonté de limiter l'impact des travaux d'amélioration thermique (mais ce n'est pas toujours la solution la plus simple), au besoin d'un traitement acoustique particulier... Elle peut, également dans certains cas, avoir un impact important sur le plan architectural et technique.

Aujourd'hui, le cas le plus fréquent de mise en œuvre de double fenêtre se trouve en rénovation de secteurs soumis à une protection patrimoniale pour lesquels on souhaite conserver l'authenticité et l'unité architecturales, et notamment les façades. Dans ce cas la double fenêtre est installée côté intérieur. La mise en œuvre de double fenêtre se trouve également sur du bâti de toutes époques, particulièrement exposé au bruit, pour répondre à des problématiques acoustiques particulières.



Crédits photos : N. Sandt

▲ **Figure 1** : Exemple de double fenêtre en bois mise en œuvre côté intérieur en rénovation de logement. Réalisation à Lyon

Selon le contexte, la double fenêtre peut revêtir différentes formes et peut se retrouver dans différentes situations.

En rénovation :

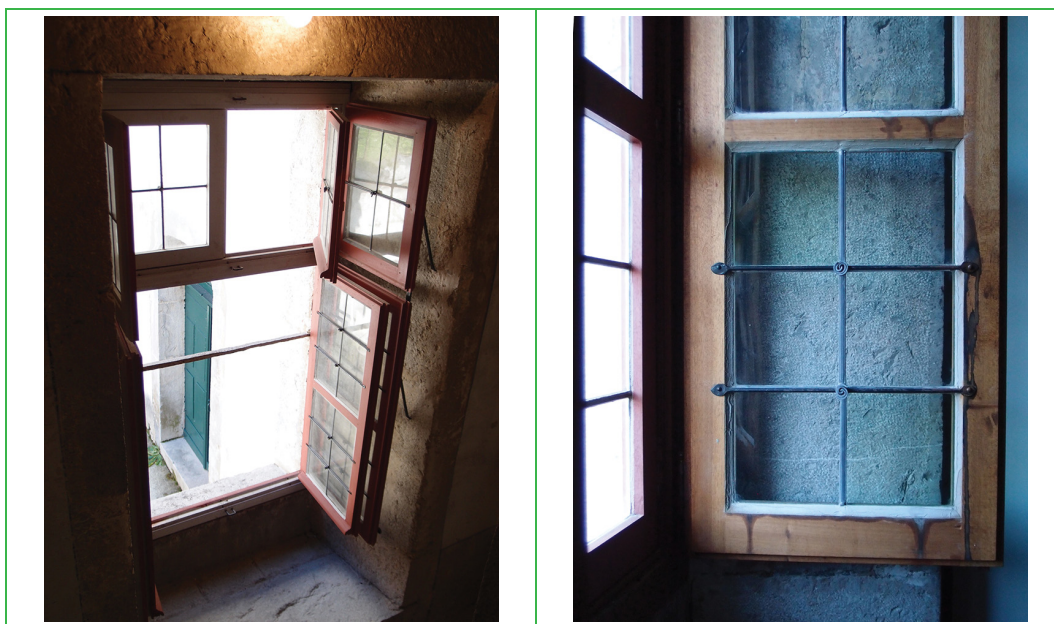
- pour conserver l'aspect de façade et les fenêtres anciennes, la double fenêtre est mise en œuvre côté intérieur de la fenêtre existante ; avec des architectures intérieures de qualité ou un décor banalisé, associée ou non à une isolation thermique intérieure ;
- dans certains cas, et notamment pour limiter l'impact des travaux en intérieur, la double fenêtre est mise en œuvre côté extérieur de la fenêtre existante. (Cette solution est aujourd'hui peu prescrite dans le bâti ancien, mais était d'usage fréquent aux XVII^e, XVIII^e et XIX^e siècles. Elle est souvent aujourd'hui encore présente sur les voies bruyantes telles que les quais parisiens ou lyonnais). Elle peut être associée à la pose d'une isolation thermique extérieure dans le cadre d'un projet global redessinant la façade.

En construction neuve, la double fenêtre est une solution pour répondre à des exigences acoustiques particulièrement sévères.

Seuls les cas de rénovation sont traités dans ce guide.

Les doubles fenêtres dans les monuments historiques

L'usage de doubles fenêtres est attesté au XVII^e siècle, par exemple des fenêtres sont conservées au monastère de la Grande Chartreuse à Saint-Pierre-de-Chartreuse (Isère).

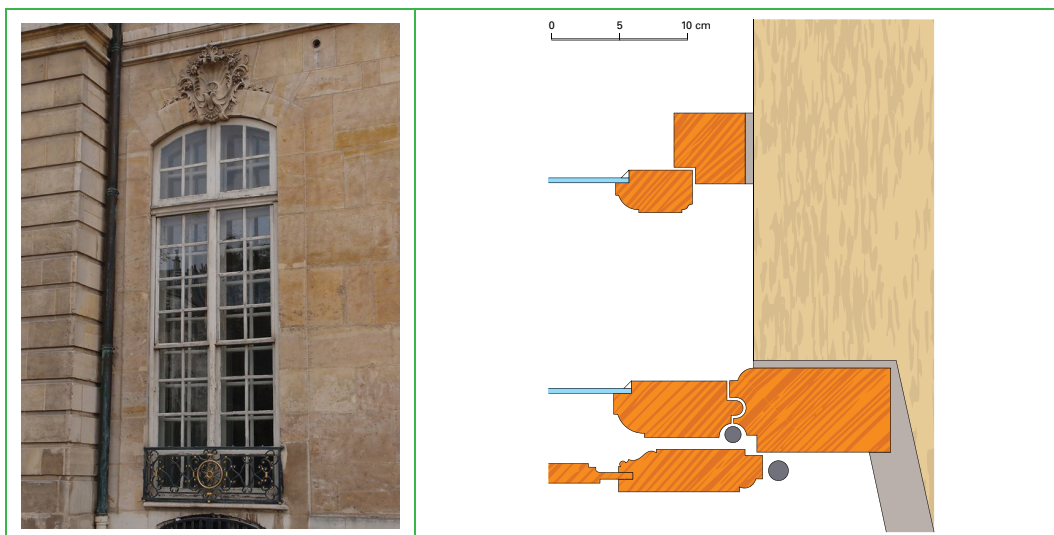


Crédits photos : Luc Goupil

▲ Figure 2 : Exemple du monastère de la Grande Chartreuse à Saint-Pierre-de-Chartreuse (XVII^e siècle)

Il s'agit, à cette époque, d'un équipement temporaire et démontable, qui est habituellement mis en œuvre en hiver par l'extérieur pour des raisons thermiques. C'est la « fenêtre d'hiver » tenue par des « crochets » (Roubo, 1769). Pérennisés aux XVIII^e et XIX^e siècles, les dormants extérieurs font l'objet de mises au point visant à réduire l'emprise des bois, pour assurer l'ouverture des vantaux et l'éclairage maximum. Ils sont implantés entre tableaux soit au nu de la façade, soit en retrait de quelques centimètres pour préserver le dessin de la façade.

A cette époque, les doubles fenêtres sont un élément de standing, cher, du fait de la deuxième fenêtre d'une part, mais également en raison de la nécessité d'utiliser des verres clairs, grands, et de moindres défauts.

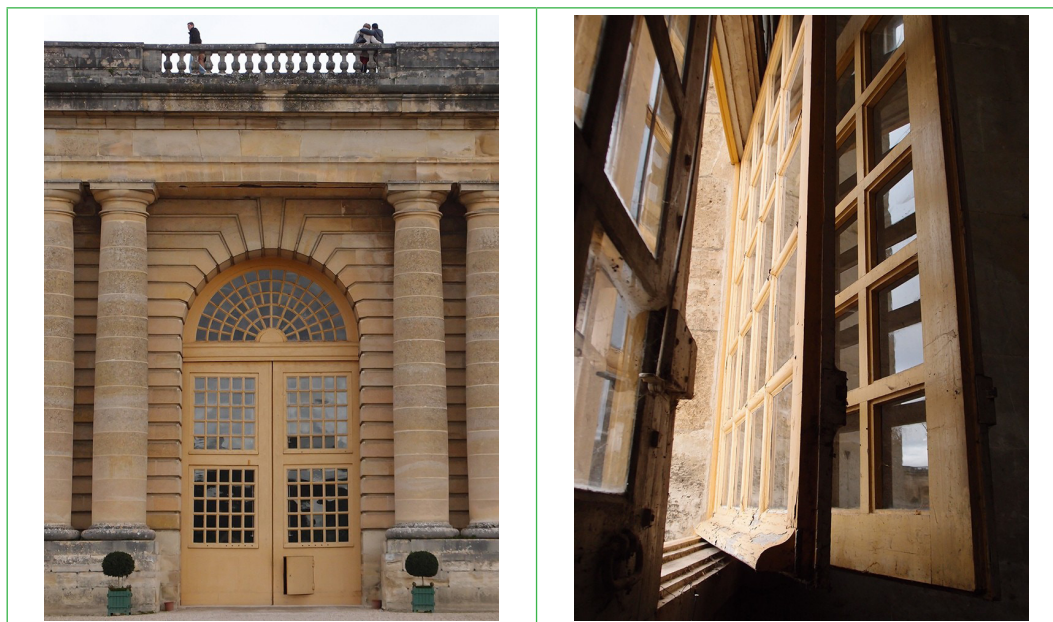


Crédits photos : Luc Goupil

▲ Figure 3 : Exemple de double fenêtre extérieure à guillotine à l'Hôtel de Biron à Paris (XVIII^e siècle)

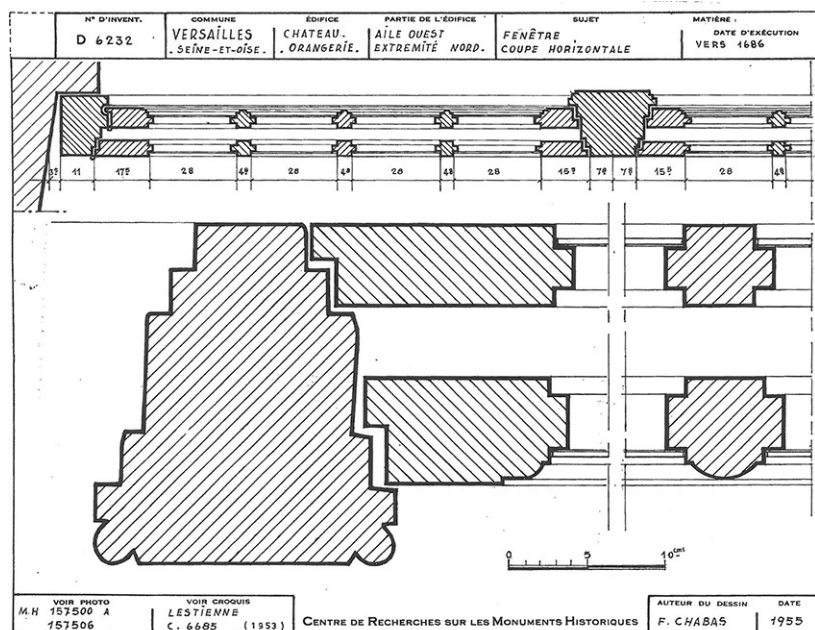


On trouve également des doubles fenêtres côté intérieur à l'Orangerie du château de Versailles. Dans ces cas, la double fenêtre est accolée à la première.



Crédits photos : Luc Goupil

▲ Figure 4 : Exemple de double fenêtre intérieure accolée, Orangerie du château de Versailles (fin XVII^e siècle)



▲ Figure 5 : Schémas de double fenêtre à l'Orangerie du château de Versailles (fin du XVII^e siècle) (source : relevé du Centre de recherche des Monuments historiques)

Description du procédé et domaine d'application

2

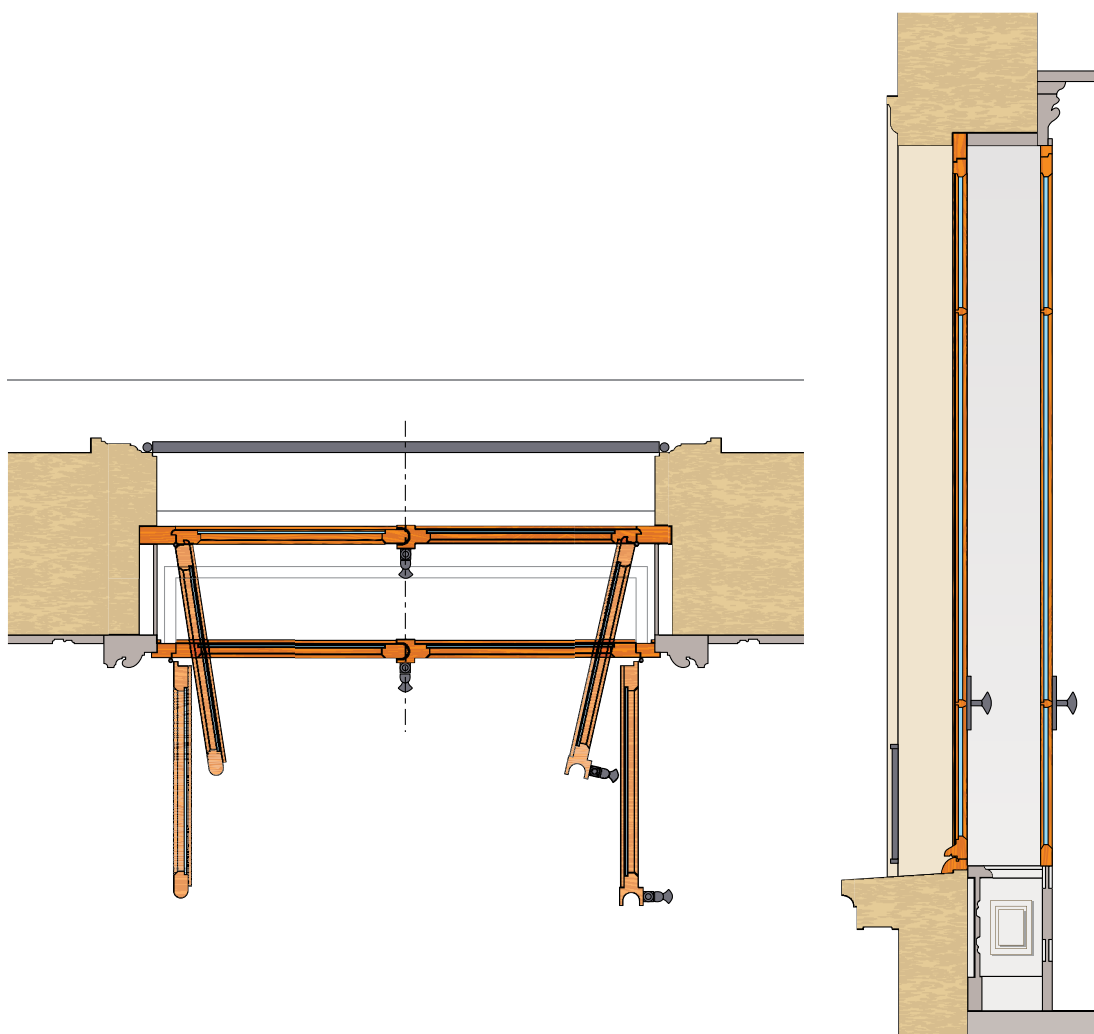


2.1. • Description du procédé

Il s'agit de la juxtaposition de deux fenêtres mises en œuvre dans l'épaisseur d'un tableau de baie.

La fenêtre d'origine est mise en œuvre en tableau et habituellement insérée en feuillure de baie.

La nouvelle fenêtre est le plus souvent mise en œuvre en rénovation côté intérieur ou côté extérieur, mais peut également être créée dès l'origine de la construction, par exemple pour répondre à des exigences acoustiques sévères.



▲ Figure 6 : Schémas de mise en œuvre d'une double fenêtre côté intérieur dans un logement à Lyon

2.2. • Domaine d'application

Le présent document porte sur :

- les conditions de mise en œuvre d'une double fenêtre en rénovation installée côté intérieur du bâtiment, avec ou sans isolation intérieure complémentaire ;
- les conditions de mise en œuvre d'une double fenêtre en rénovation installée côté extérieur du bâtiment, avec ou sans isolation extérieure complémentaire.

Il décrit notamment :

- les avantages et les inconvénients de la mise en œuvre d'une double fenêtre en rénovation ;
- le diagnostic préalable à la mise en œuvre d'une double fenêtre en rénovation ;
- les performances des doubles fenêtres.



Réglementations

3



Lors de travaux de rénovation de fenêtre, les réglementations thermiques et acoustiques sur l'existant sont à prendre en compte, ainsi que les réglementations d'urbanisme d'ordre privé et d'ordre public.

3.1. • Réglementation thermique sur l'existant

La réglementation thermique sur l'existant distingue deux volets :

- la réglementation thermique bâtiment existant « élément par élément » ;
- la réglementation thermique bâtiment existant « globale ».

La réglementation thermique bâtiment existant « élément par élément » de 2007 s'applique lors d'actions de rénovation sur des bâtiments répondant au moins à l'une de ces caractéristiques :

- surface hors œuvre nette (SHON) inférieure à 1 000 m² ;
- coûts des travaux inférieurs à 25 % du coût de la construction ;
- date de construction antérieure à 1948.

L'arrêté du 3 mai 2007 fixe les exigences relatives à la réglementation thermique bâtiment existant « élément par élément ». Pour les parois vitrées, elle impose :

- des exigences minimales de performance thermique des fenêtres et des vitrages :
 - $U_w \leq 2,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$ pour les fenêtres coulissantes,
 - $U_w \leq 2,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ pour les autres fenêtres, et
 - $U_g \leq 2 \text{ W/m}^2.\text{K}$ pour les vitrages ;



- une obligation d'aération du logement : dans les locaux d'habitation et les locaux d'hébergement, les nouvelles fenêtres et portes-fenêtres installées dans les pièces principales doivent être équipées d'entrées d'air, sauf dans les locaux déjà munis d'entrées d'air ou d'un dispositif de ventilation double flux. La somme des modules de ces entrées d'air doit au moins être de 45 pour les chambres et 90 pour les séjours. Cette valeur peut être réduite lorsque l'extraction d'air mécanique permet un dimensionnement inférieur ;
- une exigence sur le confort d'été : maintien ou remplacement des protections solaires existantes.



L'arrêté du 3 mai 2007 précise que les travaux d'installation ou de remplacement de doubles fenêtres ne sont pas visés par la réglementation thermique.

La réglementation thermique bâtiment existant « globale » s'applique pour les bâtiments répondant simultanément aux trois critères ci-dessous :

- surface hors œuvre nette (SHON) supérieure à 1 000 m² ;
- coûts des travaux supérieurs à 25 % du coût de la construction ;
- date de construction postérieure à 1948.

Dans ce cas, l'arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 m², lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants, fixe les exigences à respecter.

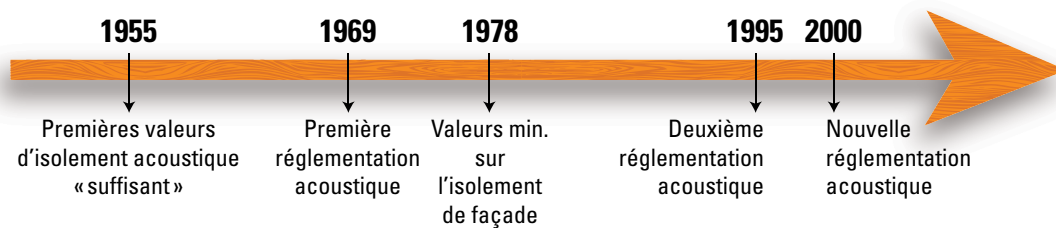
Remarque

Dans la très grande majorité des cas, pour la mise en œuvre de doubles fenêtres en rénovation, la réglementation thermique bâtiment existant « élément par élément » s'applique. Dans ces cas, elle ne fixe aucune exigence réglementaire pour les doubles fenêtres.

3.2. • Réglementation acoustique sur l'existant

Concernant les performances acoustiques, les principes généraux du règlement de la construction indiquent lors d'actions de rénovation sur des bâtiments existants :

- que l'opération de réhabilitation ne doit pas dégrader la performance existante ;
- et que l'opération doit respecter *a minima* la réglementation en vigueur lors de la dépose du permis de construire de celui-ci. La figure suivante illustre l'évolution de celle-ci dans le temps.



▲ Figure 7 : Évolution de la réglementation acoustique

Il existe à ce jour quatre domaines réglementés sur le plan acoustique pour les bâtiments neufs ou les extensions de bâtiment :

- bâtiment d'habitation – arrêté du 30 juin 1999 ;
- hôtel – arrêté du 25 avril 2003 ;
- établissement d'enseignement – arrêté du 25 avril 2003 ;
- établissement de santé – arrêté du 25 avril 2003.

Ces arrêtés imposent un isolement acoustique de la façade minimal $D_{nT, A, tr}$ de 30 dB vis-à-vis des bruits extérieurs dans les pièces principales et les cuisines.



Il s'agit d'isolement de la façade complète. La fenêtre participe bien entendu à cette performance. La caractérisation de la performance de la fenêtre s'exprime en affaiblissement acoustique. L'indice d'affaiblissement acoustique d'une fenêtre : $R_{A, tr}$ est mesuré en dB. L'isolement de la façade, obtenu avec la fenêtre considérée, est en général plus important du fait de la contribution de la paroi opaque (voir [Annexe A] : Différence entre performance acoustique d'un produit et d'un ouvrage).

3.3. • Autres exigences à prendre en compte

D'autres exigences s'appliquent lors du changement de fenêtres :

- les exigences d'ordre privé : le changement de fenêtre devra être fait en conformité avec le règlement de copropriété notamment en ce qui concerne le maintien de l'harmonie de l'immeuble ;
- les exigences d'ordre public : Plan Local d'Urbanisme (PLU) et réglementations patrimoniales :
 - PLU : la règle dépend des zonages. Elle est en général comprise dans l'article 11 des règlements de zonage (généraliste mais renvoyant le plus souvent à l'ordonnancement, aux proportions, à la composition...),
 - règles patrimoniales : il est nécessaire de prendre en compte l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) dans les secteurs protégés.

Par exemple pour la ville de Lyon :

- 60 % environ de la superficie de Lyon est comprise dans des secteurs dans lesquels l'avis de l'ABF est requis ;
- le débordement sur le domaine public est soumis au règlement de voirie du Grand Lyon.



Le changement de fenêtres nécessite une déclaration de travaux après avoir obtenu l'accord de la copropriété.

Phases de réalisation de l'ouvrage et gestion des interfaces

4



En rénovation, les cinq principales phases lors de la mise en œuvre d'une double fenêtre sont :

1. Diagnostic préalable

- conservation possible de l'ancienne fenêtre, en l'état ou rénovée ;
- problématiques à prendre en compte (patrimoniales, architecturales, thermique, acoustique...);
- réglementations à respecter ;
- prise en compte des contraintes de mise en œuvre et des travaux associés à prévoir ;
- étude d'une solution alternative à la double fenêtre.

→ Choix de la mise en œuvre d'une double fenêtre.

2. Choix de la nouvelle fenêtre et de son mode de mise en œuvre

- performances de la nouvelle fenêtre ;
- mode de mise en œuvre ;
- principe de ventilation du bâtiment.

3. Réfection de l'ancienne fenêtre.

4. Mise en œuvre de la nouvelle fenêtre.

5. Réalisation des travaux complémentaires le cas échéant (travaux intérieurs, ventilation...).



Les principaux points de vigilance et d'attention à prendre en compte lors de la mise en œuvre de la double fenêtre sont :

- l'état de l'ancienne fenêtre : réfection à prévoir, calfeutrements, contrôle des pièces d'appuis et des jets d'eau ;
- le mode de mise en œuvre de la nouvelle fenêtre : fixation et calfeutrement ;
- la manipulation, l'ergonomie des deux fenêtres ;
- la performance thermique de la double fenêtre ;
- la performance acoustique de la double fenêtre (attention aux risques de surperformance) ;
- les conditions de ventilation du bâtiment ;
- la gestion de la condensation entre les deux fenêtres ;
- l'éclairage naturel, occultations ;
- la gestion des travaux complémentaires.

Aide à la prescription

5



5.1. • Avantages et inconvénients de la double fenêtre

5.1.1. • Double fenêtre mise en œuvre côté intérieur

On retrouve des doubles fenêtres mises en œuvre côté intérieur principalement dans le cas de monuments historiques, d'architecture de qualité ou en sites protégés, notamment en rénovation de centre-ville ancien.

Le choix de la mise en œuvre d'une double fenêtre se justifie majoritairement par la volonté d'améliorer les performances acoustiques et/ou thermiques du bâtiment tout en conservant le caractère architectural ou patrimonial de l'ancienne façade dans le cas de bâtis anciens ou de monuments historiques. Dans ce cas, la mise en œuvre de la double fenêtre s'impose côté intérieur, et peut éventuellement être couplée à la pose d'une isolation thermique intérieure complémentaire.

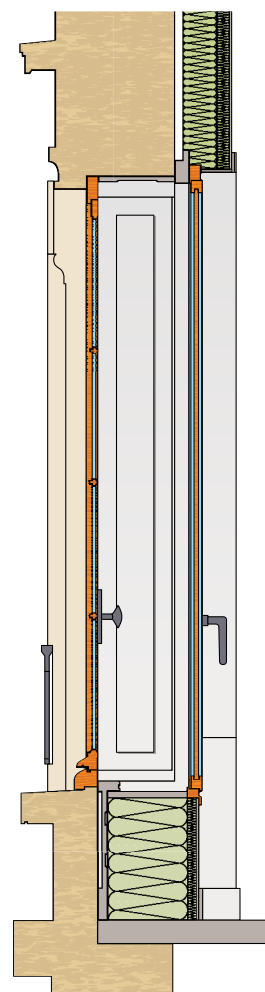
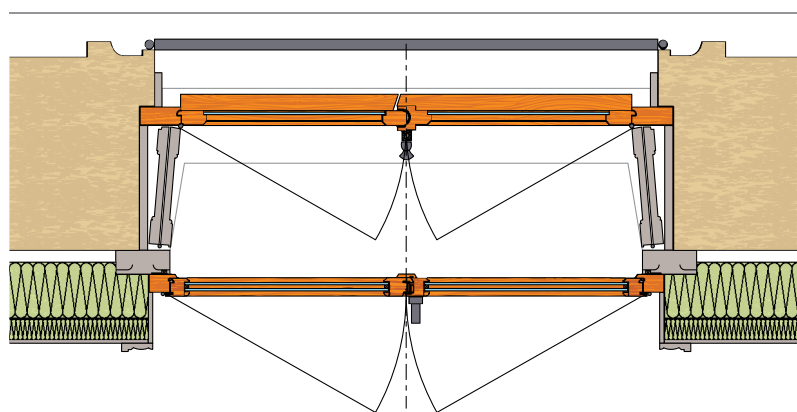
L'impact esthétique est alors non négligeable, aussi bien côté intérieur où l'architecture intérieure (volumétrie et décor) est à prendre en compte lors de la mise en œuvre de la deuxième fenêtre, que côté extérieur qui est modifié par l'impact visuel de la double fenêtre.



Vue extérieure

Vues intérieures

Crédits photos : N. Sandt



▲ Figure 8 : Exemple de double fenêtre mise en œuvre côté intérieur avec isolation thermique intérieure complémentaire. Réalisation à Lyon



Les principaux avantages et limites de la mise en œuvre d'une double fenêtre côté intérieur sont listés dans le tableau suivant :

| | Avantages | Inconvénients |
|----------------------------------|---|--|
| Impact architectural | <ul style="list-style-type: none"> – Conservation de l'unité architecturale de façade : immeubles anciens en secteur protégé, architectures du xx^e siècle où les fenêtres participent au caractère des façades (façades rideau, hublot, châssis fin en acier ou aluminium...). – Possibilité de redessiner l'architecture intérieure sans modifier l'aspect extérieur. – Conservation des dispositifs originaux d'occultation extérieure. | <ul style="list-style-type: none"> – Impact non négligeable sur la volumétrie et l'architecture de la pièce intérieure, induisant dans certains cas une perte de surface. – Vision simultanée des deux fenêtres avec leur composition identique ou différente, par l'intérieur ou par l'extérieur. – Reflet des croisillons dans les doubles vitrages. |
| Confort thermique d'hiver | <ul style="list-style-type: none"> – Amélioration notable des performances thermiques de la fenêtre. – Peut compléter une isolation thermique par l'intérieur. – Possibilité de faire varier le facteur solaire de la baie par ouverture de la fenêtre intérieure quand le soleil donne sur la façade. | |
| Confort thermique d'été | <ul style="list-style-type: none"> – Compatible avec la création ou la conservation d'une protection solaire extérieure ou entre les deux fenêtres (moins efficace thermiquement). | <ul style="list-style-type: none"> – Risque de surchauffe estivale en cas d'exposition forte au soleil : gestion des ouvertures des fenêtres et des protections solaires à prévoir. |
| Ventilation | | <ul style="list-style-type: none"> – Difficulté du traitement de la ventilation en rapport avec la réglementation actuelle. – Ventilation entre la double fenêtre à prévoir : risque de condensation sur le vitrage intérieur de la fenêtre extérieure induisant une dégradation des produits (fenêtres et éléments environnants : plâtre, enduits, gros œuvre ...) et un désagrément pour l'utilisateur par embuage, en l'absence de ventilation. Une circulation d'air entre les deux fenêtres est à prévoir pour limiter les risques de condensation. |
| Confort acoustique | <ul style="list-style-type: none"> – Amélioration importante de l'isolement acoustique par rapport à l'extérieur. | <ul style="list-style-type: none"> – Risque de démasquage des bruits intérieurs lié à l'amélioration de la performance acoustique de la double fenêtre. Ceci est généralement vécu comme une dégradation du confort acoustique du logement. |
| Confort visuel | | <ul style="list-style-type: none"> – Confort visuel diminué par perte de clair de jour et de lumière par présence du double cadre et de la multiplication des vitrages. |
| Ergonomie, utilisation | | <ul style="list-style-type: none"> – Encombrement du débattement de la nouvelle fenêtre intérieure. – Manipulation de deux ouvrants. – Problème de l'effet de l'impact des poignées sur les vitrages intérieurs. – Risque de diminution de l'ouverture de la fenêtre extérieure. |



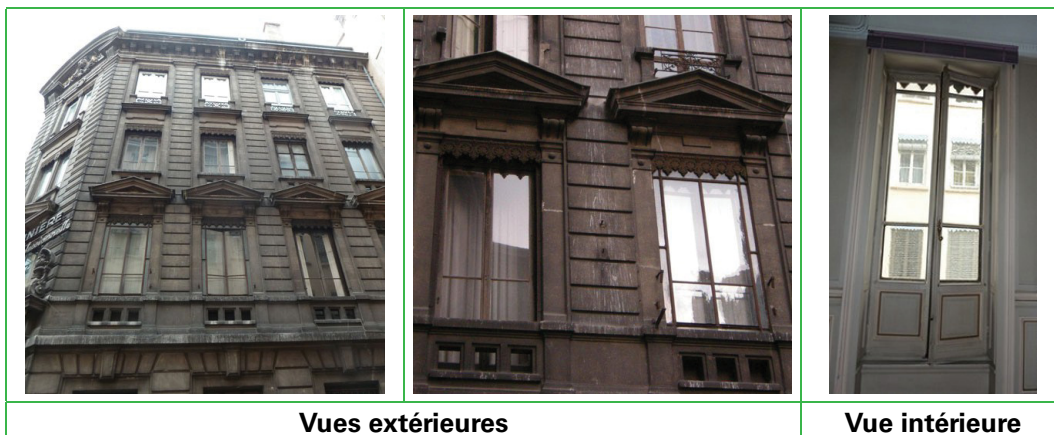
| | Avantages | Inconvénients |
|---------------------------------|---|--|
| Facilité d'entretien | | <ul style="list-style-type: none"> – Double entretien (nettoyage et réparation) avec l'impact financier induit. – La nouvelle fenêtre ne contribue pas à la protection aux intempéries de l'ancienne fenêtre, ancienne fenêtre à entretenir. |
| Mise en œuvre | <ul style="list-style-type: none"> – Maintien et revalorisation du savoir-faire du menuisier lié à la restauration d'une ancienne fenêtre, l'étude et la mise en œuvre de double fenêtre intégrée dans les décors, ou l'existant complexe. – Pas de nécessité de disposition de mise en œuvre relative à l'étanchéité à l'eau (création d'un rejingot par exemple). | <ul style="list-style-type: none"> – Complexité de mise en œuvre. – Travaux à prévoir à l'intérieur du bâtiment en site occupé. – Coordination des prestations connexes à gérer. |
| Aspect économique | <ul style="list-style-type: none"> – La fenêtre n'étant pas en contact avec l'eau de pluie, sa conception ne nécessite pas de système de drainage des pièces d'appui ni de jets d'eau. Si la fenêtre est en bois, la durabilité naturelle ou conférée par un traitement de préservation de l'essence utilisée doit répondre à la classe d'emploi 2. – Conservation possible des dispositifs extérieurs d'occultation. – Pas de nécessité d'échafaudage extérieur ni d'accord de copropriété. – Pas de mise en déchet de l'ancienne fenêtre. | <ul style="list-style-type: none"> – Mise en œuvre nécessitant des compétences spécifiques et souvent l'intervention de plusieurs corps d'état (réparation de la menuiserie conservée, peinture, déplacement d'appareils de chauffage souvent positionnés en allège, création de ventilation, adaptation de volets intérieurs dans le cas de croisées anciennes, raccord sur chambranle ou lambris...). |
| Impacts environnementaux | <ul style="list-style-type: none"> – Évite les manipulations <i>in situ</i> d'ouvrages anciens pouvant contenir de l'amiante ou du plomb et limite le traitement des déchets. – Conservation et réutilisation de menuiseries durables (souvent en bon état, résistantes et réparables). – Dispositif réversible et adaptable selon l'évolution des besoins. – Redynamisation des savoir-faire locaux (fabrication et mise en œuvre adaptée) – Si la fenêtre est en bois, possibilité d'utiliser une essence non traitée suffisamment durable pour la classe d'emploi 2 (pas de contact avec l'eau de pluie). | |

▲ **Tableau 1** : Principaux avantages et limites de la mise en œuvre d'une double fenêtre côté intérieur

5.1.2. • Double fenêtre posée côté extérieur

La mise en œuvre d'une double fenêtre côté extérieur est principalement liée à la volonté d'améliorer le confort acoustique et/ou thermique du bâtiment tout en limitant l'impact des travaux à l'intérieur des appartements. On peut trouver le cas de double fenêtre mise en

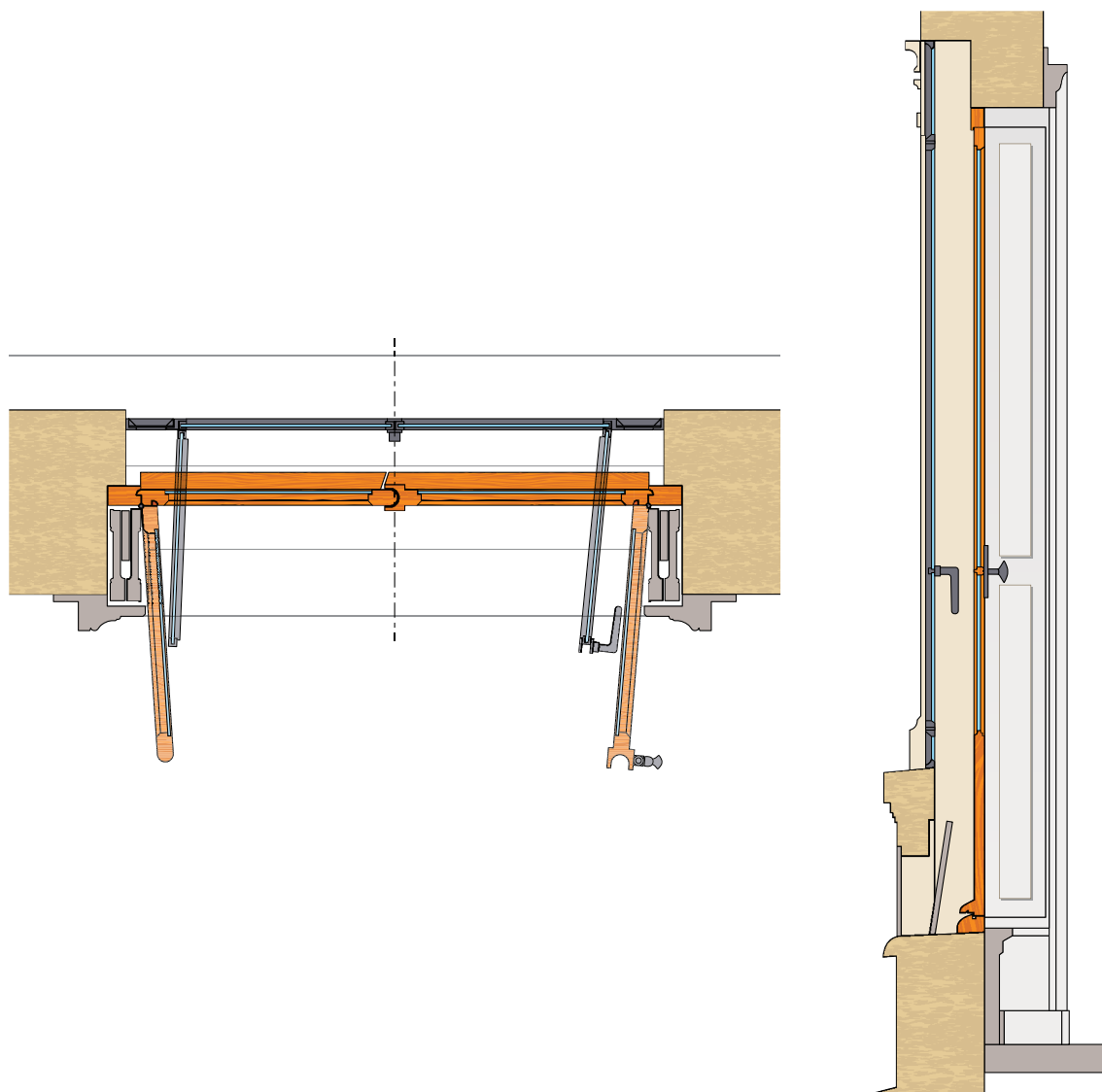
œuvre côté extérieur dans le cas de bâtiments d'après-guerre, mais également dans le cas de pièces classées à haute valeur architecturale ou patrimoniale. Dans certains cas, elle peut être couplée à la mise en œuvre d'une isolation thermique extérieure.



Vues extérieures

Vue intérieure

Crédits photos : N. Sandt



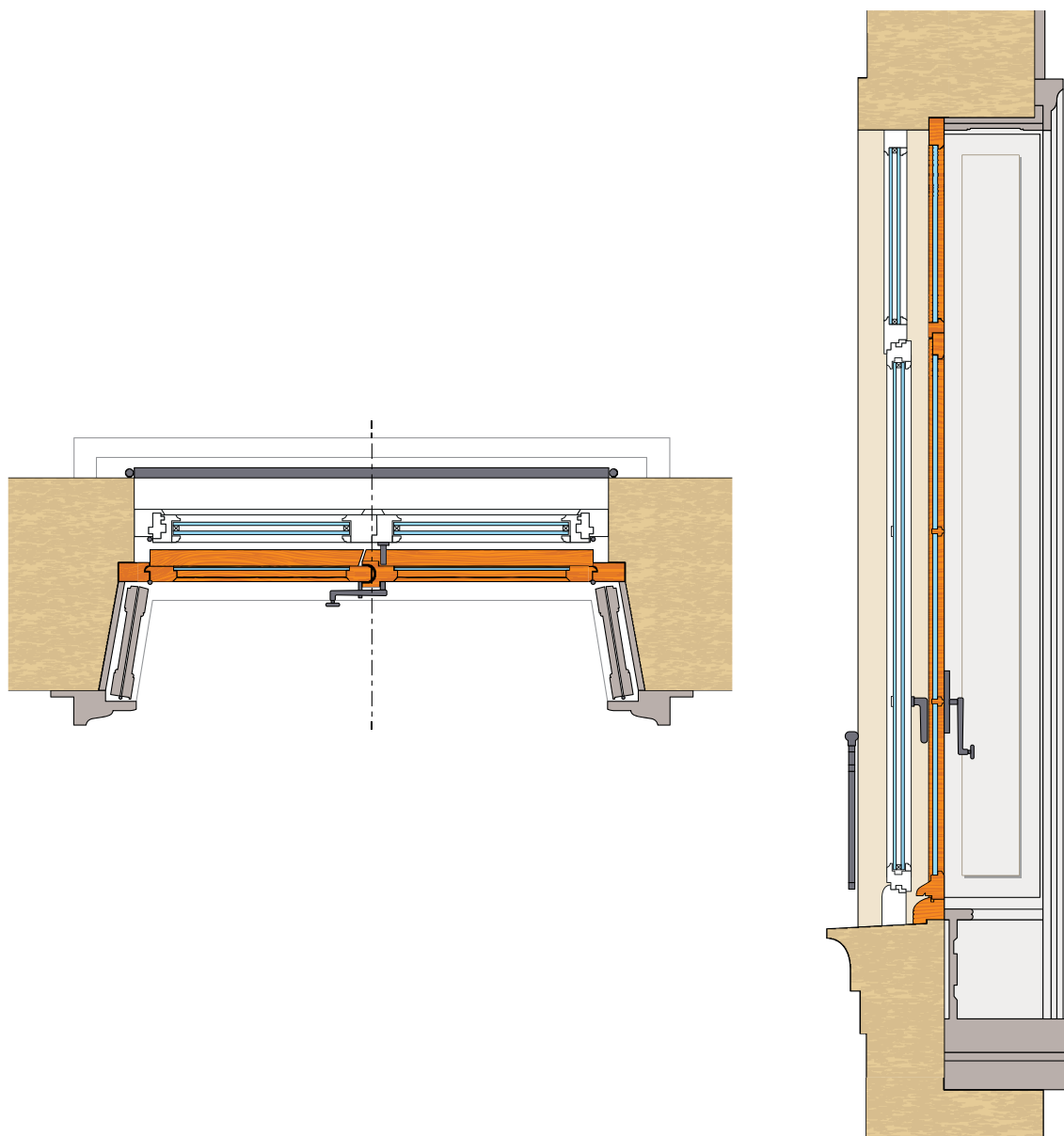
▲ Figure 9 : Exemple de double fenêtre métallique mise en œuvre côté extérieur. Lycée à Lyon



Vues extérieures

Vue intérieure

Crédits photos : N. Sandt



▲ Figure 10 : Exemple de double fenêtre en PVC mise en œuvre côté extérieur. Appartement dans immeuble du XVIII^e siècle à Besançon



Les principaux avantages et limites de la mise en œuvre d'une double fenêtre côté extérieur sont listés dans le tableau suivant (Tableau 2) :

| | Avantages | Inconvénients |
|----------------------------------|---|---|
| Impact architectural | <ul style="list-style-type: none"> – Pas de modifications à l'intérieur du logement. – Conservation des éléments caractéristiques de l'architecture intérieure, à savoir, les menuiseries, les mobiliers, décors, boiseries et serrureries associés. – L'ancienne fenêtre est protégée des intempéries. – Moyen de redessiner les façades sans modifier l'aspect intérieur. | <ul style="list-style-type: none"> – Intégration architecturale délicate, et réglementée (PLU), en particulier dans les secteurs protégés soumis à l'avis de l'ABF. – Vision simultanée des deux fenêtres avec leur composition identique ou différente. – Reflet des croisillons dans les doubles vitrages. – Implique souvent la disparition des occultations extérieures incompatibles avec l'emprise des nouvelles fenêtres. |
| Confort thermique d'hiver | <ul style="list-style-type: none"> – Amélioration notable des performances thermiques lorsqu'on doit ou souhaite conserver les anciennes menuiseries. – La nouvelle fenêtre peut compléter une isolation thermique par l'extérieur et permet de supprimer les ponts thermiques en tableau. – Possibilité de faire varier le facteur solaire de la baie par ouverture de la fenêtre intérieure quand le soleil donne sur la façade. | |
| Confort thermique d'été | | <ul style="list-style-type: none"> – Risque de surchauffe estivale en cas d'exposition forte au soleil : gestion des ouvertures des fenêtres et des protections solaires à prévoir. – Difficulté de créer ou de conserver une occultation extérieure en raison du manque de place en tableau. – Difficulté de placer une occultation entre les deux fenêtres en raison de leur proximité. |
| Ventilation | | <ul style="list-style-type: none"> – Difficulté du traitement de la ventilation en rapport avec la réglementation actuelle. – Ventilation entre la double fenêtre à prévoir : risque de condensation côté intérieur de la fenêtre extérieure induisant une dégradation des produits (menuiserie et éléments environnants : plâtre, enduits, gros œuvre...) et un désagrément pour l'utilisateur par embuage, en absence de ventilation. Une circulation d'air entre les deux fenêtres est à prévoir pour limiter les risques de condensation. |
| Confort acoustique | <ul style="list-style-type: none"> – Amélioration importante de l'isolement acoustique par rapport à l'extérieur. | <ul style="list-style-type: none"> – Risque de démasquage des bruits intérieurs lié à l'amélioration de la performance acoustique de la double fenêtre. Ceci est généralement vécu comme une dégradation du confort acoustique du logement. |



| | Avantages | Inconvénients |
|---------------------------------|---|---|
| Confort visuel | | <ul style="list-style-type: none"> – Confort visuel diminué par perte de clair de jour et de lumière par présence du double cadre et de la multiplication des vitrages. – Dormants des menuiseries élargis pour permettre l'ouverture des ouvrants vers l'intérieur. |
| Ergonomie, utilisation | | <ul style="list-style-type: none"> – En cas d'ouverture par l'extérieur, intégration architecturale et patrimoniale difficile, manipulation complexe, incompatibilité de fonctionnement avec volets extérieurs, et exposition maximum aux intempéries. – Problème de débattement de la fenêtre extérieure vers l'intérieur. – Problème de l'effet de l'impact des poignées sur les vitrages intérieurs. – Risque de diminution de l'ouverture de la fenêtre extérieure. |
| Facilité d'entretien | | <ul style="list-style-type: none"> – Double entretien (nettoyage et réparation) avec l'impact financier induit. – Exposition forte aux dégradations, en l'absence de retrait en tableau ou pose en applique. |
| Mise en œuvre | <ul style="list-style-type: none"> – Intervention sans conséquence dans le cas d'un site occupé. – Maintien du savoir-faire du menuisier sur la restauration d'une ancienne fenêtre. – Pas de travaux intérieurs complémentaires à prévoir. | <ul style="list-style-type: none"> – Échafaudage nécessaire et demande d'autorisation associée. – Appui de baie de la nouvelle fenêtre (rejingot) à créer. |
| Aspect économique | <ul style="list-style-type: none"> – Pas de travaux intérieurs à effectuer, peu de travaux annexes à prévoir. | |
| Impacts environnementaux | <ul style="list-style-type: none"> – Évite les manipulations <i>in situ</i> d'ouvrages anciens pouvant contenir de l'amiante ou du plomb et limite le traitement des déchets. – Conservation et recyclage de menuiseries durables (souvent en bon état, résistantes et réparables). – Dispositif réversible selon l'évolution des besoins. – Redynamisation du marché de la menuiserie spécialisée locale (fabrication et mise en œuvre adaptée). | <ul style="list-style-type: none"> – Solution imposant souvent la réfection de l'ensemble des fenêtres de la façade pour maintenir l'harmonie, indépendamment de la justification technique. |

▲ **Tableau 2** : Principaux avantages et limites de la mise en œuvre d'une double fenêtre côté extérieur

5.2. • Le diagnostic préalable

Remarque

Le diagnostic préalable doit conforter le choix de la mise en œuvre d'une double fenêtre en rénovation, en intégrant toutes les contraintes techniques, architecturales et économiques en rapport avec les besoins réels. Le coût global de l'opération (dont les travaux induits ou évités) et l'impact environnemental de la solution sont également à prendre en compte.

Avant d'intervenir sur les fenêtres existantes, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus globale sur la situation initiale du bâtiment et les améliorations envisageables, afin de bien identifier les problèmes liés à l'intervention envisagée.

L'objectif du diagnostic est d'identifier et d'aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique et acoustique les plus pertinentes.



Il est important d'étudier les solutions alternatives à la mise en œuvre d'une double fenêtre (restauration et amélioration des performances de la fenêtre ancienne, remplacement) en fonction du contexte et des problématiques à résoudre.

Le diagnostic préalable doit permettre d'identifier le contexte d'utilisation et la fonction de la fenêtre, les besoins des utilisateurs, de définir l'état de conservation de la fenêtre existante, et de lister l'ensemble des contraintes réglementaires, architecturales et techniques à prendre en compte lors de l'intervention sur une fenêtre existante.

Le diagnostic préalable peut être décliné en quatre étapes :

1. Identifier le contexte, la fonction et le besoin :

- Contexte climatique (région, altitude, bâti exposé, végétation...).
- Contexte urbain (dense...) et son incidence sur l'exposition au bruit et exposition climatique, protection vis-à-vis de l'effraction.
- Usage des locaux (bureaux, logement...), exposition des façades, pourcentage de plein et de vide, estimation de la contribution de la fenêtre sur les déperditions thermiques.
- Étage et exposition, estimation du besoin en éclairage.
- Pratiques des utilisateurs (ouverture fréquente, mode de rafraîchissement estival, gestion du chauffage et de la ventilation, utilisation des occultations intérieures ou extérieures...).
- Occupation des locaux, hiérarchiser les besoins en fonction des activités (chambre, bureau, dégagement, locaux techniques, cuisine...).



- Mode de chauffage, équipements de bureau ou appareil de cuisson susceptibles de produire des surchauffes (ordinateur, imprimante, four...), humidité intérieure (liée ou non à l'activité : chambre, cuisine, salle de bains...), système de ventilation (naturel, double flux, VMC simple...).

2. Identifier l'état de la fenêtre :

- Caractéristiques des fenêtres (type d'ouverture, matière, composition, organes d'ouverture et de rotation, équipements associés, en particulier, occultations et décors...).
- Sources d'inconfort : infiltration, effet de paroi froide, condensation, bruits extérieurs ou intérieurs, vibration..., surchauffes dues aux équipements.
- Défauts des fenêtres existantes : déformations, défaut d'étanchéité à l'eau ou à l'air, altération des châssis notamment de la traverse basse, perte de mastic, desquamation, mauvais fonctionnement des serrureries, défaut d'isolation thermique ou phonique, nature et état des calfeutrements.
- Mauvais fonctionnement ou absence d'occultations (volets pleins intérieurs, volets persiennes, jalousies...).
- Potentiel de réparation (notamment vis-à-vis de l'étanchéité à l'eau lorsque celle-ci reste exposée aux intempéries et doit assurer la fonction d'étanchéité à l'eau de la baie), coût, entretien, estimation de sa durée de vie.
- Présence potentielle de matériaux toxiques (plomb, amiante).

3. Identifier les contraintes architecturales, réglementaires et techniques :

- Protection patrimoniale.
- Époque de construction, caractéristiques de l'ensemble architectural.
- Règlement de copropriété.
- Impact de la fenêtre dans l'ensemble architectural.
- Contraintes techniques au regard des réglementations : ventilation intérieure, réglementation thermique, réglementation acoustique spécifique, accessibilité, traitement des déchets toxiques...
- Contraintes techniques liées aux tolérances des produits existants et matériaux : surpoids, remplacement de vitrages sur châssis anciens.
- Condition de réalisation du chantier : opération lourde globale, opération tiroir en site occupé, incidence sur les protections, les locaux et des personnes, incidence sur la pratique du chantier, coordination des interventions.



- Planification de travaux par la copropriété ou par d'autres propriétaires. Échelonnement, hiérarchisation des interventions envisagées...

4. Identifier et comparer les solutions :

- Évaluer l'apport réel du doublement de la fenêtre dans un projet de rénovation par rapport à une solution d'adaptation ou de remplacement de la fenêtre existante.
- Évaluer l'impact réel de ces solutions au regard des risques induits : la qualité de l'air intérieur, performances thermiques, performances acoustiques, performances hygrothermiques, performances lumineuses, risques de surchauffe estivale, impact esthétique et patrimonial, intérieur et extérieur, impact économique tous travaux compris, impact fonctionnel et foncier, perte de surface.
- Définir les travaux à réaliser : actions de réparation préalables nécessaires, choix de la fenêtre et de son mode de mise en œuvre, liste des travaux associés.

5.3. • Performances de la double fenêtre

Le choix de la nouvelle fenêtre et son mode de mise en œuvre doit prendre en compte les aspects suivants :

- performances thermo-optiques ;
- performances acoustiques ;
- performances Air, Eau et Vent ;
- gestion de la ventilation du logement ;
- gestion de l'hygrothermie entre les fenêtres.

5.3.1. • Performances thermo-optiques

A retenir

Trois indicateurs caractérisent les performances thermo-optiques des fenêtres :

U_w : coefficient de transmission thermique de la fenêtre qui caractérise la capacité de la fenêtre à « isoler » thermiquement. Plus cette valeur est basse, plus la fenêtre est isolante.

S_w : facteur solaire de la fenêtre : traduit la capacité à transmettre l'énergie solaire totale dans un local.

TI_w : facteur de transmission lumineuse de la fenêtre. Traduit sa capacité à transmettre la fraction du rayonnement solaire incident dans la partie visible du spectre solaire dans le local (laisser pénétrer la lumière naturelle).



5.3.1.1. • Coefficient de transmission thermique U_w

Bien que la réglementation thermique sur l'existant « élément par élément » ne s'applique pas lors de la mise en œuvre d'une double fenêtre en rénovation, elle fournit un cadre d'analyse qui permet de définir des préconisations.

L'amélioration du coefficient de transmission thermique de la baie obtenue par la mise en place d'une nouvelle fenêtre équipée de simple ou double vitrage, mise en œuvre côté intérieur ou côté extérieur de la fenêtre existante, est indiquée dans le tableau suivant pour quelques configurations (Tableau 3). La fenêtre existante est, dans tous les cas, une fenêtre en bois ou en acier équipée de simple vitrage. La nouvelle fenêtre est soit en bois, soit en PVC, soit en aluminium à rupture de pont thermique.

| Configuration | | Schéma | U_w en $W/m^2.K$ de l'ensemble |
|--|--|--------|----------------------------------|
| Ancienne fenêtre | Nouvelle fenêtre | | |
| Fenêtre en bois équipée de simple vitrage | | | ≈ 4,8 |
| Fenêtre en acier équipée de simple vitrage | | | ≈ 5,9 |
| Fenêtre en bois équipée de simple vitrage | Fenêtre en bois équipée de simple vitrage côté intérieur | | ≈ 2,2 |
| Fenêtre en acier équipée de simple vitrage | Fenêtre en bois équipée de simple vitrage côté intérieur | | ≈ 2,4 |
| Fenêtre en bois équipée de simple vitrage | Fenêtre équipée de double vitrage côté intérieur | | Entre 1,1 et 1,5 |
| Fenêtre en bois équipée de simple vitrage | Fenêtre équipée de double vitrage côté extérieur | | Entre 1,1 et 1,5 |



| Configuration | | Schéma | Uw en W/m².K de l'ensemble |
|------------------|---|--------|----------------------------|
| Ancienne fenêtre | Nouvelle fenêtre | | |
| Remplacement | Fenêtre équipée de double vitrage performante | | Entre 1,2 et 1,8 |

▲ **Tableau 3** : Coefficient de transmission thermique Uw de la fenêtre ou de la double fenêtre

La mise en œuvre d'une double fenêtre équipée de simple ou double vitrage améliore notablement les performances thermiques de la fenêtre initiale.

L'écartement entre les deux fenêtres n'a pas d'influence significative sur les performances thermiques de la double fenêtre.

Le coefficient de transmission thermique de la double fenêtre Uw peut être obtenu par calcul (RèglesTh-U RT 2005, Fascicule 3 : Parois vitrées).

Calcul du coefficient thermique Uw de la double fenêtre

$$U_w = \frac{1}{[(1/U_{w_1}) + (1/U_{w_2}) - 0.09 + R_s]}$$

Uw₁ : coefficient de transmission thermique estimé de l'ancienne fenêtre.

Uw₂ : coefficient de transmission thermique de la nouvelle fenêtre.

R_s : résistance thermique de la lame d'air, variable en fonction de l'épaisseur de la lame d'air.

Les valeurs de R_s correspondant à une lame d'air verticale sont données dans le tableau suivant (Tableau 4) :

| Épaisseur de la lame d'air e (mm) | Résistance de la lame d'air R _s (m².K/W) |
|-----------------------------------|---|
| 0 | 0,00 |
| 5 | 0,11 |
| 7 | 0,13 |
| 10 | 0,15 |
| 15 | 0,17 |
| 25 ≤ e ≤ 300 | 0,18 |

Nota : Les valeurs intermédiaires peuvent être obtenues par interpolation linéaire.

▲ **Tableau 4** : Résistance thermique des lames d'air non ventilées. Surfaces à forte émissivité

Pour une lame d'air d'épaisseur supérieure à 300 mm, prendre R_s = 0,18 m² K/W.



Les performances « thermiques » résultantes de la double fenêtre sont applicables aux fenêtres mises en œuvre sans circulation d'air entre les deux fenêtres. Les performances résultantes de la double fenêtre avec lame d'air ventilée seront moindres.



Remarque

En cas de rénovation lourde avec isolation des murs en partie courante par l'intérieur ou par l'extérieur, il est recommandé de choisir une nouvelle fenêtre équipée de double vitrage pour améliorer la thermique de la fenêtre, afin de rendre homogènes les performances thermiques globales de l'enveloppe.

5.3.1.2. • Facteur solaire et facteur de transmission lumineux

La mise en œuvre de double fenêtre diminue le facteur solaire et le facteur de transmission lumineux de la fenêtre, de part la multiplication des vitrages, et la présence du double cadre.

Cette diminution sera d'autant plus importante si l'on rajoute une fenêtre équipée de double vitrage à une fenêtre à simple vitrage.

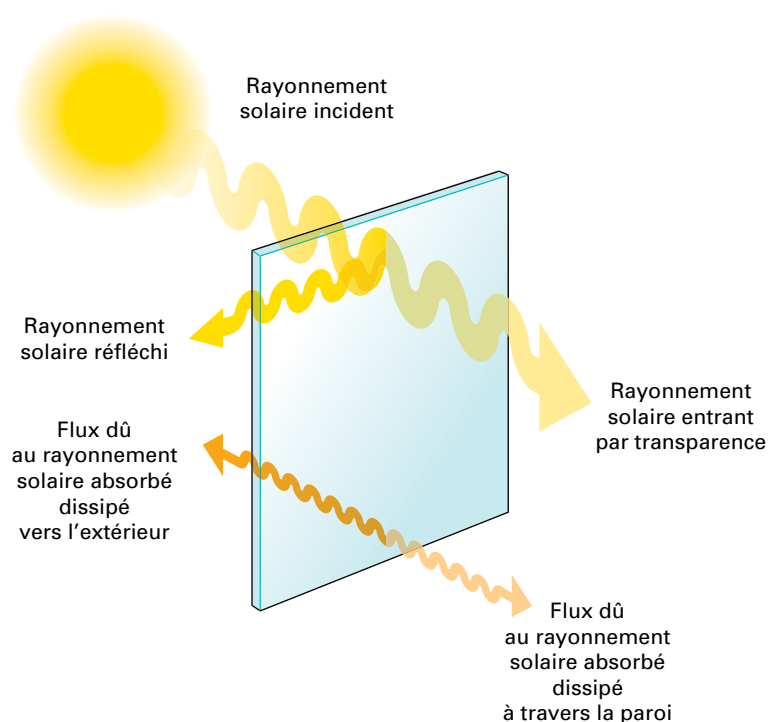
a) Facteur solaire

A retenir

C'est la part de l'énergie solaire qui entre à l'intérieur d'un bâtiment par rapport à l'énergie totale reçue par le bâtiment. C'est un nombre sans unité compris entre 0 et 1.

Un composant avec un facteur solaire élevé (0,7) permet de bénéficier des apports solaires en hiver, mais il y a risque de surchauffe en été. *A contrario*, un composant avec facteur solaire bas (0,2) permettra de limiter les risques de surchauffe, mais ne permettra pas de bénéficier des apports solaires durant l'hiver.

L'idéal est de recourir à des baies avec un facteur solaire variable, solution possible avec une protection solaire extérieure : fermeture (volet roulant) ou store.



▲ Figure 11 : Répartition de l'énergie du rayonnement solaire d'un vitrage

En hiver, afin d'optimiser l'apport de chaleur, il est recommandé de choisir des vitrages ayant un facteur solaire d'hiver (Sw hiver) élevé.

En été, il est préconisé de conserver ou de mettre en œuvre des protections extérieures mobiles (stores ou volets) pour éviter les surchauffes à l'intérieur du bâtiment.

→ **Les protections extérieures mobiles sont recommandées en façade ouest et sud pour limiter les surchauffes estivales.**



La mise en œuvre d'occultations extérieures n'est pas toujours possible dans le cas de double fenêtre posée côté extérieur. Dans certains cas, la mise en œuvre de la double fenêtre nécessite le retrait des occultations existantes.

b) Facteur de transmission lumineux

A retenir

Compris entre 0 et 1. Plus sa valeur est proche de 1, plus la quantité de lumière naturelle entrant dans la pièce est importante.

Il est fonction du coefficient de transmission de lumière du vitrage et du « rapport surface de vitrage/surface de la baie exprimé en pourcentage ».

Afin d'optimiser l'éclairage naturel, il est recommandé de choisir des vitrages ayant un facteur de transmission lumineuse élevé (Tlg).

L'entretien régulier des vitrages est à préconiser afin de ne pas diminuer l'apport de lumière à l'intérieur du logement.

Remarque

La mise en œuvre d'une double fenêtre en simple ou double vitrage diminue les facteurs solaires et lumineux de la baie.

Nota : En été, la diminution de facteur solaire permet de limiter les surchauffes.

Le calcul thermique de la fenêtre prend en compte :

- les performances d'isolation (Uw) ;
- les apports solaires gratuits (Sw) ;
- et l'éclairage naturel (Tlw).

Nota : L'avis d'un professionnel est nécessaire pour choisir le produit le plus adapté en termes de performances thermiques.



5.3.2. • Performance acoustique

L'isolement de façade préconisé (minimum $D_{nT, A, tr} = 30$ dB) est fonction du niveau de bruit extérieur. Il est évalué pour obtenir un niveau de bruit de fond intérieur autour de 30 dB. Le choix d'une fenêtre est donc à faire suivant le niveau de bruit extérieur et de l'orientation de la façade. Si l'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs est trop fort, les bruits intérieurs (voisins, équipements, etc.) deviennent prédominants, engendrant un risque d'inconfort.

La mise en œuvre de double fenêtre permet d'améliorer de façon très significative l'isolement acoustique de la façade vis-à-vis des bruits extérieurs. En effet, c'est une solution technique pour dépasser, de façon simple et réaliste, un indice d'affaiblissement acoustique ($R_{A, tr}$) de la double fenêtre de 40 dB.

Les gains acoustiques apportés par ce type de technique peuvent être très significatifs (par exemple plus de 20 dB de gain), le bruit aérien venant de l'extérieur devenant alors une nuisance négligeable.

Par contre, dans un contexte d'habitat collectif ou de maison mitoyenne, cela peut faire émerger de façon extrêmement désagréable les bruits venant des appartements voisins.



Dans un contexte d'habitat collectif ou de maison mitoyenne, il faut être vigilant sur le choix de la nouvelle fenêtre. L'augmentation de l'isolement acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs résultant par la mise en œuvre de la double fenêtre risque de faire émerger de façon très désagréable les bruits des appartements voisins par rapport au site d'exposition du bâtiment. L'entreprise chargée de la prescription doit impérativement sensibiliser son client sur ce phénomène.

Les performances acoustiques d'une ancienne fenêtre à frappe simple vitrage du début du XX^e siècle sont de l'ordre de :

- 21 dB sans réfection des joints (état initial) ;
- 27 dB avec réfection des joints (état restauré).

Les performances acoustiques résultantes de la double fenêtre peuvent être calculées à partir des tableaux ci-après, selon que l'on restaure ou pas les joints de la fenêtre existante.

Nota : Le positionnement de la nouvelle fenêtre côté intérieur ou côté extérieur n'a pas d'effet significatif sur les performances acoustiques de la double fenêtre.



| Performance de la fenêtre existante ($R_{A, tr}$) | ≈ 21 dB ⁽¹⁾ | | ≈ 27 dB ⁽²⁾ | | |
|--|---|---|--|--|--|
| Type de la nouvelle fenêtre | Simple vitrage sans ou avec entrée d'air | Double vitrage sans ou avec entrée d'air | Simple vitrage sans ou avec entrée d'air | Double vitrage | |
| | | | | sans entrée d'air | avec entrée d'air |
| Performance de la nouvelle fenêtre ($R_{A, tr}$ Nouvelle Fenêtre) | entre 23 et 30 dB | entre 25 et 36 dB | entre 23 et 30 dB | entre 27 et 36 dB | entre 25 et 34 dB |
| Performance résultante de la double fenêtre ($R_{A, tr}$ Double Fenêtre) avec un écartement entre les deux fenêtres de 100 mm | $R_{A, tr}$ Nouvelle Fenêtre + 4 dB Soit entre 27 et 34 dB | $R_{A, tr}$ Nouvelle Fenêtre + 6 dB Soit entre 31 et 42 dB | $R_{A, tr}$ Nouvelle Fenêtre + 12 dB Soit entre 35 et 42 dB | $R_{A, tr}$ Nouvelle Fenêtre + 13 dB Soit entre 40 et 49 dB | $R_{A, tr}$ Nouvelle Fenêtre + 14 dB Soit entre 39 et 48 dB |
| Augmentation de la performance suivant l'écartement entre les deux fenêtres | + 2 dB par pas de 50 mm | | | | |
| 1. Fenêtre existante simple vitrage sans réfection des joints. 2. Fenêtre existante simple vitrage avec réfection des joints. | | | | | |

▲ **Tableau 5 :** Performances acoustiques de la double fenêtre en fonction du type et de la performance de la nouvelle fenêtre et de l'écartement entre les deux fenêtres ($R_{A, tr}$ Double Fenêtre), cas des fenêtres à frappe

| Configuration | | Schéma | Performances acoustiques $R_{A, tr}$ en dB |
|--|--|--------|--|
| Ancienne fenêtre | Nouvelle fenêtre | | |
| Simple vitrage en bois sans réfection des joints | | | ≈ 21 dB |
| Simple vitrage en bois avec réfection des joints | | | ≈ 27 dB |
| Simple vitrage en bois sans réfection des joints | Simple vitrage avec ou sans entrée d'air ⁽¹⁾ , écartement entre 100 et 150 mm | | Entre 29 et 33 dB |
| Simple vitrage en bois sans réfection des joints | Double vitrage 4/16/4 avec ou sans entrée d'air ⁽²⁾ , écartement à 100 mm | | Entre 31 et 33 dB |
| Simple vitrage en bois sans réfection des joints | Simple vitrage avec ou sans entrée d'air ⁽¹⁾ , écartement entre 200 et 250 mm | | Entre 33 et 37 dB |



| Configuration | | Schéma | Performances acoustiques $R_{A, tr}$ en dB |
|--|---|--------|--|
| Ancienne fenêtre | Nouvelle fenêtre | | |
| Simple vitrage en bois sans réfection des joints | Double vitrage 4/16/4 avec ou sans entrée d'air ⁽²⁾ , écartement à 150 mm | | Entre 33 et 35 dB |
| Simple vitrage en bois sans réfection des joints | Double vitrage 4/12/10 avec ou sans entrée d'air ⁽³⁾ , écartement à 100 mm | | Entre 33 et 38 dB |
| Simple vitrage en bois avec réfection des joints | double vitrage 4/16/4 avec entrée d'air ⁽⁴⁾ , écartement à 100 mm | | Entre 39 et 40 dB |

1. Performance entre 25 et 27 dB.
2. Performance entre 25 et 27 dB.
3. Performance entre 27 et 32 dB.
4. Performance entre 25 et 26 dB.

▲ **Tableau 6 :** Exemples de solutions acoustiques avec des doubles fenêtres, cas des fenêtres à frappe



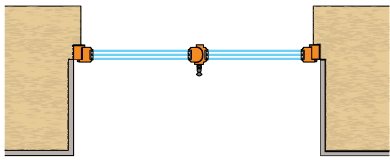
Toute augmentation de l'écartement entre les deux fenêtres augmentera la performance acoustique de la double fenêtre.

Dans le cas d'ancienne fenêtre à simple vitrage dont les joints ont été restaurés (performance environ 27 dB), l'association d'une nouvelle fenêtre implique une performance acoustique minimale de 35 dB ($R_{A, tr}$ Double Fenêtre).

À titre indicatif, les performances acoustiques obtenues en cas de remplacement de l'ancienne fenêtre par une nouvelle fenêtre à frappe sont indiquées dans le tableau suivant :

| Configuration | | Schéma | Performances acoustiques en $R_{A, tr}$ en dB |
|------------------|---|--------|---|
| Ancienne fenêtre | Nouvelle fenêtre | | |
| Déposée | Fenêtre à frappe double vitrage sans entrée d'air 4/16/4 | | Entre 28 et 29 dB |
| Déposée | Fenêtre à frappe double vitrage sans entrée d'air 10/10/4, 8/12/4 | | ≈ 33 dB |



| Configuration | | Schéma | Performances acoustiques en $R_{A, tr}$ en dB |
|------------------|---|--|---|
| Ancienne fenêtre | Nouvelle fenêtre | | |
| Déposée | Fenêtre à frappe triple vitrage sans entrée d'air 6/10/4/10/4 |  | ≈ 33 dB |

▲ **Tableau 7** : Exemples de performances acoustiques après remplacement de la fenêtre, cas des fenêtres à frappe

Remarque

Dans un contexte d'habitat collectif ou de maison mitoyenne, il peut être préférable de limiter la performance de la double fenêtre afin de ne pas faire émerger les bruits de voisinage :

- en limitant l'écartement entre les deux fenêtres ;
- en limitant la performance acoustique de la nouvelle fenêtre par le choix du vitrage et la présence d'une entrée d'air ;
- en laissant l'ancienne fenêtre avec ses fuites acoustiques (pas de réfection des joints) ou en y ajoutant une entrée d'air (si réfection des joints).

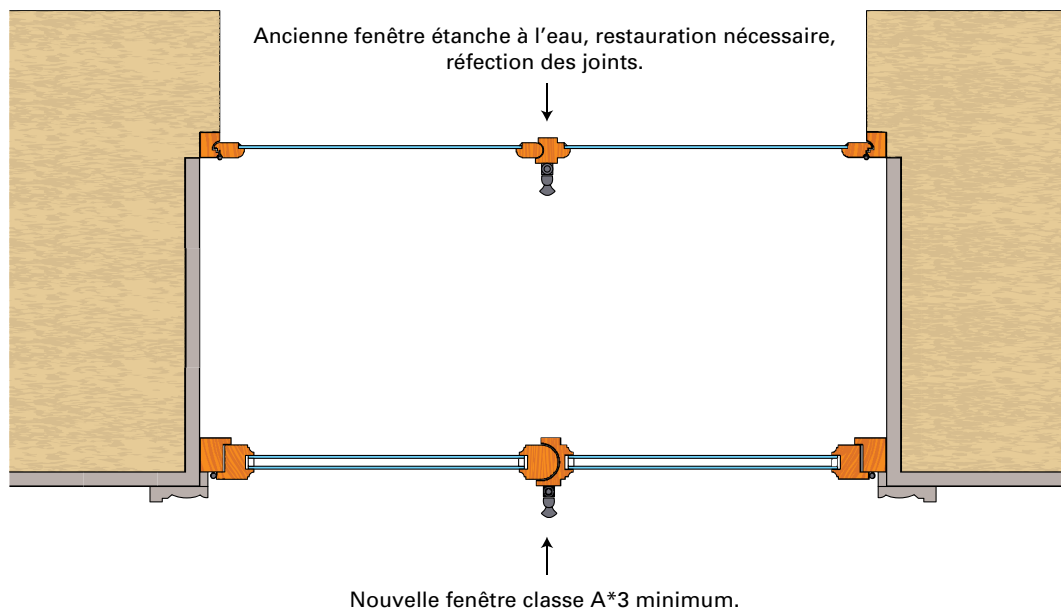
5.3.3. • Performances A*E*V* (Air, Eau, Vent) de la nouvelle fenêtre

Lors de la mise en œuvre de double fenêtre, le choix des performances de la nouvelle fenêtre se fait en fonction de son positionnement dans la baie (côté intérieur ou côté extérieur).

5.3.3.1. • Cas de la nouvelle fenêtre mise en œuvre côté intérieur

L'étanchéité à l'eau doit être assurée par la fenêtre existante côté extérieur. Il est indispensable de vérifier que l'ancienne fenêtre assure bien cette fonction, et que son état de conservation permet une restauration garantissant l'étanchéité à l'eau de la fenêtre.

La nouvelle fenêtre mise en œuvre côté intérieur devra assurer l'étanchéité à l'air de la paroi et sera de classe A*3 minimum, et conforme au NF DTU 36.5 P3 concernant l'étanchéité à l'air. La nouvelle fenêtre n'est pas assujettie à la déformation sous charge au vent ni aux exigences d'étanchéité à l'eau.



▲ Figure 12 : Nouvelle fenêtre mise en œuvre côté intérieur



Dans cette configuration, en cas de dépose ultérieure de l'ancienne fenêtre, il faudra vérifier que la nouvelle fenêtre permet d'assurer les fonctions d'étanchéité à l'air, à l'eau et de déformation sous charge de vent, ainsi que la durabilité que l'on attend d'une fenêtre extérieure.

5.3.3.2. • Cas de la nouvelle fenêtre mise en œuvre côté extérieur

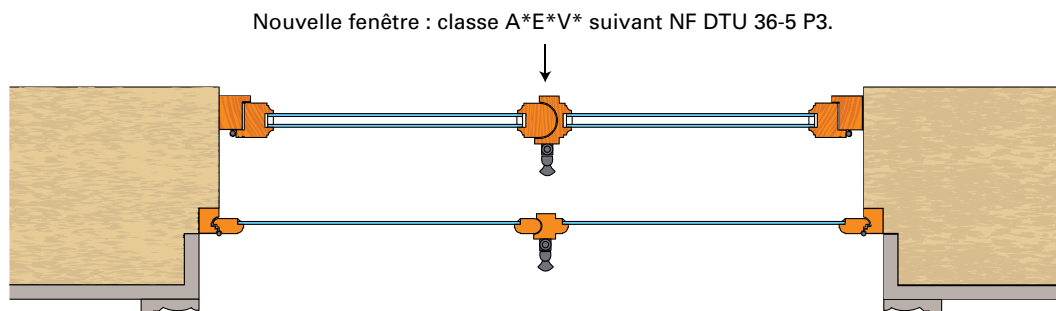
Lorsque la nouvelle fenêtre est mise en œuvre côté extérieur, elle doit assurer les fonctions d'étanchéité à l'air, à l'eau et de résistance au vent de la même façon que si elle était posée seule, tel que défini dans le NF DTU 36.5 P3 de 2010.

Dans ce cas, le choix des performances A*E*V* de la nouvelle fenêtre se fait en fonction de :

- la région climatique ;
- les caractéristiques du terrain où se trouve la construction ;
- la hauteur totale de la construction.

Le document NF DTU 36.5 P3 de 2010 établit un classement en fonction de trois critères de résistance aux sollicitations climatiques A*E*V* : perméabilité à l'air (A*), étanchéité à l'eau (E*) et résistance au vent (V*). (Voir en annexe le tableau de choix des fenêtres en fonction de l'exposition). En plus des performances A*E*V*, une classification à partir de trois critères de résistances aux différentes sollicitations mécaniques est aussi établie, il y a lieu de le prendre en considération lors du choix de la fenêtre.

La mise en œuvre d'une nouvelle fenêtre côté extérieur nécessite la reconstitution d'un rejingot pour assurer la durabilité de l'étanchéité à l'eau de la fenêtre.



▲ Figure 13 : Nouvelle fenêtre mise en œuvre côté extérieur



Il est nécessaire dans ce cas de vérifier que le mur existant est étanche à la pluie battante afin qu'il n'y ait pas de transfert d'humidité par le mur pouvant entraîner des pathologies et notamment des condensations entre les deux fenêtres.

5.3.4. • Gestion de la ventilation du bâtiment

Une réhabilitation avec un changement des fenêtres et/ou une isolation des parois modifie l'étanchéité à l'air du bâtiment. Il faut donc reconsidérer la ventilation des bâtiments en cas de mise en place d'une double fenêtre et dans tous les cas veiller à ne pas dégrader le confort hygrothermique intérieur. Le renforcement de l'étanchéité à l'air de la paroi par la mise en œuvre d'une nouvelle fenêtre pourrait provoquer des pathologies liées à la présence d'humidité dans le bâtiment.

Lors d'un changement de fenêtre ou la mise en œuvre d'une double fenêtre, il est nécessaire d'assurer la cohérence du choix de la ventilation avec les principes et systèmes de ventilation existants.

Il est primordial de ne pas dégrader la situation existante. Lorsque des entrées d'air existent sur la fenêtre existante, il sera *a minima* nécessaire de prévoir des entrées d'air au niveau de la nouvelle fenêtre ou au niveau de la paroi du bâtiment.

Il est nécessaire de se référer aux exigences réglementaires en vigueur en fonction de l'usage du bâtiment (résidentiel, tertiaire...) :

- dans le résidentiel, ces exigences sont fonction de l'année de construction du bâtiment (Tableau 8) ;
- dans le non-résidentiel, il faut respecter les exigences du règlement sanitaire départemental.



| Date | Description | Principe |
|-------------------|---|--|
| Avant 1937 | La ventilation s'effectue par les conduits de cheminée, les défauts d'étanchéité et l'ouverture des ouvrants. | Ventilation aléatoire |
| 1937 | Le Règlement sanitaire de la ville de Paris fixe les conditions minimales de ventilation. | Ventilation permanente pièce par pièce |
| 1958 | L'arrêté du 14 novembre 1958 généralise le principe de la ventilation permanente pièce par pièce. | |
| 1969 | L'arrêté du 22 octobre 1969 fixe de nouvelles dispositions pour une ventilation générale et permanente. | Ventilation générale et permanente |
| 1982 | L'arrêté du 24 mars 1982 modifié fixe les débits extraits et permet un débit minimum en cuisine. La ventilation concerne l'ensemble du logement et s'effectue des pièces principales vers les pièces de service, elle est permanente et ne peut pas être arrêtée ⁽¹⁾ | Ventilation générale et permanente + modulation du débit en cuisine |
| 1983 | L'arrêté du 28 octobre 1983 introduit la possibilité de modulation automatique du débit extrait, par exemple en fonction de l'humidité, sous réserve d'une autorisation ministérielle. | Ventilation générale et permanente + modulation du débit en cuisine + modulation automatique |

1. Des restrictions quant à l'utilisation d'une ventilation générale et permanente sont définies dans l'arrêté du 24 mars 1982 modifié.

▲ **Tableau 8** : Historique des textes réglementaires relatifs à la ventilation

En présence de ventilation double flux, celle-ci assure la ventilation du bâtiment et il n'y a pas lieu de créer d'entrées d'air sur la paroi ou la fenêtre.

En cas de ventilation simple flux (VMC, extraction naturelle...), des entrées d'air sont à prévoir au niveau de l'enveloppe du bâtiment (mur ou fenêtres).

Si les entrées d'air sont installées sur les deux fenêtres, la circulation d'air dans la lame d'air entre les deux fenêtres peut être perturbée.

Il est préférable de placer les entrées d'air dans les parois opaques. C'est le moyen le plus efficace pour assurer le débit d'air souhaité pour la ventilation du bâtiment.

Cependant, il faut s'assurer que ces travaux peuvent être réalisés car il peut être difficile de mettre en place des entrées d'air dans les murs en fonction de l'architecture du bâtiment et de la nature du mur existant, en particulier le traitement de l'entrée d'air côté extérieur.

De plus, la mise en place de ces entrées d'air sur les parois implique de faire appel à un corps d'état supplémentaire.

Lorsque la réalisation d'entrées d'air sur les parois n'est pas possible, les entrées d'air devront être mises en œuvre sur les fenêtres ou au travers du coffre de volet roulant.

Dans tous les cas, ces entrées d'air seront dimensionnées afin de respecter les réglementations en vigueur et être en cohérence avec le système de ventilation envisagé. Un surdimensionnement de ces entrées d'air peut être un moyen pour parvenir au débit de ventilation souhaité.

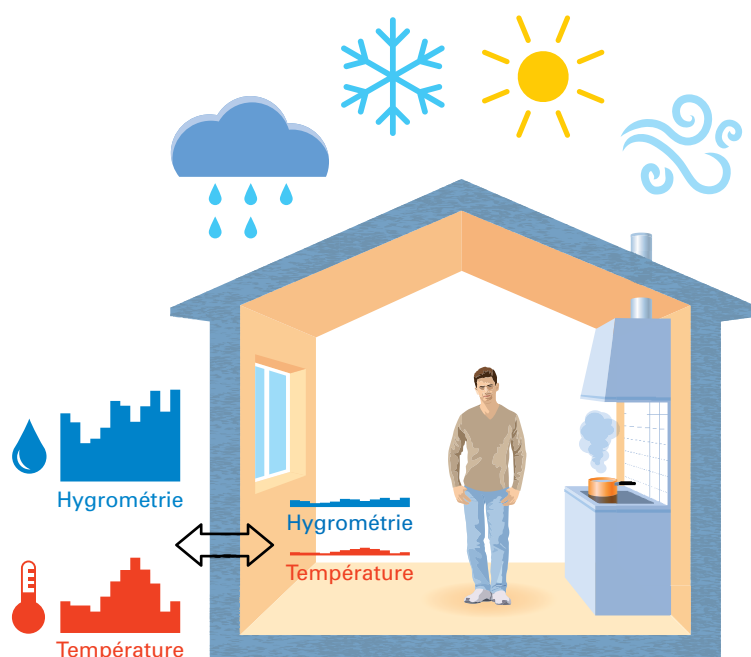
5.3.5. • Gestion de l'hygrothermie entre les fenêtres, phénomènes de condensation

Humidité dans les bâtiments

Les parois de bâtiment sont soumises à différentes sollicitations extérieures et intérieures.

Ces sollicitations peuvent être :

- mécaniques (vent, tremblement de terre...);
- thermiques (ensoleillement, froid, gel...);
- et (ou) hydriques (vapeur d'eau, eau de pluie, remontée capillaire...).



▲ Figure 14 : Transferts hygrothermiques dans les bâtiments

Dans nos climats, la température extérieure varie entre des températures négatives et des températures pouvant atteindre jusqu'à une quarantaine de degrés. L'humidité relative, dans cet intervalle de température, varie de quelques pour-cent à 100 % (limite de gouttelette d'eau en suspension, brouillard).

La partie intérieure est beaucoup plus stable. En hiver, la température intérieure se situe autour de 20 °C. (La température réglementaire de la RT 2012 est de 19 °C). En été, cette température ne devrait dépasser 27 °C qu'occasionnellement. Dans le même temps l'humidité relative intérieure est conditionnée par la teneur en eau de l'air extérieur, par la production de vapeur intérieure (production humaine, production lors de préparations culinaires, les douches, l'apport d'eau sous quelque forme que ce soit), par la ventilation. Dans les salles de bains l'humidité relative peut être de 100 % lors, ou à la suite, d'une douche ou d'un bain.

Avec ces différences d'humidité et de température, de part et d'autre de la paroi, des échanges de vapeur d'eau se produisent à travers les parois.

Les matériaux constituant les parois de bâtiment absorbent plus ou moins d'eau sous forme liquide ou vapeur suivant la nature des produits.

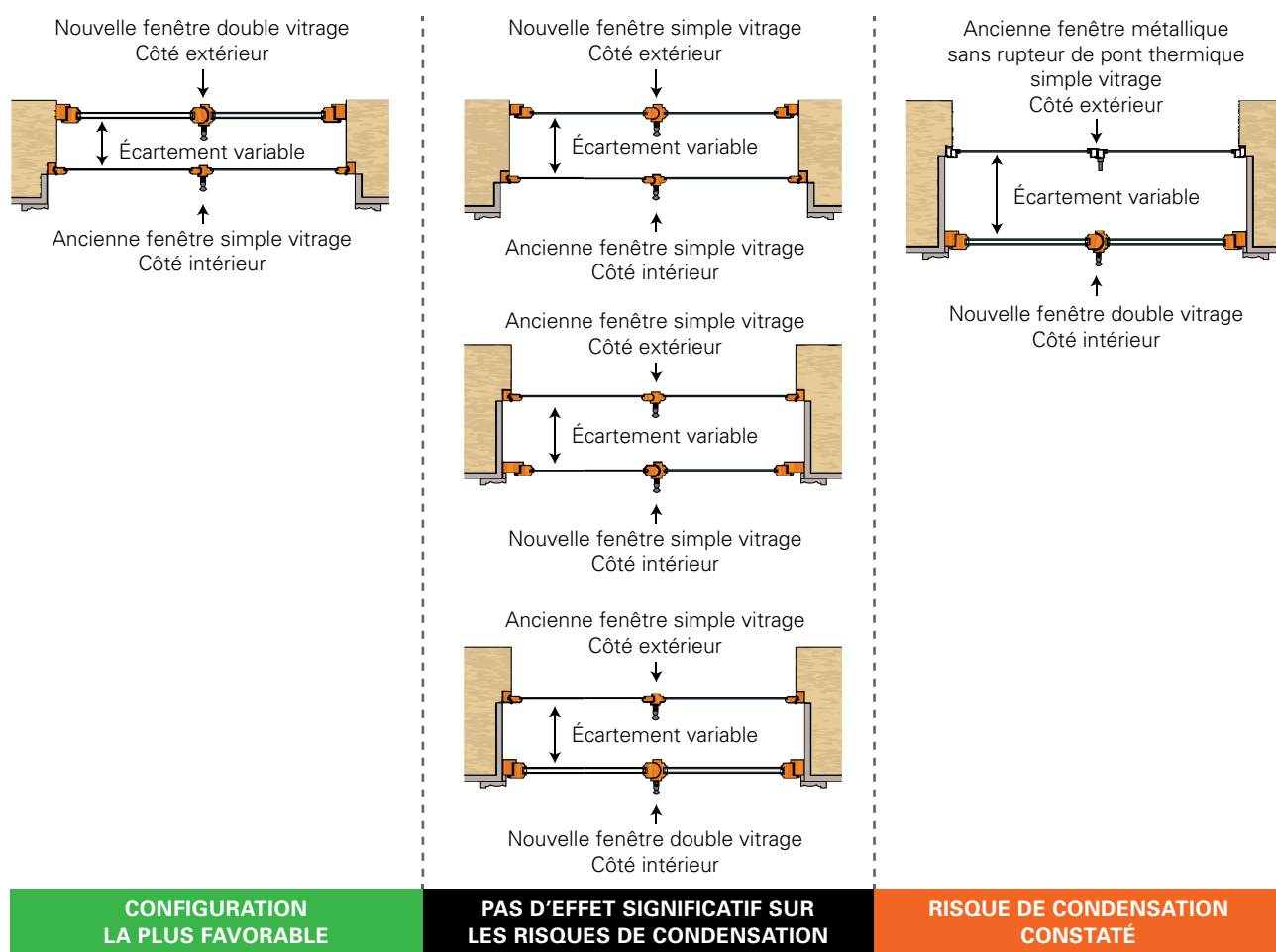
Cette absorption d'eau entraîne des modifications des caractéristiques (diminution des caractéristiques mécaniques ou thermiques) et peut provoquer des développements fongiques dans des matériaux, notamment végétaux.

La constitution des parois et leurs agencements dans la paroi doivent être étudiés pour limiter ces dégradations.



Avant la création d'une double fenêtre, il faut s'assurer que les murs supports de la double fenêtre ne présentent pas de remontée capillaire et sont protégés de la pluie battante. En effet, ces deux événements peuvent entraîner des accumulations d'eau dans l'espace entre les deux fenêtres et ainsi augmenter la teneur en eau et l'humidité relative dans la lame d'air. Ce phénomène peut entraîner des condensations sur tout ou partie des fenêtres et créer des développements fongiques.

Les phénomènes uniquement liés aux transferts de vapeur d'eau à travers une double fenêtre entraînent des risques de condensation sur la fenêtre extérieure. Par la suite des pathologies peuvent apparaître (embuage des fenêtres, pourrissement prématuré des boiseries...). Des conditions de mise en œuvre des doubles fenêtres permettent de limiter ces risques. La figure suivante (Figure 15) illustre l'évolution des risques de condensation en fonction des conditions de mise en œuvre des doubles fenêtres.



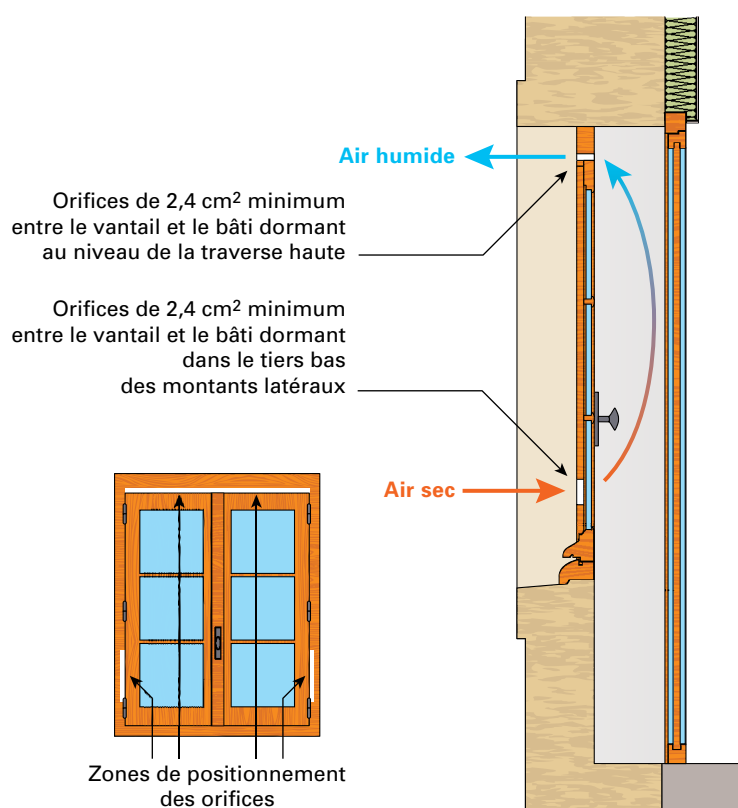
▲ Figure 15 : Synthèse des risques de condensations lors de la mise en œuvre de double fenêtre, avec une ancienne fenêtre en simple vitrage



Dans le cas de double fenêtre, une fenêtre métallique sans rupture de pont thermique en simple vitrage mise en œuvre côté extérieur peut entraîner des phénomènes de condensation.

Afin de limiter les phénomènes de condensation pour les cas de doubles fenêtres, il est recommandé de créer une circulation d'air dans l'espace entre les deux fenêtres, soit par l'intérieur, soit par l'extérieur, afin de réduire l'humidité excessive entre les deux fenêtres et limiter le risque de condensation sur la fenêtre extérieure.

Les anciennes fenêtres doivent être pourvues d'orifices en partie basse et en partie haute, afin de provoquer une circulation d'air entre les deux fenêtres.



▲ Figure 16 : Création d'orifices sur la fenêtre existante pour provoquer une circulation d'air et limiter les phénomènes de condensation, cas d'une nouvelle fenêtre mise en œuvre côté intérieur

Des orifices de 2,4 cm² minimum, situés en parties haute et basse, sont à même de créer un renouvellement d'air d'un volume/heure de l'espace entre les deux fenêtres. Ce renouvellement d'air est suffisant pour permettre un équilibre de pression de vapeur d'eau entre cet espace et l'ambiance extérieure ou intérieure.

Ces orifices en parties haute et basse de l'ancienne fenêtre peuvent être créés :

- en partie haute, en supprimant en partie la garniture d'étanchéité entre le vantail et le bâti dormant en traverse haute ;
- en partie basse, en supprimant en partie la garniture d'étanchéité entre le vantail et le bâti dormant sur le tiers bas des montants latéraux.



Nota : Pour les anciennes fenêtres en bois, il est aussi possible de créer les orifices en partie basse au niveau de la traverse basse d'ouvrant, de la pièce d'appui (traverse basse) ou de la partie basse des montants latéraux. Ces perçages devront présenter une pente minimale de 10° entre l'extérieur et l'intérieur afin d'empêcher l'eau de migrer vers l'intérieur ou être protégés par des pare-tempêtes, par exemple.

Afin de limiter les phénomènes de condensation entre les deux fenêtres, une circulation d'air doit être créée dans l'espace entre les deux fenêtres.

La création d'orifices en parties haute et basse de l'ancienne fenêtre en supprimant en partie la garniture d'étanchéité entre le vantail et le bâti dormant sur une surface minimale de 2,4 cm² répond à cette exigence.



La création de ces orifices doit permettre de conserver l'étanchéité à l'eau de la fenêtre existante lorsqu'elle est positionnée côté extérieur.

Nota : La création de ces orifices implique une diminution de la résistance de la lame d'air située entre les deux fenêtres de l'ordre de 0,07 m².K/W

– soit pour une double fenêtre de performance thermique $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ une augmentation du U_w de l'ordre de 0,1 ;

– soit pour une double fenêtre de performance thermique $U_w = 2,2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ une augmentation du U_w de l'ordre de 0,4.



Principes de mise en œuvre

6



6.1. • Restauration de l'ancienne fenêtre

La restauration de l'ancienne fenêtre dépend de son état initial. D'une façon générale, lors de la mise en œuvre d'une double fenêtre, elle est réalisée sans dépose de l'ancienne fenêtre qui est habituellement fixée par scellement. Néanmoins, la dépose de l'ancienne fenêtre peut s'avérer nécessaire et sera décidée en fonction du diagnostic préalable.



Pour tous les travaux de restauration, il conviendra d'être particulièrement vigilant au traitement des matériaux toxiques (plomb, amiante) lors des travaux, et à la gestion des déchets (plomb souvent présent sur les pièces métalliques).

Dans le cas de mise en œuvre de la nouvelle fenêtre côté intérieur, il faudra être particulièrement vigilant à la restauration de l'ancienne fenêtre et à sa capacité à assurer l'étanchéité à l'eau de la baie.

6.1.1. • Restauration des cadres dormants

Cas sans dépose :

- protection des abords ;
- dépose en conservation de la quincaillerie, selon nécessité, solution à éviter si possible ;
- décapage ;
- réparation ou remplacement, en particulier sur la pièce d'appui : remplacement des bavettes métalliques, passivations des



fixations métalliques, réparation sur rejingot et trous de drainage, rebouchage, masticage, ponçage ;

- reprise des calfeutrements, pose de profilés d'étanchéité collés ou en rainure (rainurage sur place au moyen d'outils portatifs) ;
- remise en peinture, repose de la quincaillerie.

Cas avec dépose :

- protection des abords ;
- dépose en conservation de la quincaillerie, et des ouvrages connexes (lambris, plinthe, chambranle, garde-corps) ;
- dépose du cadre, et enlèvement avec précaution ;
- décapage ;
- réparation ou remplacement, en particulier sur la pièce d'appui : remplacement des bavettes métalliques, réparation sur rejingot (jet d'eau rapporté, colle-fausse languette) et trous de drainage, rebouchage, masticage, ponçage ;
- passivations des fixations métalliques ;
- préparation du fond de feuillure, reprise des calfeutrements, pose de joints en rainure ;
- repose des ouvrages connexes (lambris, plinthe, chambranle, garde-corps...) ;
- repose du dormant et de la quincaillerie décapée passivée ;
- remise en peinture.

6.1.2. • Restauration des vantaux

- dépose de la quincaillerie et des garnitures d'étanchéité éventuelles entre ouvrant et dormant ;
- dépose éventuelle des vitrages le cas échéant ;
- décapage partiel ;
- mise sous presse si déformation, pose d'équerres d'angle entaillées selon nécessité ;
- restauration ou remplacement du jet d'eau (jet d'eau rapporté, colle fausse languette) ;
- masticage et ponçage ;
- remise en peinture ;
- équipement éventuel de vitrages épais fixés par mastic, ou de doubles vitrages posés par parclose en applique extérieure ;
- réfection des garnitures d'étanchéité entre ouvrant et dormant ;
- repose.

Nota : La restauration de la fenêtre existante doit intégrer la création d'orifices de 2,4 cm² minimum en partie basse et en partie haute afin de limiter les phénomènes de condensation.



6.1.3. • Restauration des fermetures

- dépose de la quincaillerie ;
- décapage partiel ;
- mise sous presse si déformation, pose d'équerres d'angle entaillées selon nécessité ;
- restauration ou remplacement partiel des parties altérées ;
- masticage et ponçage ;
- remise en peinture ;
- repose.

6.2. • Vérification des dimensions de la baie et de l'état du support

Au préalable à la mise en œuvre de la nouvelle fenêtre, l'installateur doit s'assurer que la fenêtre s'inscrit dans la baie maçonnée dans laquelle elle va être posée et que le support présente les caractéristiques nécessaires pour effectuer le réglage de la fenêtre et mettre en place le calfeutrement.



Cette étape est primordiale et conditionne la qualité de la mise en œuvre de la fenêtre.

6.3. • Ergonomie, utilisation et contraintes de mise en œuvre

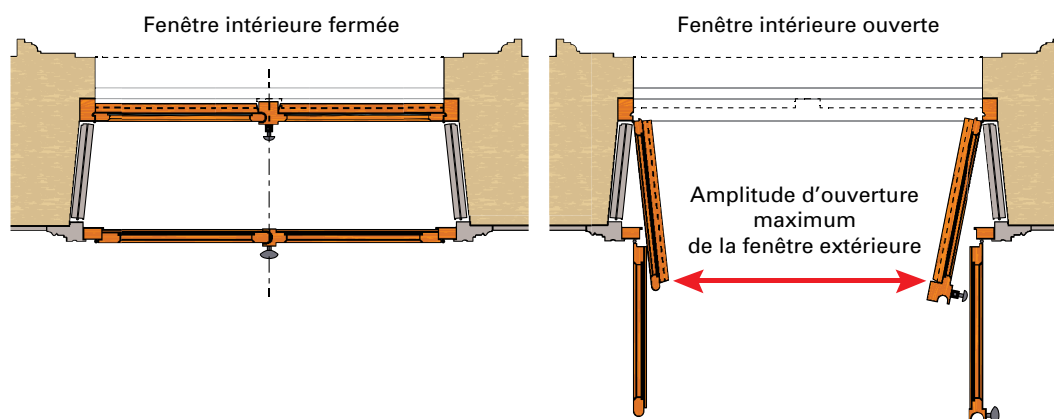
6.3.1. • Mise en œuvre de la nouvelle fenêtre côté intérieur

La mise en œuvre d'une nouvelle fenêtre positionnée en tunnel ou en applique intérieure induit les contraintes suivantes à prendre en compte :

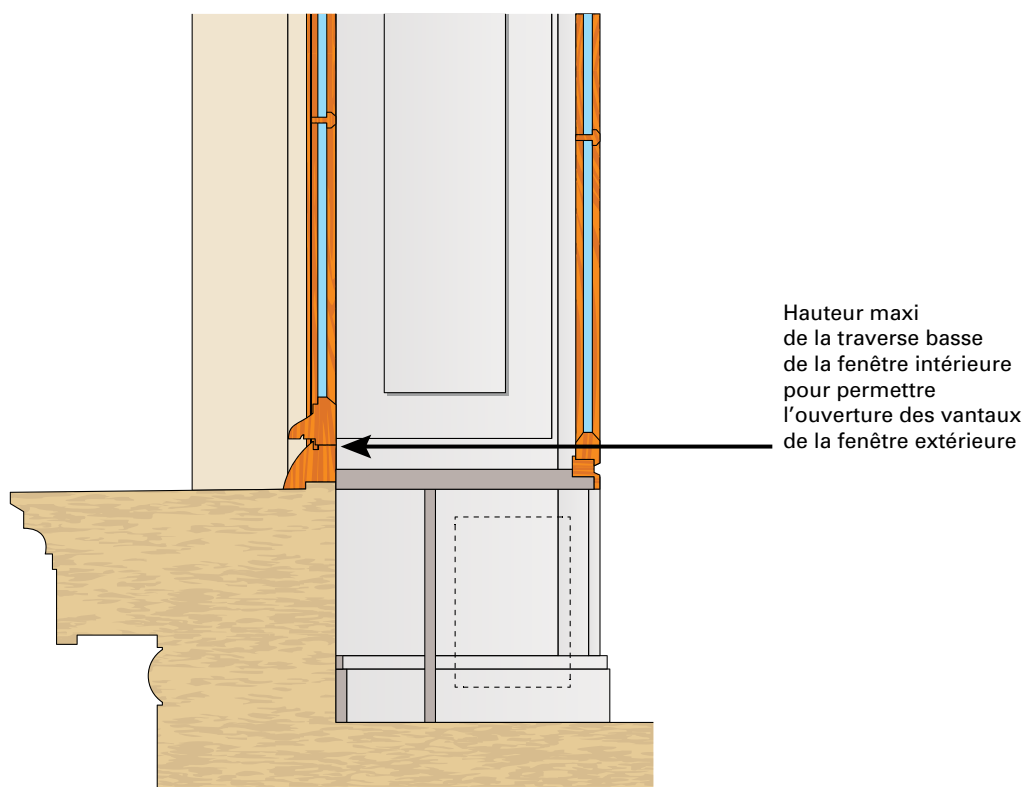
- l'épaisseur du tableau de baie côté intérieur doit permettre la mise en place de la nouvelle fenêtre en disposant d'un écartement entre les deux fenêtres suffisant pour éviter l'impact des poignées de l'ancienne fenêtre sur les vitrages extérieurs de la nouvelle fenêtre ;
- afin de pouvoir ouvrir les deux fenêtres, le cadre dormant de la fenêtre intérieure doit être plus large que celui de la fenêtre extérieure. La traverse basse de la fenêtre intérieure sera positionnée en dessous de la partie basse de l'ouvrant de la fenêtre extérieure. L'amplitude d'ouverture de la fenêtre extérieure sera

limitée par le positionnement des montants de la fenêtre intérieure. Il n'y a pas de garde à l'eau en appui à réaliser (rejingot) pour la fenêtre intérieure ;

- plus la baie sera évasée en tableau, plus l'amplitude d'ouverture de la fenêtre extérieure après mise en place de la fenêtre intérieure sera grande. Ceci est d'autant plus vrai que la nouvelle fenêtre est mise en œuvre en applique intérieure.



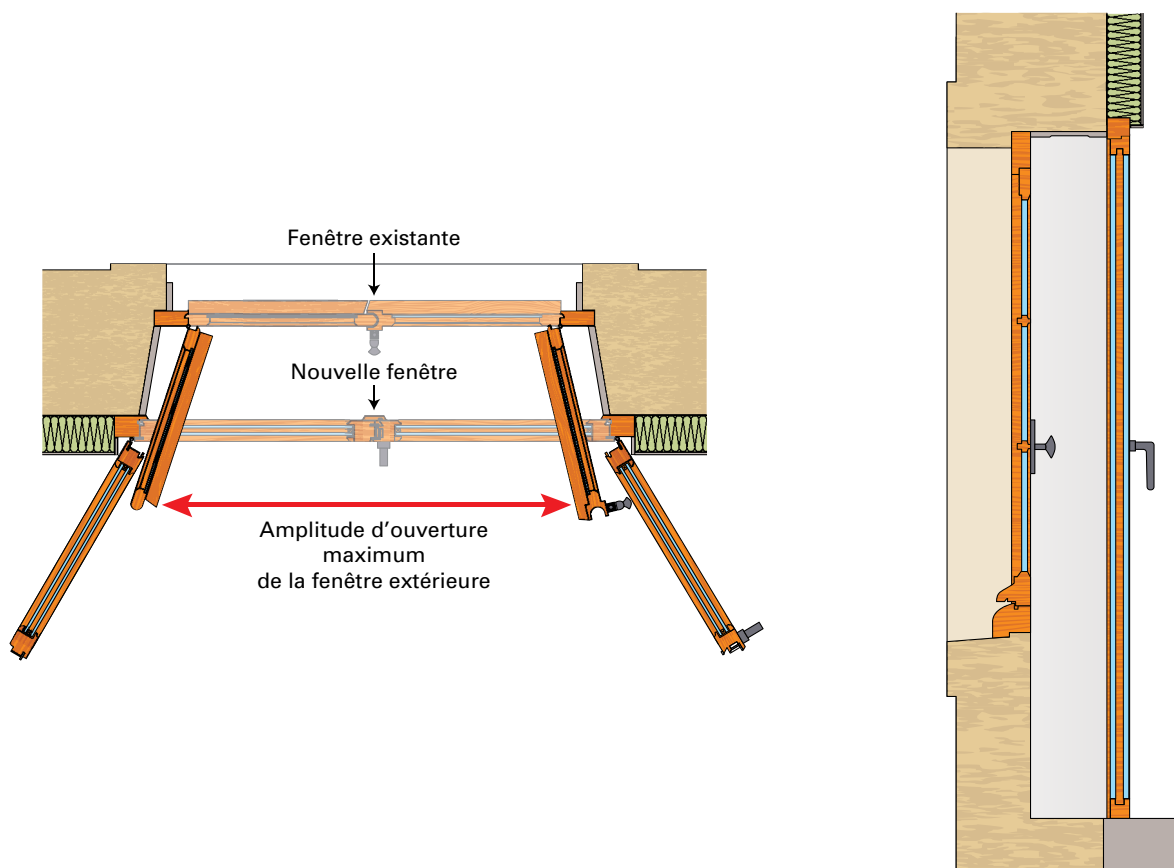
▲ Figure 17 : Mise en œuvre de la double fenêtre côté intérieur. Amplitude d'ouverture maximum de la fenêtre extérieure



▲ Figure 18 : Positionnement de la traverse basse de la fenêtre intérieure pour permettre l'ouverture des vantaux de la fenêtre extérieure

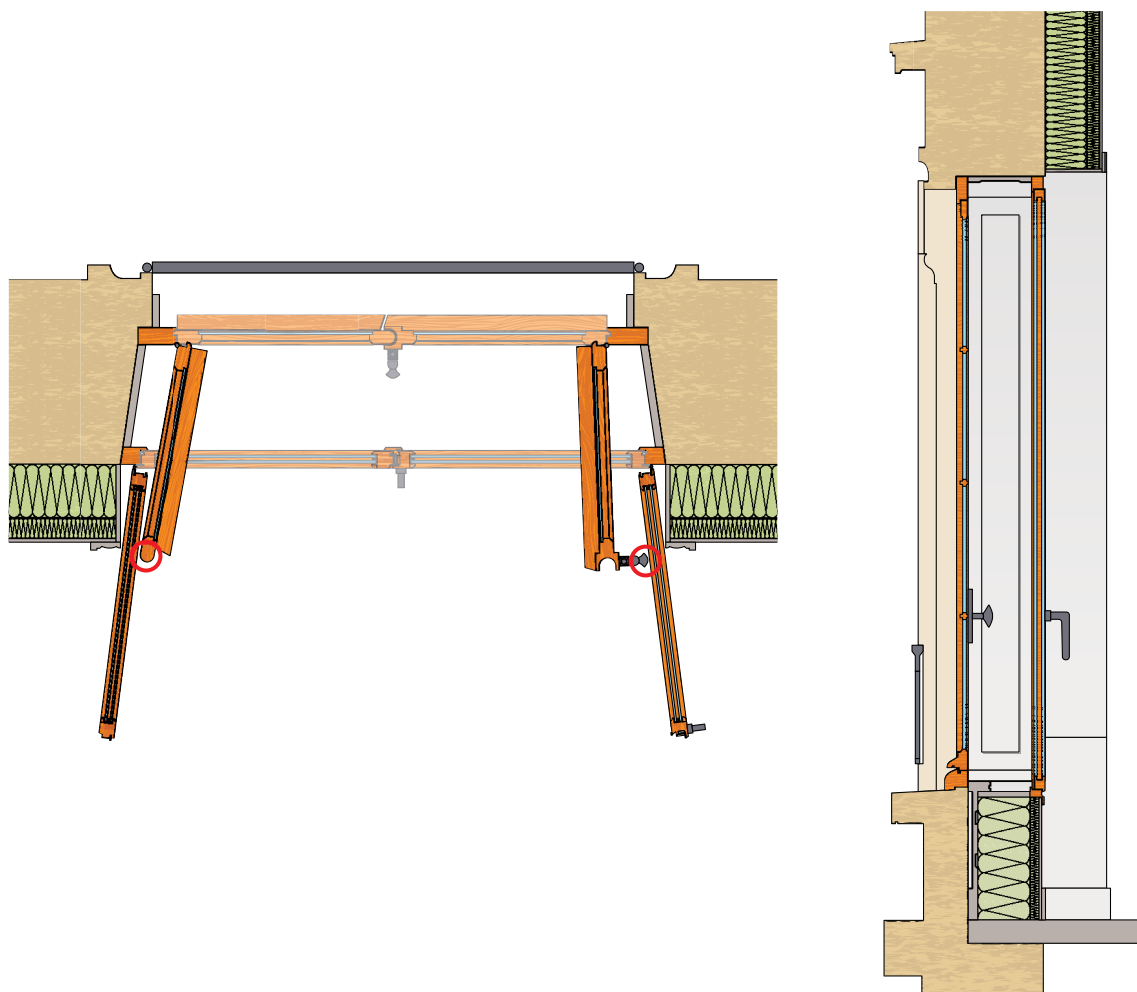
Cas de mise en œuvre de la fenêtre en complément d'une isolation intérieure

Dans le cas de mise en œuvre de la fenêtre en complément d'une isolation intérieure, la nouvelle fenêtre ou porte-fenêtre pourra être mise en œuvre en applique dans l'épaisseur de l'isolant permettant une amplitude d'ouverture plus large de la fenêtre extérieure.



▲ Figure 19 : Fenêtre mise en œuvre en applique intérieure, en complément d'une isolation thermique intérieure

La nouvelle fenêtre peut également être mise en œuvre en tunnel, dans l'épaisseur de l'ébrasement, cette configuration permettant la reconstitution d'un décor à l'angle du mur.



▲ Figure 20 : Fenêtre mise en œuvre en tunnel au nu intérieur du mur, en complément d'une isolation thermique intérieure

6.3.2. • Mise en œuvre de la nouvelle fenêtre côté extérieur

De plus, son usage n'est pas aisé.

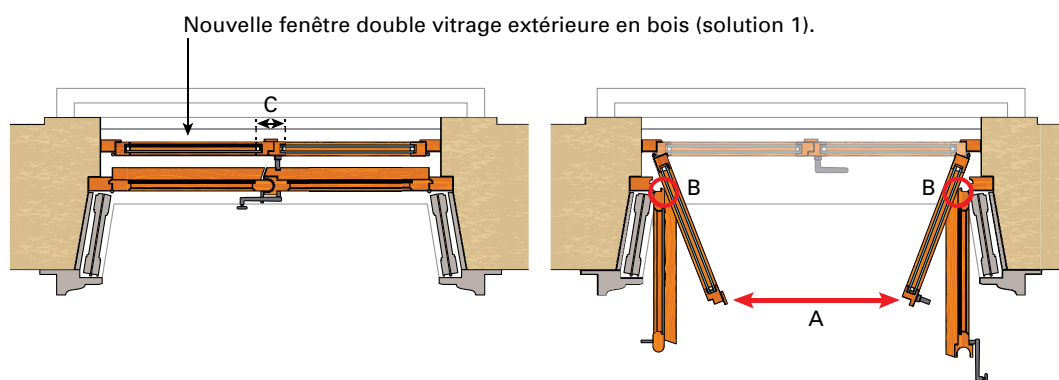
Les contraintes à prendre en compte lors de la mise en œuvre sont :

- une épaisseur réduite du tableau de baie (de 13 à 17 cm dans les cas usuels) dans lequel la nouvelle fenêtre sera positionnée ;
- une pose de la fenêtre généralement en léger retrait du nu extérieur afin de conserver un relief sur la façade ;
- un écartement entre les deux fenêtres suffisant pour éviter l'impact des poignées de la fenêtre extérieure sur les vitrages extérieurs de l'ancienne fenêtre ;
- la nécessité de reconstituer un rejingot pour assurer la durabilité de l'étanchéité à l'eau de la nouvelle fenêtre ;
- la nécessité de mettre en œuvre une nouvelle fenêtre côté extérieur disposant de dormants suffisamment larges pour permettre l'ouverture de la fenêtre extérieure, le cadre dormant de la fenêtre intérieure limitant l'amplitude d'ouverture de la fenêtre extérieure. La traverse basse de la fenêtre intérieure

sera positionnée en dessous de la partie supérieure de la traverse basse de la fenêtre extérieure.

Ces contraintes impliquent :

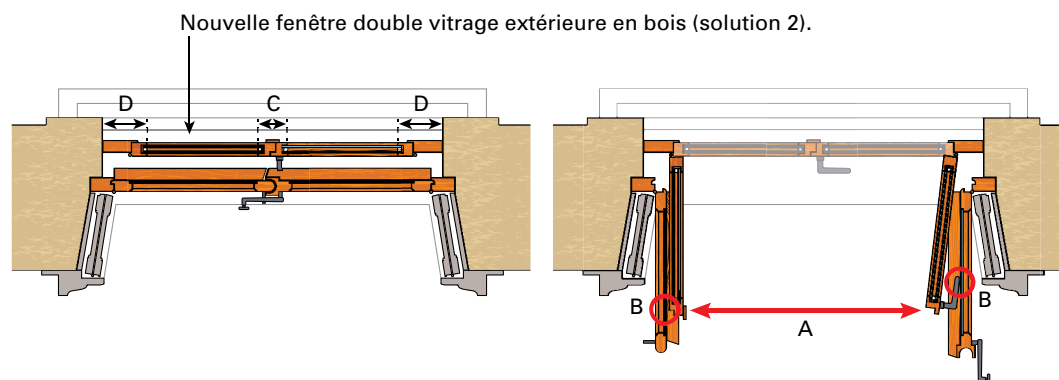
- un écartement limité entre les deux fenêtres pouvant perturber leur fonctionnement ;
- un clair de jour diminué par le cadre dormant de la fenêtre extérieure d'autant plus large que l'on souhaite une ouverture maximale de la fenêtre (Figure 21) et (Figure 22) ;
- des difficultés pour mettre en place ou conserver une occultation extérieure.



A - Amplitude d'ouverture de la fenêtre extérieure.
C - Montant central respectant les dimensions initiales.

B - Points d'impact des deux ouvrants.

▲ Figure 21 : Mise en œuvre de la double fenêtre côté extérieur, dormants étroits. Amplitude d'ouverture maximum de la fenêtre extérieure



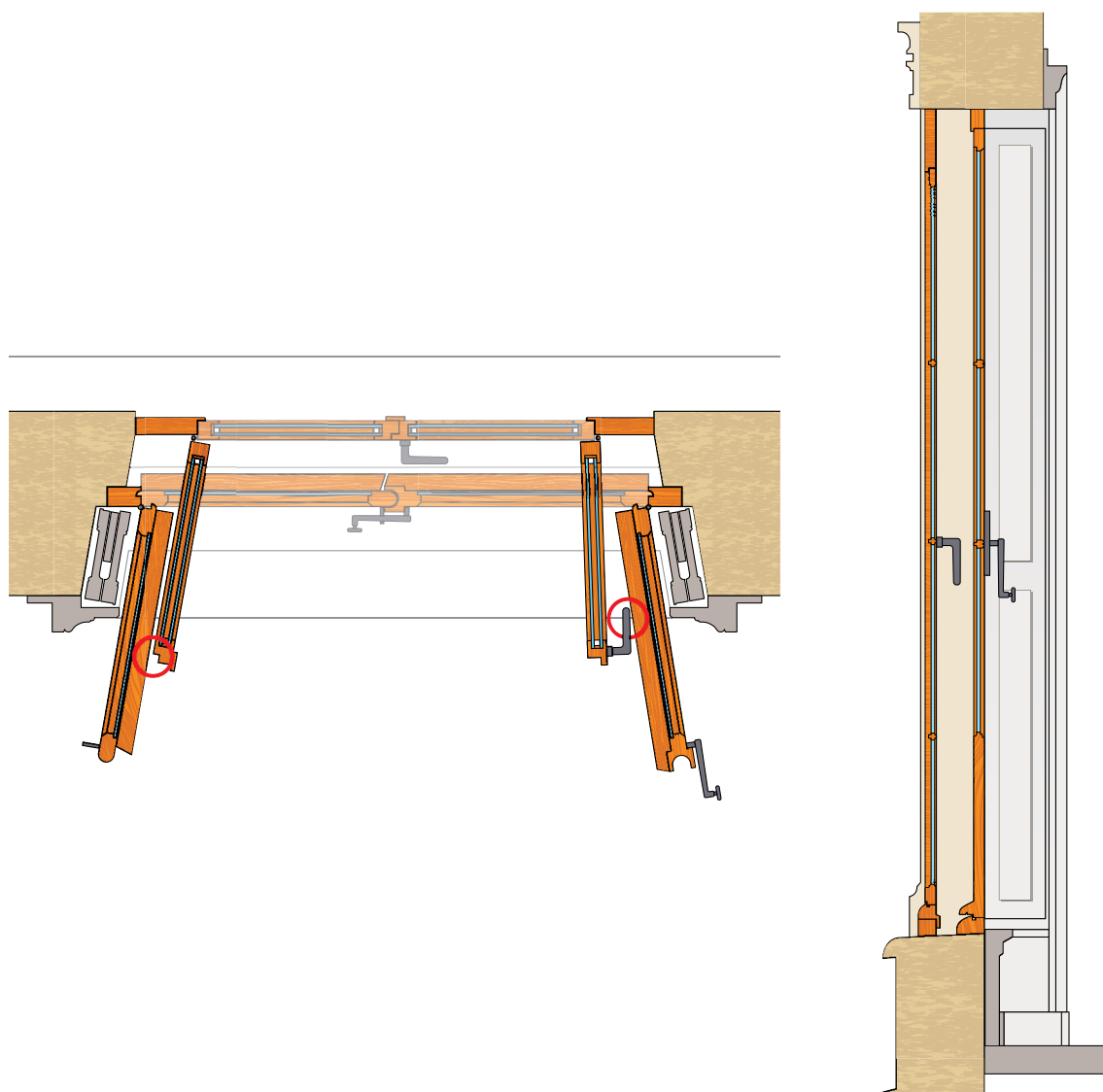
A - Amplitude d'ouverture de la fenêtre extérieure.
C - Montant central respectant les dimensions initiales.

B - Points d'impact des deux ouvrants.
D - Largeur des dormants augmentée pour faciliter l'ouverture.

▲ Figure 22 : Mise en œuvre de la double fenêtre côté extérieur, dormants larges. Amplitude d'ouverture maximum de la fenêtre extérieure

Nota : Ces contraintes peuvent être évitées avec des fenêtres extérieures s'ouvrant vers l'extérieur, mais cette configuration reste rare en France. Dans ce cas, la manœuvre de la fenêtre peut s'effectuer depuis l'intérieur.

La mise en œuvre d'un châssis coulissant côté extérieur est également une solution pour limiter les contraintes d'ouverture.



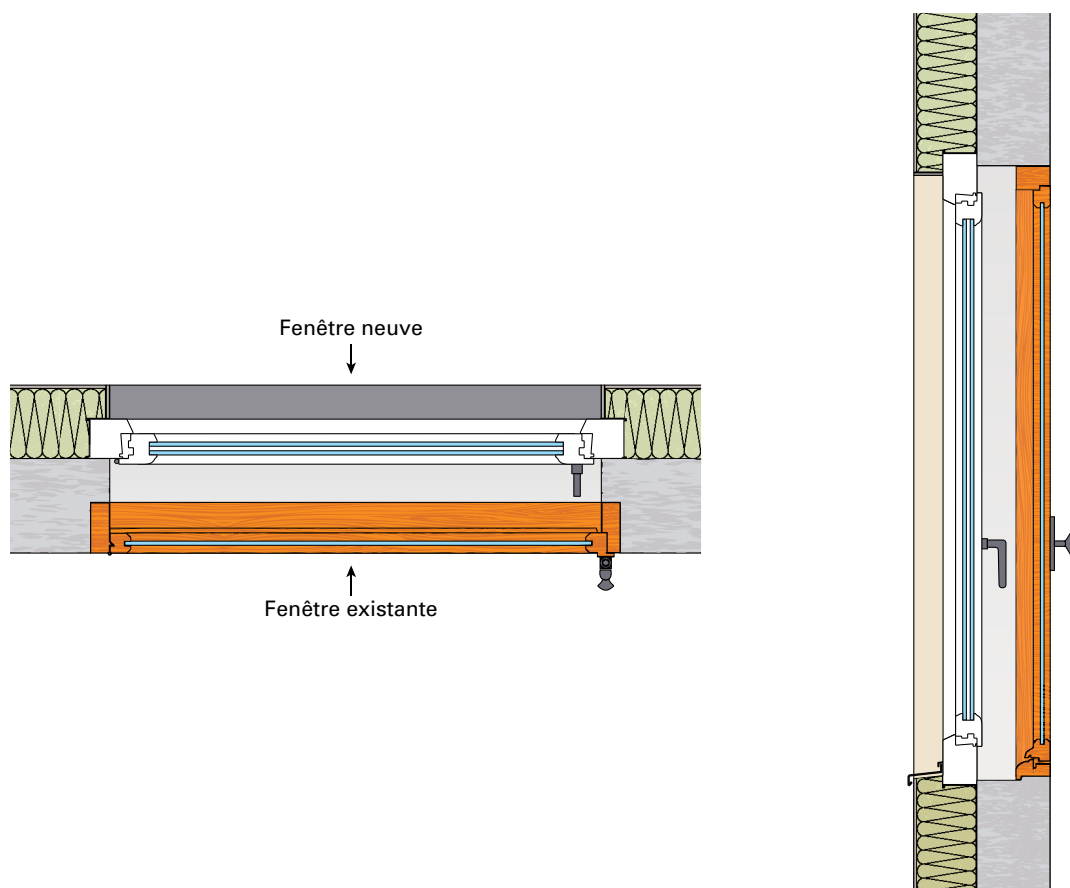
▲ Figure 23 : Fenêtre mise en œuvre en tunnel côté extérieur dans l'épaisseur du tableau de baie



La mise en œuvre de double fenêtre avec dormant large extérieur très épais a un impact esthétique considérable sur la façade et engendre une perte importante de clair de jour.

Cas de mise en œuvre de la fenêtre en complément d'une isolation extérieure

Dans le cas de mise en œuvre de la fenêtre en complément d'une isolation extérieure, la nouvelle fenêtre ou porte-fenêtre pourra être mise en œuvre en applique extérieure ou en tunnel côté extérieur.



▲ Figure 24 : Fenêtre mise en œuvre en applique extérieure avec isolation thermique extérieure

Cette configuration correspond à une rénovation thermique d'une façade sans décor.



Réglementations, normes et autres documents de références

7



Réglementations

- Réglementation thermique bâtiments neufs – RT 2012.
- Décret n° 2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Décret n° 2012-1530 du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions de bâtiments.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.

Réglementation thermique des bâtiments existants

- Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie, aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique.
- Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.



Réglementation acoustique

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique.
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif aux caractéristiques acoustiques des hôtels, établissements d'enseignement, et établissements de santé.

DTU – Normes

- NF DTU 20.1 Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – parois et murs
 - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types, octobre 2008.
 - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux, 2^e tirage janvier 2009.
 - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types, octobre 2008.
 - Partie 3 : Guide pour le choix des murs de façades en fonction du site, octobre 2008.
 - Partie 4 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales, octobre 2008.
- NF DTU 36.5 : Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures
 - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types, avril 2010.
 - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux, avril 2010.
 - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales, avril 2010.
 - Partie 3 : Mémento de choix en fonction de l'exposition, octobre 2010.
- NF P 20-302 Caractéristiques des fenêtres.
- NF P 20501– Méthodes d'essais des fenêtres.
- NF P 23-305 : Menuiseries en bois – Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres et châssis fixes en bois.
- XP P 20-650 : Fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés – Pose de vitrage minéral en atelier
 - Partie 1: Spécifications communes à tous les matériaux.
 - Partie 2 : Exigences et méthodes d'essais spécifiques au bois.
- FD P 20651 : Durabilité des éléments et ouvrages en bois.
- NF P 24-301 : Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres et châssis fixes métalliques.



Glossaire



Aération

Disposition créée dans un endroit localisé pour assurer la salubrité du volume concerné.

Baie

Ouverture dans un mur limitée par des plans généralement perpendiculaires aux plans du mur.

Bavette

Bande ou feuille de métal ou matériau de synthèse rapporté sur un ouvrage ou une jonction d'ouvrages pour l'abriter des eaux de pluie et protéger la partie verticale de cet ouvrage du ruissellement des eaux.

Calfeutrement

Garnissage d'un joint séparant deux éléments : par exemple mur/dormant de fenêtre, dont la fonction principale est d'assurer l'étanchéité à l'eau et/ou à l'air. Un tel calfeutrement est souvent appelé garniture d'étanchéité.

Châssis

Cadre rectangulaire mobile ou fixe, vitré ou non.

Dormant

Châssis fixé à la maçonnerie. Sur le dormant d'une fenêtre s'articulent un ou plusieurs vantaux.

Ébrasement

Biais ou évasement donné aux côtés intérieurs des tableaux pour faciliter l'ouverture des vantaux ou donner plus de lumière.

Feuillure

Forme à deux pans perpendiculaires d'un profil de menuiserie ou de mur ; il existe une feuillure dans l'ouvrant (elle reçoit le vitrage) et une dans le dormant de la menuiserie.

Gros œuvre

Ensemble des ouvrages assurant la stabilité et la résistance de la construction.

Meneau

Désigne un profilé dormant vertical comportant, de part et d'autre, des éléments vitrés fixes ou ouvrants.

Ouvrant

Qualifie la partie mobile d'une fenêtre.

Pièce d'appui

Traverse basse du dormant d'une fenêtre en contact avec le gros œuvre. La pièce d'appui est conçue pour un système de fenêtre. Elle peut être monobloc ou en deux parties.

Pose en applique

Mise en œuvre de la menuiserie sur le plan vertical du mur.

Pose en tableau

Mise en œuvre de la menuiserie réalisée dans l'épaisseur du mur (appelée aussi pose en tunnel).

Rejet d'eau

Profilé horizontal rapporté sur la traverse basse des vantaux ouvrants de la menuiserie faisant office d'arrêt d'eau.

Rejingot

Relief de l'appui d'une baie maçonnée ou en béton destinée à recevoir la traverse basse.



Réhabilitation

Opération visant à remettre à niveau les performances d'un ouvrage ou d'un bâtiment.

Tableau

Elément de maçonnerie, retour de jambages latéraux de la baie, perpendiculairement au plan de la baie.

Traverse

Désigne un profilé dormant ou ouvrant positionné horizontalement. On distingue :

- les traverses intermédiaires qui comportent, de part et d'autre, des éléments vitrés ou opaques fixes ou ouvrants ;
- les traverses basses ou hautes qui peuvent être fixes ou dormantes, elles sont à proximité ou fixées au gros œuvre.



Annexe A : Différence entre performance acoustique d'un produit et d'un ouvrage



A. 1 Performance acoustique du produit

Pour décrire l'exigence acoustique sur la transmission directe d'une fenêtre, on parle d'indice d'affaiblissement acoustique R_w (C, C_{tr}). Cet indice sera exprimé en décibel (dB). Lorsque cela est nécessaire, l'indice d'affaiblissement acoustique doit être déterminé par des essais en laboratoire qui seront réalisés suivant la norme NF EN 10140-2 (ex-NF EN ISO 140-3), et les résultats obtenus à la suite de ces essais devront être exprimés conformément à la norme NF EN ISO 717-1. L'indice unique qui fait référence dans le cas d'un produit à l'interface entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment est le $R_w + C_{tr} = R_{a, tr}$; plus cet indice est élevé, plus le produit est performant.

Cette performance acoustique dépend :

- du type d'ouverture : une fenêtre coulissante traditionnelle sera moins performante ($R_{A, tr} \leq 33$ dB) qu'une menuiserie à frappe ($R_{A, tr} \leq 40$ dB) ;
- du profilé pour les fenêtres ayant des performances supérieures à 35 dB. La conception de la gamme, le type d'assemblage (soudage, sertissage...), le nombre de barrières de joint, leur nature, l'équilibrage de pression, le nombre et l'emplacement des trous de drainages, etc., auront un impact d'autant plus marqué que le vitrage utilisé sera performant ;
- du vitrage isolant.

Concernant la performance acoustique du vitrage isolant, on notera que :

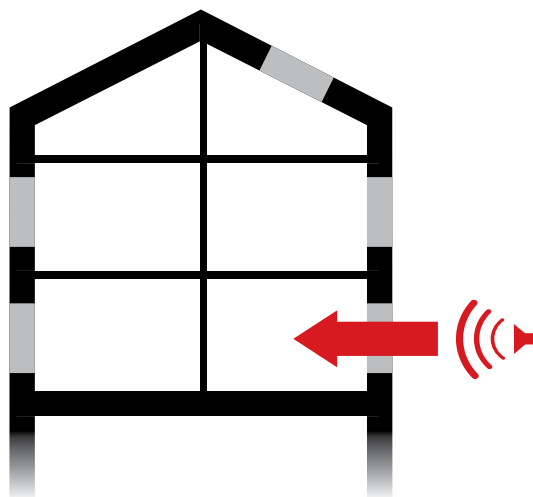
- la nature du gaz utilisé dans la cavité aura une influence négligeable sur la performance acoustique de la fenêtre ; l'épaisseur de la cavité aura une influence modérée ;



- globalement, plus les épaisseurs des verres composant le double vitrage seront grandes, plus les performances acoustiques seront importantes ;
- dans une même épaisseur de feuillure de fenêtre (par exemple de 24 mm), l'augmentation de l'épaisseur de verre et donc la diminution de l'épaisseur de la lame d'air sera favorable sur le plan acoustique, mais pas sur le plan thermique ;
- il est préférable de créer une dissymétrie dans l'épaisseur des verres ;
- l'utilisation de vitrages feuilletés (deux vitrages monolithiques séparés par un film viscoélastique) acoustiques peut sensiblement améliorer les performances acoustiques ;
- les couches peu émissives sur les vitrages n'ont pas d'impact acoustique ;
- le triple vitrage n'est pas une solution très économique pour obtenir des performances acoustiques. Les résultats montrent une équivalence entre la performance du triple vitrage et celle du doublage vitrage équivalent sans le verre central (exemple 4/12/4/12/4 et 4/24/4) ;
- l'intercalaire, c'est-à-dire sa nature et les éléments le constituant (type, joint de scellement, joint d'étanchéité), peut avoir un effet important sur la performance acoustique du vitrage. Notamment, les changements technologiques des intercalaires engendrés par des exigences thermiques en forte croissance ont des impacts acoustiques non négligeables. La performance acoustique d'un double vitrage courant 4/16/4, assez efficace thermiquement, peut varier de 3 dB suivant l'intercalaire utilisé.

A. 2 Performance acoustique de l'ouvrage

La figure ci-dessous (Figure A1) montre schématiquement la transmission directe par la façade du bâtiment pour une excitation aérienne à l'extérieur. L'isolement au bruit aérien entre l'extérieur et l'intérieur est donné en terme de $D_{nT,A, tr} = D_{nTw} + C_{tr}$ en dB ; le niveau réglementaire varie en fonction de la position du bâtiment de 30 dB à 45 dB.



▲ Figure A1 : Transmission par la façade du bâtiment

La performance acoustique de la façade (isolement par rapport au bruit extérieur) dépend de nombreuses voies de transmission, mais principalement (pour les isollements < 38 dB) de la transmission directe au travers des fenêtres, des coffres de volets roulants et des entrées d'air. Le choix de la fenêtre ne peut donc pas être dissocié de celui de ces autres éléments (coffre de volet roulant et entrée d'air). En effet, il ne sert à rien de mettre une fenêtre très performante avec une entrée d'air et/ou un coffre de volet roulant peu performant.

Lorsque la fenêtre est équipée d'un coffre de volet roulant, il est généralement préférable de positionner l'entrée d'air sur le coffre de volet roulant plutôt que sur la menuiserie de la fenêtre. En effet, dans ce cas, il est possible d'atteindre des isollements de façade de 38 dB sans utiliser d'entrée d'air murale. Cependant, il est alors nécessaire que l'essai acoustique sur le coffre de volet roulant muni de l'entrée d'air soit validé par un essai aéraulique.

En acoustique comme en thermique, les parois vitrées ont un impact très important pour la qualité acoustique du bâtiment vis-à-vis des bruits extérieurs. Dans le cas où la façade est exposée à un bruit extérieur important, il est préférable de limiter la taille de la baie vitrée pour en limiter le surdimensionnement de la performance acoustique.

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



DOUBLES FENÊTRES

PRESCRIPTION ET MISE EN ŒUVRE EN RÉNOVATION DES LOGEMENTS

AVRIL 2014

RÉNOVATION

Dans le cadre d'une recherche d'amélioration thermique ou phonique, la double fenêtre est une solution à valoriser. Dans certains cas, cette solution répond à la nécessité de conserver des menuiseries anciennes de qualité et à la volonté de limiter l'impact des travaux d'amélioration thermique (mais ce n'est pas toujours la solution la plus simple) au besoin d'un traitement acoustique particulier... Elle peut, également dans certains cas, avoir un impact important sur le plan architectural et technique.

Aujourd'hui, le cas le plus fréquent de mise en œuvre de double fenêtre se trouve en rénovation de secteurs soumis à une protection patrimoniale pour lesquels on souhaite conserver l'authenticité et l'unité architecturales, et notamment les façades. Dans ce cas la double fenêtre est installée côté intérieur. La mise en œuvre de double fenêtre se trouve également sur du bâti de toutes époques particulièrement exposé au bruit, pour répondre à des problématiques acoustiques particulières.

Le choix de la double fenêtre en rénovation doit être conforté par un diagnostic préalable approfondi, et l'étude d'une solution alternative en fonction du contexte et des problématiques à résoudre est nécessaire.

Ce guide précise :

- les avantages et les inconvénients de la mise en œuvre d'une double fenêtre ;
- le diagnostic préalable à réaliser en vue de la mise en place d'une double fenêtre ;
- les performances de la double fenêtre ;
- les conditions de mise en œuvre des doubles fenêtres posées côté intérieur ou côté extérieur.