



FAÇADES RIDEAUX A OSSATURE ALUMINIUM

GUIDE ACOUSTIQUE

Mars 2021

INTRODUCTION

Le présent guide concerne les façades légères en aluminium et leur impact sur la performance acoustique des bâtiments. Une façade légère est une façade de faible masse, constituée d'une ossature et d'éléments de remplissages, et venant se fixer sur la structure du bâtiment.

Ce guide a pour but d'accompagner l'ensemble des acteurs de la construction tels que les maîtres d'œuvre, architectes, bureaux d'études, entreprises, en vue d'orienter au mieux les choix techniques en phase conception, de bien appréhender les solutions techniques proposées par les entreprises et enfin de suivre la réalisation en phase chantier. Toutes ces étapes sont nécessaires pour obtenir à l'achèvement du bâtiment les objectifs visés et vérifiés au moyen de mesures acoustiques.

Ce document concerne les façades rideaux et semi-rideaux, notamment les façades courantes planes, conformes au domaine d'application de la norme NF DTU 33.1. Les bâtiments concernés sont les constructions neuves de bâtiments tertiaires : bureaux, hôpitaux, établissements d'enseignement, résidences hôtelières ou étudiantes.

Dans un premier temps, les principales notions acoustiques sont présentées, avec les liens entre les objectifs recherchés à l'échelle du bâtiment et les performances demandées pour les façades rideaux. Des règles générales et des exemples sont ensuite proposés pour fixer des ordres de grandeurs. Cependant, il est fortement recommandé de faire appel à un bureau d'études en acoustique pour la conception du bâtiment et sa réalisation.

Ce document a été élaboré par un Groupe de Travail de la commission technique « COMITEC » du SNFA, en concertation avec des experts acousticiens de bureaux d'études, de bureaux de contrôle et de laboratoires, que le SNFA remercie pour leurs contributions respectives :

- **Carole AUBRY-ANDRE – BUREAU VERITAS**
- **Nathalie ERNST – APAVE**
- **Aline GAULUPEAU – SOCOTEC**
- **Catherine GUIGOU-CARTER – CSTB**
- **Amandine MAILLET – GINGER CEBTP**
- **Stéphane MERCIER – PEUTZ ET ASSOCIES**
- **Régis PISCOT – ACOUSTB**
- **Rémi RASKIN – CAPRI ACOUSTIQUE**

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
SOMMAIRE	3
Notions acoustiques.....	4
Les fondamentaux.....	5
Isolements acoustiques	6
Exigences d'isolement acoustique.....	8
La réglementation	8
Normes et certifications de bâtiments.....	9
La tolérance sur les résultats de mesures en fin de chantier	11
Autres bruits	12
Calculs des isolements acoustiques.....	13
Isolement acoustique des bruits extérieurs	13
Isolement acoustique des bruits intérieurs	16
Façades légères et isolement extérieur	21
Remplissages	22
Vitrages.....	22
Panneaux opaques.....	24
Façades simple ou double peau.....	25
Quelques exemples et bonnes pratiques	27
Façades légères et isolement intérieur.....	28
Transmissions horizontales	29
Transmissions verticales	35
Façades grilles	37
Façades cadres	38
Façade semi-rideau et façade panneau.....	39
Traitements acoustiques des jonctions.....	40
Quelques exemples et bonnes pratiques	44
Rédaction des CCTP	47
ANNEXES	50
Les définitions.....	51
Les mesures en laboratoire	52
Les mesures in-situ	54



NOTIONS ACOUSTIQUES

LES FONDAMENTAUX

Au préalable du guide, quelques notions sur l'acoustique sont rappelées.

Un son dans l'air ambiant provient de la vibration des particules d'air, provoquée par exemple par un haut-parleur dont la membrane vibre rapidement. Cette vibration est transmise dans l'air de proche en proche jusqu'à nos oreilles, en faisant varier localement la pression atmosphérique. On parle alors de **propagation aérienne**.

Le son se propage également dans les solides. Par exemple lorsqu'un coup de marteau est donné sur un mur, celui-ci entre en vibration et propage des vibrations dans tout le bâtiment. Ce bruit pourra être entendu dans un local éloigné, du fait du rayonnement des parois. On parle alors de **propagation solidienne**.

On mesure l'intensité des bruits au moyen d'un sonomètre, qui quantifie l'amplitude de la variation de pression : il s'agit du **niveau de pression acoustique**, évalué en décibels (dB).

Les sons se décomposent selon différentes **fréquences**, des graves aux aigues, exprimées en Hertz (Hz). L'essentiel de l'énergie sonore se situe environ entre 50 et 5000 Hz. Cette gamme est découpée par bandes de fréquences de largeur variable, qui sont centrées sur des fréquences appelées « octaves » : 125 Hz, 250Hz, 500Hz, etc. En acoustique du bâtiment, la gamme étudiée se limite le plus souvent aux octaves de 125 à 2000 Hz.

L'oreille n'est pas sensible de la même manière à toutes les fréquences. Elle privilégie les fréquences moyennes, qui sont celles de la parole, au détriment des graves et des aigües. Pour rendre compte de cet effet, une pondération est introduite, elle est notée « A ». Les niveaux sonores sont donc évalués au moyen de **décibels pondérés A**, soit « dB(A) ».

Le décibel est une échelle logarithmique qui rend compte de la perception sonore humaine.

Ainsi une pression acoustique multipliée par deux n'augmente la sensation sonore qu'un peu, et le niveau de pression acoustique est augmenté uniquement de 3 décibels.

Par exemple, l'ajout de deux bruits ayant le même niveau de pression acoustique de 50 dB(A) conduit à une **augmentation de 3 décibels**, soit 53 dB(A) au total :

$$50 \text{ dB(A)} + 50 \text{ dB(A)} = 53 \text{ dB(A)}$$

Autre exemple, un bruit de moins de 10 décibels par rapport à un autre sera négligeable :

$$50 \text{ dB(A)} + 40 \text{ dB(A)} \approx 50 \text{ dB(A)}$$

ISOLEMENTS ACOUSTIQUES

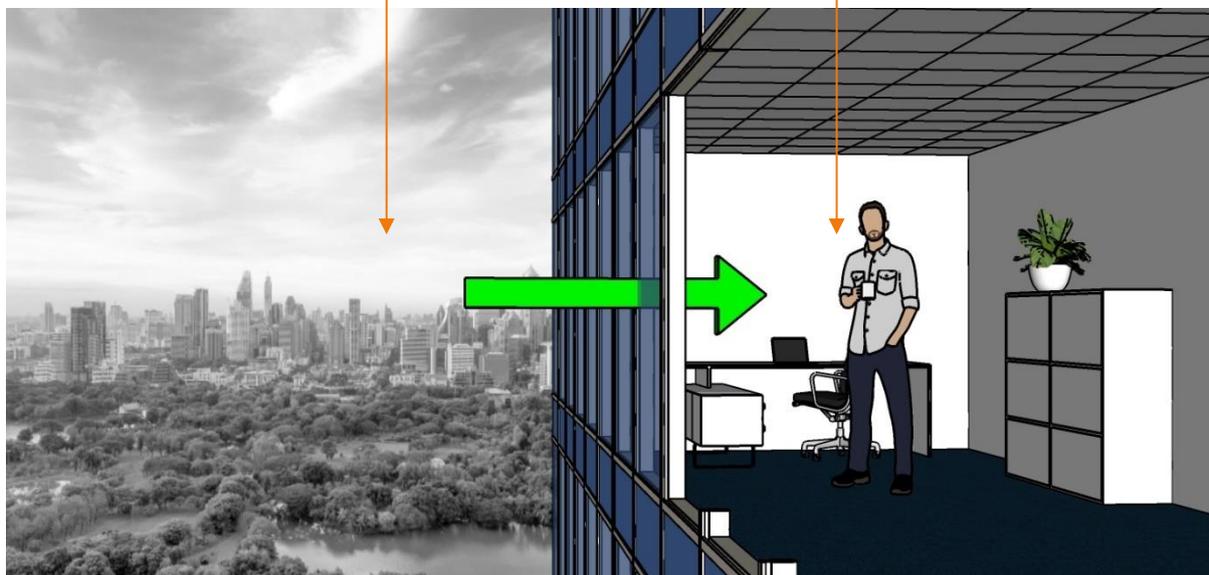
Les façades rideaux ont une influence sur les caractéristiques acoustiques des bâtiments et leurs performances sont essentielles à la réalisation de constructions de qualité. Leur impact concerne particulièrement deux thématiques acoustiques :

- **L'isolement** au bruit aérien provenant de **l'extérieur** : trafic routier, etc.
- **L'isolement** au bruit aérien provenant de **l'intérieur** du bâtiment : conversations dans les bureaux, les salles de réunion, etc. vis-à-vis des autres locaux.

Un isolement acoustique caractérise **l'atténuation du niveau de bruit entre deux espaces**. Il traduit une différence et non un niveau perçu, c'est pourquoi il est exprimé en dB. Par exemple, s'il y a un niveau de bruit à 65 dB(A) à l'extérieur, un isolement de 30 dB apporté par la façade du bâtiment conduira à un niveau de bruit de 35 dB(A) environ à l'intérieur :

Un isolement acoustique caractérise l'atténuation du niveau de bruit entre deux espaces

Bruit à l'extérieur à 65 dB(A) — **Isolement 30 dB** \approx **Bruit à l'intérieur 65 – 30 = 35 dB(A)**



Les isolements sont **donc des exigences de résultats**, et peuvent être **mesurés in-situ**, au moyen de sources de bruits artificielles (haut-parleurs) ou réelles (le bruit du trafic par exemple).

Les notices acoustiques des CCTP définissent les isolements minimums pour chaque catégorie de locaux, ainsi que les **moyens à mettre en œuvre** pour les atteindre, notamment les performances minimales pour les façades (voir chapitre « *Calculs des isolements acoustiques* »).

On note l'isolement « **D** » pour une « **différence** » de bruits entre deux espaces. Le local (ou l'espace) où est produit le bruit est appelé local « d'émission » et le local où est perçu le bruit le local « de réception ».

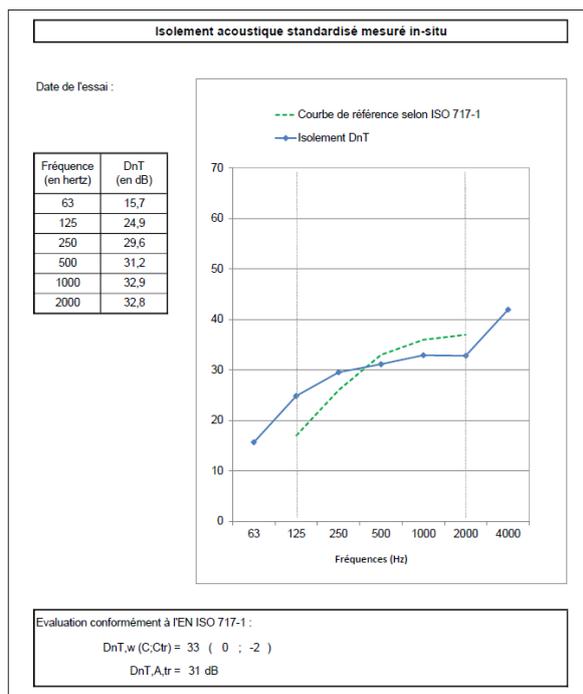
Les isolements sont évalués pour chaque **bandes de fréquences**, puis un **indice unique $D_{nT,w}$** est calculé en fonction de ces valeurs, selon une norme européenne (NF EN ISO 717-1).

L'indice est exprimé avec un « n » pour « normalized », traduit en français par « standardisé ».

L'indice comporte un « T » pour la **réverbération des locaux**, qui est prise en compte afin de pouvoir comparer des mesures réalisées dans des locaux vides et des mesures dans des locaux meublés. En effet, lors des mesures en fin de chantier, les locaux sont généralement vides et « sonores », ce qui augmente artificiellement le niveau dans le local.

Des termes d'adaptation à des spectres « C » et « C_{tr} » sont également calculés pour prendre en compte la **pondération A**, ainsi que le **bruit de trafic** (« tr ») pour le « Ctr » qui est plus riche en basses fréquences que les bruits courants intérieurs.

Selon les normes européennes, l'isolement est finalement affiché ainsi : $D_{nT,w} (C ; C_{tr})$. En France, l'indicateur $D_{nT,w}$ n'est pas directement utilisé, **ce sont les indicateurs $D_{nT,A}$ et $D_{nT,A,tr}$** qui sont calculés en effectuant respectivement la somme de $D_{nT,w}$ aux termes d'adaptation C et C_{tr} .



Exemple de résultats de mesures d'isolement

Les isolements utilisés en France sont exprimés au moyen des indicateurs uniques suivants (en dB) :

- Pour l'isolement au bruit extérieur $D_{nT,A,tr} = D_{nT,w} + C_{tr}$
- Pour l'isolement au bruit intérieur $D_{nT,A} = D_{nT,w} + C$

Ce sont des valeurs qui peuvent être mesurées in-situ en fin de chantier

EXIGENCES D'ISOLEMENT ACOUSTIQUE

Les performances d'isolement acoustique à conférer au bâtiment sont définies par le Maître d'Ouvrage, et reposent le plus souvent sur les textes suivants :

- Les exigences des **certifications** HQE, BREEAM, WELL, etc. pour les bureaux,
- La **réglementation** pour les établissements hospitaliers et d'enseignement ainsi que les hôtels (arrêtés du 25 avril 2003) et les logements (arrêtés du 30 juin 1999),
- La **norme NF S 31-080 : 2006** pour les bureaux et espaces associés.

Cependant, un programme ou un marché de travaux **peut fixer des objectifs** d'isollements acoustiques supérieurs ou complémentaires, en fonction de l'environnement sonore, des activités prévues dans le bâtiment, du niveau de qualité choisi par le Maître d'ouvrage.

On notera enfin l'existence de la norme NF S31-199 : 2016 relative aux performances acoustiques des espaces ouverts de bureaux, cependant les façades légères n'ont pas d'influence dans l'application de cette norme.

LA REGLEMENTATION

Les bureaux, via la certification HQE, et les établissements réglementés tels que les hôpitaux, écoles, lycées, hôtels, etc. s'appuient sur **l'arrêté du 30 mai 1996** modifié par l'arrêté du 23 juillet 2013, qui fixe les règles relatives à l'isolement acoustique des logements vis-à-vis du **bruit des infrastructures de transport** (bruit extérieur).

Ce texte indique que les infrastructures de transports sont classées par catégories définissant des secteurs affectés par le bruit. L'isolement à conférer au bâtiment dépend de la **catégorie de la voie** (de 1 à 5, de la plus bruyante à la moins bruyante), de **la distance à la voie** et des **différents masques** entre la voie et le bâtiment (écrans, talus, bâtiments, etc.). L'isolement requis selon ce texte varie **entre 30 dB et 45 dB** selon l'exposition du bâtiment aux nuisances sonores extérieures. A proximité des aéroports, des zones définissent l'isolement requis en fonction de la proximité aux couloirs aériens (zones A, B, C et D). En cas d'expositions multiples, un cumul des différentes contributions est pris en compte dans la détermination des objectifs d'isolement $D_{nT,A,tr}$, qui peuvent donc dépasser 45 dB dans les cas les plus bruyants.

Les arrêtés du 25 avril 2003 relatifs à l'acoustique des établissements hospitaliers, d'enseignement et d'hôtels déterminent les performances acoustiques minimales à atteindre lors de la construction de ce type de bâtiments.

L'isolement vis-à-vis de l'extérieur sera au minimum de 30 dB et selon l'arrêté du 30 mai 1996 dans des zones affectées par le bruit des transports terrestres.

Il faut noter que l'arrêté du 25 avril 2003 indique que pour les établissements concernés des exigences d'isolement vis-à-vis du trafic aérien sont exprimées avec le critère $D_{nT,A,r}$ qui sont différentes de celles de l'arrêté du 30 mai 1996 modifié, exprimées en $D_{nT,A,tr}$. Cela s'explique par une absence de mise à jour de ce texte qui aurait dû suivre la même logique introduite dans la mise à jour de l'arrêté du 30 mai 1996. Ce point doit être clarifié sur les projets concernés et correctement défini dans les pièces marché.

Pour les bruits intérieurs, les performances dépendent de la nature des locaux d'émission et de réception, par exemple :

- Entre salles de classes d'enseignement : $D_{nT,A} \geq 43$ dB
- Entre chambres d'hôpital : $D_{nT,A} \geq 42$ dB
- Entre chambres d'hôtel : $D_{nT,A} \geq 50$ dB

Les arrêtés du 30 juin 1999 relatifs à l'acoustique des logements déterminent les performances acoustiques minimales à atteindre lors de la construction de ce type de bâtiments (logements, résidences étudiantes, etc.). Les performances à atteindre sont supérieures à celles des bâtiments tertiaires, avec par exemple :

- Entre chambres de logements différents : $D_{nT,A} \geq 53$ dB

NORMES ET CERTIFICATIONS DE BATIMENTS

Certification HQE

Pour la **construction de bâtiments de bureaux**, l'isolement vis-à-vis de l'extérieur $D_{nT,A,tr}$ requis par la certification HQE est le niveau réglementaire du logement réduit de 5 décibels au minimum, puis réduit de 3 ou de 0 décibels dans les niveaux de performances supérieures. Les isolements $D_{nT,A,tr}$ varient donc entre 25 et 45 dB, bien que le minimum soit généralement défini à 30 dB.

Pour les bruits intérieurs, les performances dépendent de la nature des locaux d'émission et de réception, mais aussi de la modularité des espaces. La certification s'inspire de la norme NF S31-080 : 2006 - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace et propose des exigences supérieures et complémentaires, notamment pour le cas des bureaux à aménager.

Plusieurs niveaux de performances sont proposés dans la certification, notés par les lettres de « A » pour la meilleure qualité à « F » la plus mauvaise. Ces niveaux sont choisis par le Maître d'Ouvrage selon le profil environnemental voulu. Pour la construction neuve de bureaux, le niveau minimum est le niveau « C ».

On notera par exemple les performances minimales suivantes pour le niveau « C » :

- En cas de cloisonnement fixe :
 - Entre bureaux : $D_{nT,A} \geq 35$ dB
 - Entre bureaux et salles de réunion : $D_{nT,A} \geq 40$ dB
 - Entre bureaux courants et bureaux nécessitant une confidentialité renforcée :
 $D_{nT,A} \geq 45$ dB
- En cas de cloisonnement modulaire, lorsque les plateaux de bureaux sont livrés sans aménagements intérieurs (exigences spécifiques à HQE qui n'existe pas dans la norme NF S 31-080) :
 - Entre bureaux : $D_{nT,A} \geq 30$ dB

Dans les niveaux de **performance HQE supérieurs**, ces isolements sont **augmentés par pas de 5 dB**, par exemple :

- Niveau « A » : Entre bureaux fixes : $D_{nT,A} \geq 45$ dB
- Niveau « B » : Entre bureaux fixes : $D_{nT,A} \geq 40$ dB
- Niveau « C » : Entre bureaux fixes : $D_{nT,A} \geq 35$ Db

Exemples dans la certification HQE :

	$D_{nT,A}$ bureau fixe	$D_{nT,A}$ espaces de plateau modulable	$D_{nT,A,tr}$	
A	≥ 45 dB	≥ 40 dB	\geq (Niv. Règl.) dB	
B	≥ 40 dB	≥ 35 dB	\geq (Niv. Règl.) - 3 dB	
C	≥ 35 dB	≥ 30 dB	\geq (Niv. Règl.) - 5 dB	
D	≥ 30 dB	≥ 25 dB	\geq (Niv. Règl.) - 7 dB	
E	≥ 25 dB	≥ 20 dB	$<$ (Niv. Règl.) - 7 dB	
F	< 25 dB	< 20 dB		

Certification BREEAM

Le référentiel BREEAM s'appuie sur le respect des normes en vigueur, donc en France la **norme NF S31-080**. De plus, l'isolement entre locaux est abordé pour les locaux nécessitant une certaine confidentialité, au moyen de la somme de l'indice D_w (isolement acoustique in situ sans le terme C, et le « n ») et de L_{Aeq} (niveau sonore dans un local vers lequel on souhaite une certaine confidentialité), qui doit être supérieur à 75 dB ou 85 dB suivant les locaux.

On considère généralement que les espaces modulaires ne sont pas concernés par ce critère, sauf mention contraire explicite.

Par exemple pour un L_{Aeq} de 40 dB(A) de bruit ambiant intérieur, le critère de $L_{Aeq} + D_w = 75$ dB est obtenu avec un isolement acoustique in situ d'au moins $D_w = 35$ dB.

Toutefois, l'objectif d'isolement acoustique et les moyens à prévoir pour le respecter relèvent d'études de conception acoustique qui doivent définir les performances des cloisons, des planchers, des façades, etc.

LA TOLERANCE SUR LES RESULTATS DE MESURES EN FIN DE CHANTIER

La circulaire du 25 avril 2003 relative à l'application de la réglementation acoustique des bâtiments autres que d'habitation (établissements de santé, d'enseignement ou hôtels), indique qu'une tolérance de 3 dB est admise sur les résultats des mesures in-situ en fin de chantier. Cela signifie qu'une mesure d'un isolement qui serait inférieure de 3 dB à l'objectif est quand même considérée comme conforme, mais dans la tolérance.

Pour éviter toute confusion, on notera que cette tolérance sur les résultats de mesures est indiquée dans la circulaire d'application, mais n'est pas citée dans les arrêtés du 25 avril 2003, comme elle l'est dans l'arrêté du 30 juin 1999 relatif à la qualité acoustique des bâtiments d'habitation.

Cette tolérance a été introduite pour tenir compte d'un certain nombre d'incertitudes inhérentes notamment aux méthodes de calcul des performances des bâtiments à partir des performances des éléments, aux méthodes de mesures des performances de ces éléments en laboratoire, et de leur mise en œuvre in-situ et à la méthode de mesures des performances d'un bâtiment. Elle reste néanmoins faible et peut être vite dépassée.

Cette tolérance ne s'applique que sur **les résultats des mesures à la fin du chantier**, elle ne peut pas être prise en compte en phase étude, ni en cours de chantier sur le local témoin.

Pour les bureaux ou autres bâtiments non réglementés, on considèrera par défaut la même tolérance de 3 dB lors des mesures en fin de chantier. La tolérance doit être précisée dans les notices acoustiques et indiquées avec les objectifs à atteindre.

Les notices ne devraient pas supprimer cette tolérance de mesure, car cela introduit des confusions dans les réponses des entreprises. En effet, une tolérance moindre conduirait à renforcer les moyens à mettre en œuvre, et donc des solutions techniques différentes.

**Les exigences d'isolement découlent de la réglementation, des certifications et des spécificités du projet, elles sont définies dans la notice acoustique.
En particulier, la tolérance de 3 dB à considérer lors des mesures in-situ est bien précisée avec les exigences.**

AUTRES BRUITS

La façade légère peut être concernée par des bruits liés à la pluie et au vent, ainsi que celui du fonctionnement des stores.

Les bruits « météorologiques » peuvent générer des nuisances sonores dans certains cas. Il n'existe pas d'indicateurs normalisés mesurables in-situ qui permettraient de définir des objectifs, ni de méthode normalisée d'évaluation prédictive par le calcul. Eventuellement, des spécifications particulières peuvent être définies par des moyens : compositions des vitrages, formes des profils de façades, etc.

A noter que la norme NF EN ISO 10140-5/A1 Août 2014 traite de la mesure de **bruit de pluie** en laboratoire, réalisée sur un échantillon de façade de 10 m² avec un angle maximum de 10° environ par rapport à l'horizontale (cas a priori le plus pénalisant pour une façade). Cependant, à ce jour aucun essai connu n'a été réalisé sur des façades légères.

Des ossatures creuses peuvent se comporter comme des tuyaux d'orgues, et les tôles perforées, les brises soleil peuvent générer des sifflements en présence de **vents forts** qui peuvent s'avérer gênants pour les occupants des locaux et le voisinage. Ce phénomène est à prendre en compte dans la conception des façades dans des régions particulièrement venteuses et pour des bâtiments de grande hauteur.

Aujourd'hui il n'existe pas de prévision de bruit par calculs, ni de critères d'acceptabilité, mais il est possible de réaliser des mesures aéroacoustiques de bruit de vent en soufflerie, sur des échantillons de façade ou sur des maquettes à échelle réduite, afin d'identifier d'éventuelles tonalités marquées ou des niveaux sonores élevés. Cet essai devrait idéalement être réalisé en phase conception. Il peut également être prévu dans le marché, mais si les résultats de l'essai ne sont pas satisfaisants, la façade devra faire l'objet de modifications architecturales qui pourront engendrer des travaux supplémentaires non prévus au marché.

Les bruits des stores sont des bruits d'équipements du bâtiment, et des exigences peuvent être définies au moyen du niveau de pression acoustique normalisé L_{nAT} (exprimé en dB(A)).

Le bruit a pour origine les vibrations générées par le moteur des stores, qui met en vibration les traverses ou les coffres qui rayonnent ainsi du bruit dans les locaux. Il est théoriquement possible de caractériser la puissance vibratoire des stores, ainsi que le rayonnement de traverses, bien que cela n'ait jamais été réalisé à ce jour. Des moyens peuvent être définis pour limiter le bruit : insertion entre deux vitrages, interposition de résilients, renforcement de la rigidité des profils, etc. Et des mesures en laboratoire du niveau de bruit peuvent être effectuées, cependant les essais d'endurance du fonctionnement des stores devront être réalisés avec les dispositions d'amélioration acoustique.

On notera que le bruit du fonctionnement des stores est surtout problématique pour les usagers lorsque leur fonctionnement est programmé, et moins si leur commande est manuelle.

Les bruits liés à la pluie et au vent, ainsi que celui bruit des stores peuvent être gênants, cependant la prédiction des résultats est compliquée. Il est donc délicat de fixer des objectifs de performance.

CALCULS DES ISOLEMENTS ACOUSTIQUES

ISOLEMENT ACOUSTIQUE DES BRUITS EXTERIEURS

Les bruits extérieurs se propagent à travers les **différents éléments de façades** : ouvrants, fixes, éléments opaques, maçonnerie, les éventuelles entrées d'air ainsi que parfois les coffres volets de roulants.

L'isolement $D_{nT,A,tr}$ entre l'extérieur et les locaux intérieurs dépend de la performance de chaque élément de façade et du volume des locaux.

La qualité de mise en œuvre a une influence primordiale, puisque la moindre fuite d'air se traduit par une transmission de bruit. Cela concerne en particulier la qualité de l'étanchéité au pourtour de tous les ouvrants.

Chaque élément de construction possède sa propre performance acoustique, caractérisée en laboratoire. Elle est exprimée par **l'indice d'affaiblissement acoustique $R_{A,tr}$** (= $R_w + C_{tr}$), selon la série des normes NF EN ISO 10140.

Le calcul de l'isolement $D_{nT,A,tr}$ est défini dans la norme NF EN ISO 12354-3 selon la formule :

$$D_{nT,A,tr} = 10 \log \left(\frac{0,16 V}{T_0 S} \right) - 10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \times 10^{-\frac{R_{A,tr,i}}{10}} \right)$$

Avec :

V : le volume du local de réception en m^3

S : la surface totale de la façade vue de l'intérieur en m^2 (la somme des surfaces de tous les éléments de la façade)

T_0 : la durée de réverbération de référence en secondes (choisie par l'acousticien afin de correspondre à la valeur lorsque le local est vide. Elle est généralement de 0,5 s ou 0,8 s)

Pour chaque élément i de façade :

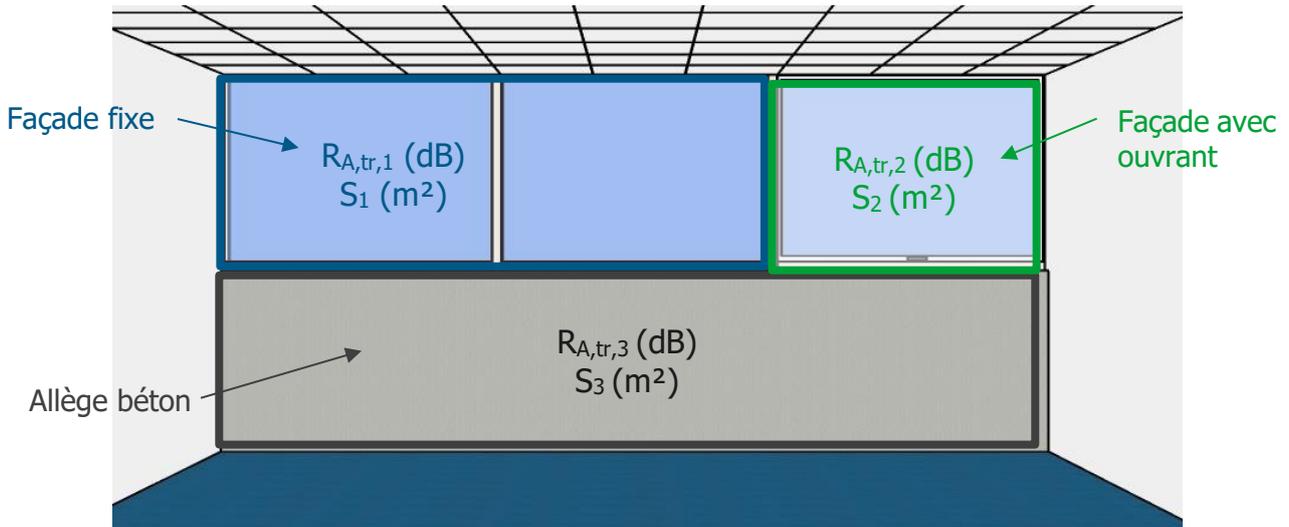
S_i : la surface de l'élément de façade en m^2

$R_{A,tr,i}$: l'indice d'affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs de l'élément de façade i en dB

Le calcul est généralement réalisé avec les indices uniques. Parfois, des objectifs particuliers peuvent être définis sur une ou plusieurs bandes de fréquence, et le calcul sera donc réalisé sur ces bandes.

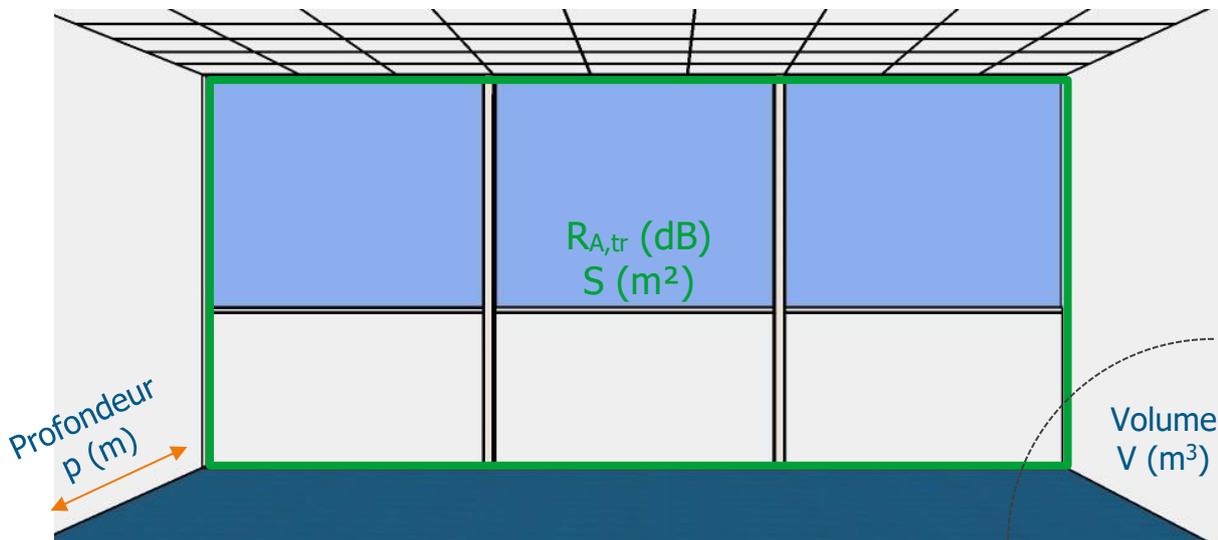
En règle générale, selon le DTU 33.1 les façades ne sont pas conçues pour contribuer aux apports d'air nécessaires à la ventilation des locaux, et **ne comportent donc pas d'entrées d'air**. Dans le cas contraire, elles doivent être prises en compte dans le calcul spécifiquement au moyen de leur indice d'isolement $D_{n,e,w} + C_{tr}$ et de leur nombre par pièce. Il en va de même pour les coffres de volets roulants.

Par exemple, pour une **façade semi-rideau**, les trois éléments à considérer sont les parties de **façades fixes**, **parties avec ouvrants**, et **l'allège en béton** :



Pour une façade rideau, il n'y a qu'un seul élément à prendre en compte. En introduisant la profondeur p du local, lorsque le local est rectangulaire et non situé en angle, telle que $p = V/S$, la formule précédente devient :

$$D_{nT,A,tr} = 10 \log\left(\frac{0,16 \times p}{T_0}\right) + R_{A,tr}$$



Le tableau suivant présente les valeurs du premier terme de la formule précédente, en fonction de la **profondeur du local p** et de la **durée de réverbération de référence T_0** considérée :

$10 \log\left(\frac{0,16 \times p}{T_0}\right)$ en dB		Durée de réverbération de référence T_0	
		0,5 s	0,8 s
Profondeur p	3 m	0	-2
	4 m	1	-1
	5 m	2	0

On constate alors que pour un bureau fixe cloisonné avec une **durée de réverbération de référence de 0,5 seconde** et une **profondeur du local de 3 mètres**, la formule de calcul de l'isolement se simplifie :

$$D_{nT,A,tr} = R_{A,tr}$$

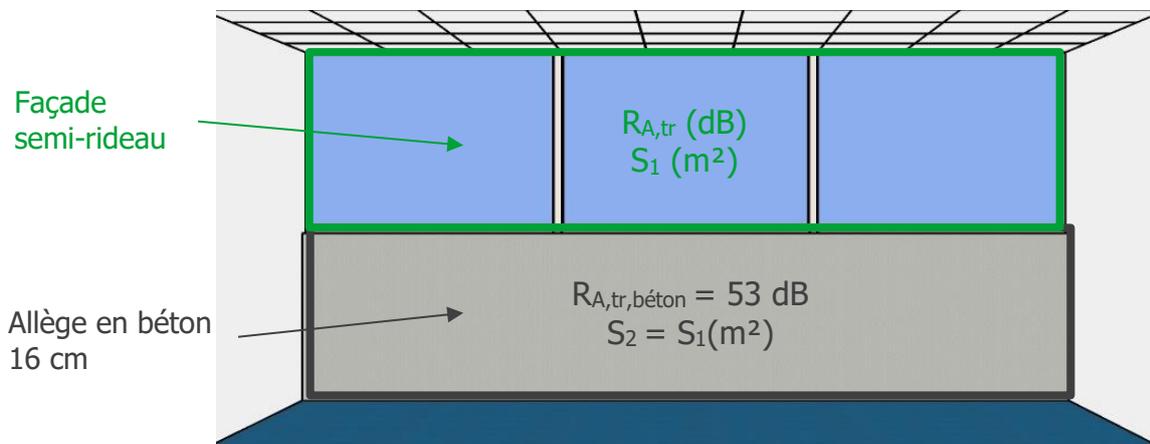
Et pour des grands bureaux, par exemple en plateau, avec **une profondeur de 5 mètres et une durée de réverbération de référence de 0,8 seconde**, la formule de calcul de l'isolement reste la même.

Cela signifie que dans la plupart des cas, l'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$ de la façade devra être au moins supérieur à l'isolement de la façade. Il s'agit d'un ordre de grandeur courant, qui doit **néanmoins être adapté au cas par cas par l'acousticien de maîtrise d'œuvre.**

Pour une façade rideau, on pourra retenir en première approche que l'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$ de la façade doit être au moins supérieur ou égal à l'objectif d'isolement $D_{nT,A,tr}$ requis:

$$R_{A,tr \text{ façade}} \geq D_{nT,A,tr \text{ requis}}$$

Autre exemple pour une façade semi-rideau, avec une allège béton de 16 cm représentant la moitié de la surface de la façade et un indice d'affaiblissement $R_{A,tr} = 53$ dB.



La formule d'isolement s'écrit, avec l'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$ de la façade semi-rideau :

$$D_{nT,A,tr} = 10 \log \left(\frac{0,16 p}{T_0} \right) - 10 \log \left(\frac{1}{2} \right) - 10 \log \left(10^{-\frac{R_{A,tr}}{10}} + 10^{-\frac{53}{10}} \right)$$

Tant que l'indice d'affaiblissement de la façade $R_{A,tr} \leq 43$ dB, ce qui est très souvent le cas pour des façades vitrées, le terme $10^{-\frac{53}{10}}$ est 10 fois inférieur au terme $10^{-\frac{R_{A,tr}}{10}}$, et peut donc être négligé.

La formule devient :

$$D_{nT,A,tr} \approx 10 \log \left(\frac{0,16 \times p}{T_0} \right) + R_{A,tr} + 3$$

Par rapport à une façade rideau qui correspond à la totalité de la surface de façade, une **façade semi-rideau qui représente seulement la moitié de la façade donnera un isolement supérieur de 3 dB.**

Pour une façade semi-rideau représentant la moitié de la surface de façade, on pourra retenir en première approche que l'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$ de la façade doit être au moins supérieur au égal à l'objectif d'isolement $D_{nT,A,tr}$ diminué de 3 décibels :

$$R_{A,tr \text{ façade}} \geq D_{nT,A,tr \text{ requis}} - 3 \text{ dB}$$

Les acousticiens préconisent couramment **des indices d'affaiblissements acoustiques supérieurs** à ceux requis par les calculs, avec des **marges de l'ordre de 1 à 3 dB**, pour s'adapter au contexte du projet ou du fait de l'absence de précision des données acoustiques disponibles pour tous les composants de la façade, par exemple les grandes dimensions de certains vitrages ou les constitutions de certains remplissages opaques.

ISOLEMENT ACOUSTIQUE DES BRUITS INTERIEURS

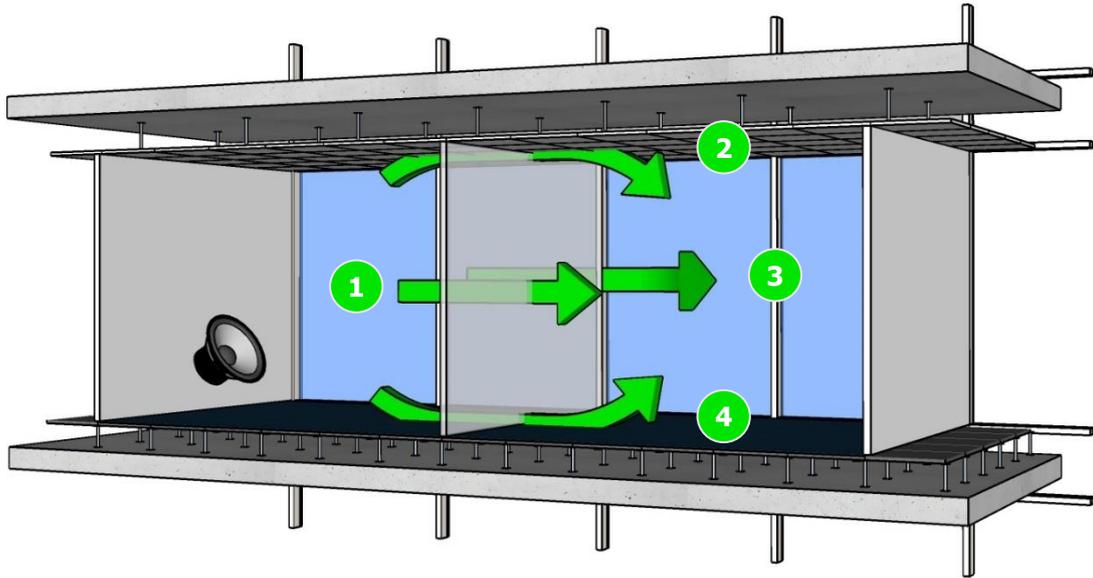
Lors d'une transmission de bruit entre deux locaux adjacents, les bruits se propagent à la fois à travers les cloisons, qu'on appelle les **transmissions directes**, mais aussi via les plafonds, les planchers et les façades filantes, on les appelle les **transmissions latérales**.

L'isolement $D_{nT,A}$ entre deux locaux dépend des transmissions par la cloison, mais aussi par les plafonds, planchers et les façades

La qualité de mise en œuvre a une influence primordiale, puisque la moindre fuite d'air, notamment à la jonction entre ces éléments, se traduit par une transmission de bruit et une chute importante de l'isolement acoustique.

Chaque élément de construction possède sa propre performance acoustique, caractérisée en laboratoire selon qu'il s'agisse d'une transmission directe ou indirecte, exprimée :

- Par l'indice d'affaiblissement acoustique $R_A (= R_w + C)$ pour la cloison en transmission directe
- Par l'indice d'isolement acoustique latéral $D_{n,f,w} + C$ pour le plafond technique, la façade filante et le plancher technique en transmission latérale



- 1 Transmission directe par la cloison : indice d'affaiblissement acoustique R_{Δ}
- 2 Transmission latérale par le plafond technique : isolement latéral normalisé $D_{n,f,w} + C$ suspendu
- 3 Transmission latérale par la façade légère filante : isolement latéral normalisé $D_{n,f,w} + C$
- 4 Transmission latérale par le plancher technique : isolement latéral normalisé $D_{n,f,w} + C$ suspendu

La performance d'isolement latéral d'une façade légère filante est caractérisée par l'indice $D_{n,f,w} + C$. Cependant, cette valeur n'est pas toujours disponible chez les fabricants

De plus, d'autres voies de transmissions peuvent être prises en compte : transmissions par les portes, par les conduits de ventilation, par les défauts de mise en œuvre, etc.

Pour calculer l'isolement $D_{nT,A}$ selon la norme NF EN ISO 12354-1, compte-tenu de la présence d'éléments légers en transmission latérale, la formule est simplifiée. Le principe est d'évaluer l'isolement de la transmission directe, puis de prendre en compte les transmissions latérales.

Comme pour l'isolement sur l'extérieur, le calcul est réalisé si nécessaire par bandes de fréquences. A des fins pédagogiques, le calcul est mené ci-dessous en valeur globale, mais le principe reste identique par bandes de fréquences.

Le calcul de l'isolement, compte tenu de la configuration avec des éléments légers contribuant à la transmission latérale, est le suivant :

$$D_{nT,A} = 10 \log \left(\frac{0,16 V}{T_0 S} \right) - 10 \log \left(\underbrace{10^{-\frac{R_{A, \text{cloison}}}{10}}}_{\text{Transmission directe}} + \sum_{i=1}^n \underbrace{10^{-\frac{[R_{Ff,w}+C]_i}{10}}}_{\text{Transmissions latérales}} \right)$$

Avec :

V : le volume du local de réception en m^3

S : la surface totale de la cloison vue de l'intérieur du local de réception en m^2

T_0 : la durée de réverbération de référence en s

$R_{A, \text{cloison}}$: l'indice d'affaiblissement de la cloison en dB

$[R_{Ff,w} + C]_i$: l'indice d'affaiblissement acoustique latéral pondéré avec le terme d'adaptation en dB pour chaque élément léger i : plafond technique, façade filante et plancher technique

Cet indice d'affaiblissement acoustique latéral $R_{Ff,w} + C$ peut être évalué au moyen de l'isolement latéral pondéré $D_{n,f,w} + C$ mesuré en laboratoire selon la norme NF EN ISO 10848-2, avec la formule :

$$[R_{Ff,w} + C] = [D_{n,f,w} + C] - 10 \log \left(\frac{1}{l_{\text{lab}}} \frac{0,16 V}{T_0 S} \right)$$

Avec :

l : la longueur de jonction entre l'élément latéral et la cloison séparative

l_{lab} : la longueur de jonction entre l'élément latéral et la cloison séparative en laboratoire

On retiendra que l'isolement mesuré en laboratoire doit être corrigé selon la longueur l de jonction entre la façade et la cloison séparative avec la formule :

$$[D_{n,f,w} + C]_{\text{projet}} = [D_{n,f,w} + C]_{\text{laboratoire}} + 10 \log \left(\frac{l_{\text{lab}}}{l} \right)$$

Pour les éléments latéraux verticaux tels que les façades, l_{lab} est généralement de l'ordre de 2,7 à 3 m. En pratique, lorsque la hauteur sous plafond est inférieure ou égale à 2,7 m, il n'y a pas de correction à appliquer. En revanche pour une transmission en verticale, la correction sera négative si la largeur de la pièce est supérieure à 2,7m, par exemple pour une pièce de 4m de largeur, $10 \log (2,7/4) = -1,7 \text{ dB}$.

Afin d'estimer rapidement l'isolement, **une approche simplifiée** est proposée ci-dessous au moyen des indices uniques. Il faut tout d'abord estimer l'isolement dû à la transmission directe $D_{nT,A, \text{direct}}$ (on pourra consulter le guide cloisons démontables du SNFA pour plus d'informations à ce sujet) :

$$D_{nT,A, \text{direct}} = R_A + 10 \log \left(\frac{0,16 V}{T_0 S} \right)$$

Avec $T_0 = 0,5 \text{ s}$, la formule devient :

$$D_{nT,A, \text{direct}} = R_A + 10 \log \left(\frac{V}{S} \right) - 5$$

Ensuite, pour calculer l'isolement global $D_{nT,A}$, il faut « ajouter » toutes les contributions d'isollements (direct et latéraux) deux à deux, en partant des valeurs les plus faibles. Pour « ajouter » deux contributions d'isollements, on retient la valeur la plus faible des deux, et on la réduit de la correction figurant dans le tableau ci-dessous :

Ecart entre deux valeurs	Correction
Ecart de 0 à 1 dB	- 3 dB
Ecart de 2 à 3 dB	- 2 dB
Ecart de 4 à 9 dB	- 1 dB
Ecart > 9 dB	0 dB

Exemple 1 : transmissions horizontales

Considérons un local rectangulaire de hauteur $H = 2,7\text{m}$, de largeur $L = 5\text{m}$ et de profondeur $P = 3\text{m}$. Le rapport V/S correspond à la profondeur du local et vaut donc 3 m . Avec une durée de réverbération de référence $T_0 = 0,5\text{ s}$, et une cloison présentant un indice $R_A = 41\text{ dB}$, l'isolement de la transmission directe est :

$$D_{nT,A \text{ direct}} = 41 + 10 \log (3) - 5 = 41 \text{ dB}$$

Ensuite, en considérant par exemple les éléments légers filants suivants :

- Un plancher technique $D_{n,f,w} + C = 42 \text{ dB}$
- Un plafond technique $D_{n,f,w} + C = 40 \text{ dB}$
- **Une façade filante** **$D_{n,f,w} + C = 42 \text{ dB}$**

Le calcul de l'isolement global peut donc être estimé en combinant les isollements deux par deux :

$$\begin{array}{l}
 D_{nT,A \text{ direct}} = 41 \text{ dB} \\
 D_{n,f,w} + C \text{ plafond} = 40 \text{ dB} \\
 D_{n,f,w} + C \text{ plancher} = 42 \text{ dB} \\
 D_{n,f,w} + C \text{ façade} = 42 \text{ dB}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l} \oplus \\ \oplus \end{array} \right\} \text{Ecart de 1 dB} \Rightarrow 37 \text{ dB} \\
 \left. \begin{array}{l} \oplus \\ \oplus \end{array} \right\} \text{Ecart de 0 dB} \Rightarrow 39 \text{ dB}
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \oplus \\ \oplus \end{array} \right\} \text{Ecart de 2 dB} \Rightarrow \mathbf{D_{nT,A} = 35 \text{ dB}}$$

Avec les éléments de cet exemple, une façade présentant un indice $D_{n,f,w} + C$ de 42 dB permet de respecter un isolement $D_{nT,A} \geq 35\text{ dB}$ qui correspond aux objectifs HQE d'isollements entre bureaux fixes en niveau de base « C », ou en niveau supérieur « B » pour les bureaux modulaires.

On notera également que l'isolement latéral de la façade $D_{n,f,w} + C$ est supérieur de 7 dB à l'isolement $D_{nT,A}$ obtenu ($35+7=42$) Cette valeur varie couramment entre 7 et 10 dB selon les projets, et elle doit être adaptée au cas par cas par l'acousticien de maîtrise d'œuvre.

En horizontal, en première approche on pourra considérer que l'isolement latéral de la façade $D_{n,f,w} + C$ doit être au moins supérieur ou égal à l'isolement $D_{nT,A}$ recherché augmenté de 7 à 10 dB

Exemple 2 : transmissions verticales

Etudions maintenant **deux bureaux superposés en partie courante de la façade**, de dimensions identiques à celles de l'exemple précédent (hauteur $H = 2,7\text{m}$, de largeur $L = 5\text{m}$ et de profondeur $P = 3\text{m}$). Le rapport V/S correspond ici à la hauteur sous plafond, donc $2,7\text{m}$. Les planchers sont des dalles en béton avec un indice d'affaiblissement R_A de 58 dB . L'isolement de la transmission directe en vertical est :

$$D_{nT,A \text{ direct}} = 58 + 10 \log(2,7) - 5 = 57 \text{ dB}$$

Ensuite, le seul élément léger filant en transmission vertical est la façade, que l'on suppose avoir un isolement mesuré en laboratoire de $D_{n,f,w} + C = 38\text{ dB}$. Si cet isolement a été mesuré en laboratoire pour une longueur de $2,7\text{m}$, comme la largeur du local est de 3m , une correction doit être appliquée :

$$[D_{n,f,w} + C]_{\text{projet}} = 38 + 10 \log(2,7/3) = 38 \text{ dB}$$

La combinaison de la transmission directe et de la transmission latérale donne l'isolement :

$$\begin{array}{l} D_{nT,A \text{ direct}} = 57 \text{ dB} \\ D_{n,f,w} + C \text{ façade} = 38 \text{ dB} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \oplus \end{array} \right\} \text{Ecart de } 19 \text{ dB} \Rightarrow \mathbf{D_{nT,A} = 38 \text{ dB}}$$

On observe ici que l'isolement entre locaux est uniquement dû à la contribution de la façade, celle qui se propage à travers le plancher étant complètement négligeable.

Lorsque l'on réalise le calcul pour **une pièce en angle de bâtiment**, cela conduit à un linéaire de façade important, de 8m (3m de profondeur et 5m de largeur). Dans ce cas l'isolement $D_{nT,A}$ serait :

$$D_{nT,A} \approx [D_{n,f,w} + C] = 38 + 10 \log(2,7/8) = 33 \text{ dB}$$

On constate que l'isolement obtenu pour une pièce en angle de bâtiment est réduit de 5 décibels par rapport à un cas de partie courante de bâtiment. Il s'agit généralement de la configuration la plus défavorable du bâtiment, et on pourra retenir à titre de notion générale que l'isolement latéral de la façade doit être supérieur ou égal à 5 dB de plus que l'isolement $D_{nT,A}$ recherché.

En vertical, en première approche on pourra considérer que l'isolement latéral de la façade $D_{n,f,w} + C$ doit être au moins supérieur ou égal à l'isolement vertical $D_{nT,A}$ recherché, augmenté de 5 dB .

Il est à nouveau rappelé que ces exemples et règles générales doivent être adaptées au cas par cas par l'acousticien selon le projet étudié.



FAÇADES LEGERES ET ISOLEMENT EXTERIEUR

Ce chapitre présente les **différents types et techniques de façades**, et leur influence sur l'indice d'affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs $R_{A,tr}$.

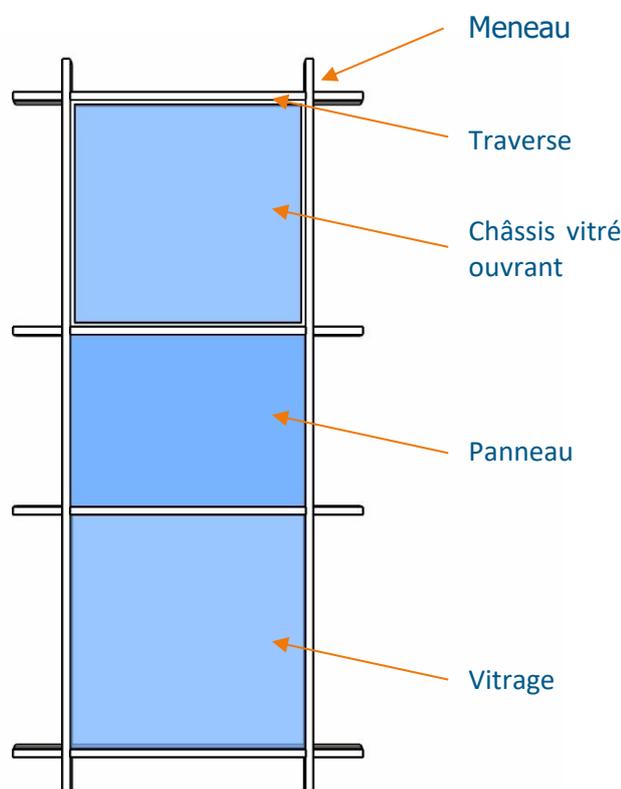
REPLISSAGES

Les façades rideaux sont constitués d'ossatures, les meneaux et les traverses, ainsi que de **remplissages tels que les vitrages fixes, châssis ouvrants et panneaux opaques**.

L'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$ d'une façade correspond à l'ensemble comprenant les ossatures et les remplissages. Il est déterminé en laboratoire selon la série des normes NF EN ISO 10140, sur un échantillon représentatif de la façade.

Cependant, les façades étant souvent spécifiques au projet de construction, l'essai en laboratoire n'est pas toujours réalisé à chaque projet.

L'influence sur l'indice d'affaiblissement des différents éléments, notamment les remplissages, est présentée ci-dessous.



VITRAGES

La performance des doubles vitrages est tout d'abord liée à l'épaisseur totale des éléments verriers, ainsi qu'à la dissymétrie existante entre les verres. La différence d'épaisseur permet d'éviter la coïncidence des fréquences de résonance des vitrages.

A titre d'exemples, on peut citer le **référentiel CEKAL** des doubles vitrages isolants qui fournit des valeurs d'indices d'affaiblissement en fonction de la composition des vitrages (et permet de définir des classes AR) :

Classe	Indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$	Règles de composition	
		Somme d'épaisseur des composants verriers	Différence d'épaisseur des composants verriers
Classe AR1	25 à 27 dB	≥ 8 mm	quelle que soit la différence
Classe AR2	28 à 29 dB	≥ 10 mm	≥ 2 mm
Classe AR3	30 à 32 dB	≥ 14 mm	≥ 4 mm
Classe AR4	33 à 34 dB	≥ 18 mm	≥ 2 mm
Classe AR5	≥ 35 dB	Mesures nécessaires en laboratoire	

Pour rechercher des indices d'affaiblissement $R_{A,tr}$ au-delà de 35 dB, on pourra retenir des doubles vitrages comportant un **verre feuilleté acoustique**. Ils comportent un film PVB acoustique (Polybutyral de Vinyle) entre deux verres afin d'apporter de l'amortissement et améliorer les performances acoustiques.

Attention il ne faut pas les confondre avec les feuilletés classiques qui ne sont utilisés qu'à des fins de sécurité, de retard d'effraction ou autre, et qui présentent des performances acoustiques plus faibles.

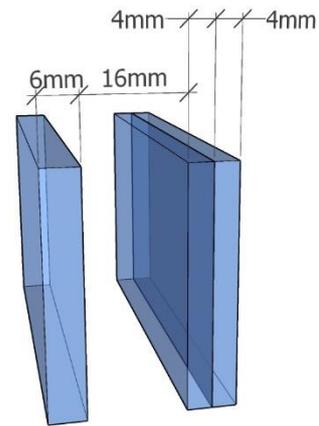
En revanche, les **triples vitrages** ne présentent pas d'intérêt sur le plan acoustique, leurs performances sont généralement faibles.

Les indices d'affaiblissement acoustique $R_{A,tr}$ des vitrages varient selon leur compositions de 27 dB à 40 dB pour les plus performants. Pour aller au-delà, il faudra passer en façade double peau (voir chapitre « *Façades simple ou double peau* »).

La norme NF EN ISO 12354-3 indique que pour un groupe important de vitrages, disons R_w inférieur à 37 dB, soit environ $R_{A,tr}$ de 35 dB, la transmission acoustique par le châssis de la fenêtre peut être négligée sous réserve de considérer la surface du vitrage plus celle du châssis dans les calculs.

Pour les façades légères, on pourra donc retenir que l'indice d'affaiblissement de la façade $R_{A,tr}$ (= $R_w + C_{tr}$) est identique à celui du vitrage jusqu'à 35 dB.

De plus, la norme produit des façades rideaux NF EN 13830 indique qu'il est possible d'utiliser le résultat d'un essai acoustique d'affaiblissement d'un élément de façade avec des vitrages différents de l'essai si les vitrages ont un indice d'affaiblissement supérieur ou égal à celui de l'essai.



Exemple de double vitrage avec un verre feuilleté 44.2 acoustique 6/16/44.2 Acoustique $R_{A,tr} = 36$ dB

Jusqu'à 35 dB, l'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$ dépend du vitrage, au-delà il faut considérer l'influence des meneaux et traverses

La dimension et la forme des vitrages peuvent avoir une influence sur la performance acoustique. De façon conventionnelle dans la norme produit des vitrages, les essais sont réalisés en laboratoire pour une dimension de 1,23m x 1,48m. L'acousticien devra préciser les éventuelles incidences des dimensions et de formes sur l'indice d'affaiblissement requis du vitrage et de la façade, dans la notice acoustique du CCTP.

Pour les façades légères, il existe plusieurs **types de fixation des vitrages** :

- Vitrage parclosé (VEP)
- Vitrage extérieur collé (VEC)
- Vitrage à clameaux
- Vitrage extérieur agrafé (VEA)

Cependant la fixation des vitrages n'aurait pas une influence très importante sur l'indice d'affaiblissement, dès lors qu'elles assurent le clos et couvert.

Dans les cas courants, jusqu'à 38 dB, le type de fixation du vitrage n'a pas d'influence sur l'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$

Lorsqu'ils sont correctement posés, la présence **d'ouvrants** à frappe ne diminue pas la performance acoustique d'une façade. Cependant, ils constituent des points faibles qui nécessitent des réglages à différents stades du chantier afin d'assurer **la bonne compression des joints**.

Les ouvrants **DAS de désenfumage ou d'accès pompiers constituent des points faibles sur le plan acoustique** (la compression continue des joints étant difficile à assurer), **et doivent être évités dans les locaux sensibles**.

En phase chantier, le réglage des ouvrants est essentiel pour assurer la parfaite étanchéité à l'air et obtenir l'isolement acoustique visé.

De même les joints de dilatation du bâtiment doivent être évités dans les locaux sensibles car ils peuvent constituer un point faible pour l'isolement acoustique.

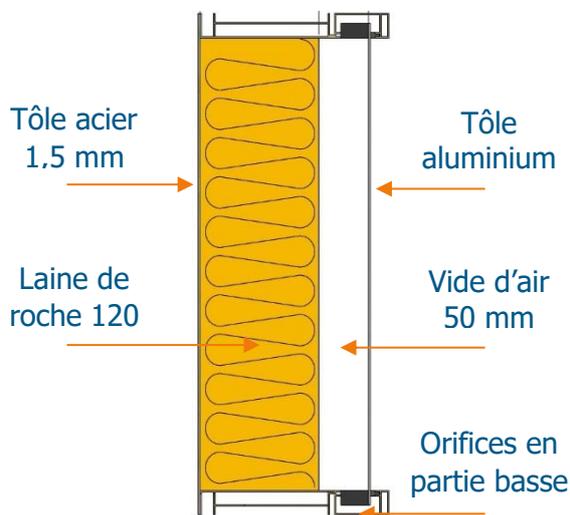
PANNEAUX OPAQUES

La performance des élément de remplissage dépend de leur composition, avec des indices d'affaiblissement $R_{A,tr}$ qui peuvent varier entre 20 et 50 dB environ. On distingue en particulier deux types de panneaux :

- **Élément de remplissage de façade "EdR"** préfabriqués et constitués d'une âme isolante, sur laquelle s'assemble par collage une paroi intérieure et une paroi extérieure en verre, acier, aluminium, stratifié, fibres-ciment, etc. Ces éléments sont sous avis technique.
 - Les **EdR en polystyrène (PSE) ou polyuréthane (PU)** avec parements en aluminium de part et d'autre ont des performances entre 20 et 30 dB, ce qui est faible et généralement **incompatible avec un objectif d'isolement $D_{nT,A,tr}$ de 30 dB**.
 - Les **EdR avec isolant en laine minérale et plaques de plâtre** ont des performances bien supérieures, et peuvent répondre à des **objectifs d'isolement $D_{nT,A,tr}$ supérieurs ou égaux à 30 dB**.
- **Panneaux ventilés** constitués d'une tôle métallique sur laquelle est fixée un isolant en laine minérale. Le parement extérieur peut être de différente nature (verre, acier, etc.) mais il doit être ventilé. Les orifices de ventilation sont en général en partie basse uniquement, soit en haut et en bas ce qui plus rare et a priori moins performant.

Ces panneaux ont des performances acoustiques supérieures à celles des panneaux sandwichs et peuvent être compatibles avec des isolements acoustiques $D_{nT,A,tr}$ supérieurs à 30 dB.

Exemple de panneau ventilé, $R_{A,tr} \approx 43$ dB



Lorsque les panneaux opaques sont constitués d'isolants en PSE et PU, leur indice d'affaiblissement est faible (EdR). Un isolant en laine minérale ou végétale et des parements en acier, bois ou fibreciment doivent être privilégiés (panneaux ventilés, etc.).

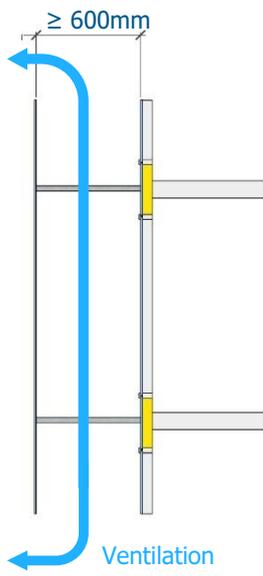
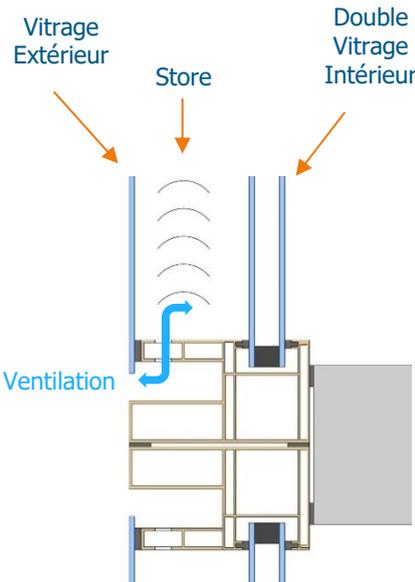
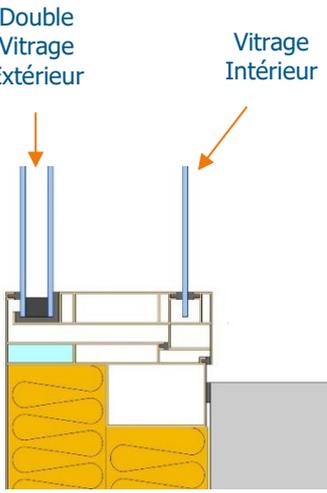
FAÇADES SIMPLE OU DOUBLE PEAU

Les façades **double peau et multi-parois** seront généralement plus performantes qu'une façade simple peau. Le gain dépend de la **distance entre les parois vitrées**, qui est au minimum de 40 mm, ainsi que de la **ventilation** ou non de la lame d'air entre les peaux.

Pour les **parois double peau ou façades multiples avec deux ossatures**, lorsque la distance entre les peaux est supérieure à 600 mm, l'isolement de la façade seule est généralement amélioré significativement, jusqu'à **10 décibels** environ. Cette amélioration dépend du taux d'ouverture de la peau extérieure : plus elle sera étanche à l'air, meilleur sera le gain acoustique.

Pour les **façades multi-parois**, lorsque la ventilation est nécessaire, par exemple **pour les façades respirantes ou faiblement ventilée**, le gain apporté par la peau extérieure est relativement faible et peut être estimé de **2 à 4 décibels**. Le gain sera d'autant plus faible que le vitrage intérieur sera performant.

Dans le cas de la technique de **façade multi-parois « survitrage »**, avec une peau intérieure en simple vitrage rapportée, la ventilation de la lame d'air n'est pas nécessaire et le **gain peut être important**, en particulier lorsque la distance entre les peaux est grande.

Double peau	Façade multi-parois Respirante ou faiblement ventilée	Façade multi-parois Survitrage
 <p>$\geq 600\text{mm}$</p> <p>Ventilation</p>	 <p>Vitrage Extérieur</p> <p>Store</p> <p>Double Vitrage Intérieur</p> <p>Ventilation</p>	 <p>Double Vitrage Extérieur</p> <p>Vitrage Intérieur</p>
<p>Gain sur $R_{A,tr} \approx + 3 \text{ à } 10 \text{ dB}$</p> <p>Dépend du taux d'ouverture de la peau extérieure (passage de l'air)</p>	<p>Gain sur $R_{A,tr} \approx + 2 \text{ à } 4 \text{ dB}$</p> <p>Dépend du vitrage intérieur, de la distance entre les vitrages et de la ventilation de la lame d'air, par exemple pour un vide de 5 cm :</p> <p>Si $R_{A,tr} \text{ intérieur} \leq 33 \text{ dB}$: + 3 à 4 dB</p> <p>Si $R_{A,tr} \text{ intérieur} > 33 \text{ dB}$: + 2 à 3 dB</p>	<p>Gain sur $R_{A,tr} \approx + 3 \text{ à } 10 \text{ dB}$</p> <p>Dépend du vitrage extérieur, de la distance entre les vitrages et de ventilation de la lame d'air.</p>

QUELQUES EXEMPLES ET BONNES PRATIQUES

Considérons une **façade rideau** d'un bureau de 4 m de largeur par 3 m de profondeur, qui doit respecter différents isolements $D_{nT,A,tr}$ définis avec une durée de réverbération de référence T_0 de 0,5 s.

D'après la formule du chapitre « *Isolement acoustique des bruits extérieurs* », **l'indice d'affaiblissement de la façade $R_{A,tr}$ doit être au minimum égal à l'isolement $D_{nT,A,tr}$.**

Les cas ci-dessous donnent des exemples de solutions techniques, en montrant notamment l'incidence d'une augmentation de 3 dB des objectifs visés, notamment lorsque la tolérance de mesures est nulle (et non de 3 dB), ou si une marge de 3 dB est prise sur les moyens à mettre en œuvre. On constate alors que les impacts technico-économiques sont d'autant plus importants que les exigences sont élevées.

EXEMPLE 1

Exigences d'isollements acoustiques	Exemples de façades rideaux
$D_{nT,A,tr} \geq 35$ dB	$R_{A,tr} \geq 35$ dB Façade simple peau avec vitrage de 37 mm (6/20/55.2)
$D_{nT,A,tr} \geq 38$ dB	$R_{A,tr} \geq 38$ dB Façade simple peau avec vitrage de 37 mm (8/16/66.2 Acoustique) Quincaillerie renforcée

Une augmentation de 3 dB sur l'exigence de façade nécessite une augmentation de l'épaisseur des composants du vitrage, l'introduction d'un film acoustique, ainsi qu'un renforcement des ossatures car le poids du vitrage a été augmenté de 25%.

EXEMPLE 2

Exigences d'isollements acoustiques	Exemples de façades rideaux
$D_{nT,A,tr} \geq 39$ dB	$R_{A,tr} \geq 39$ dB Façade simple peau
$D_{nT,A,tr} \geq 42$ dB	$R_{A,tr} \geq 42$ dB Façade double peau ou multi-parois

Une augmentation de 3 dB sur l'exigence de façade nécessite de passer d'une façade simple peau à une façade double peau ou multi-parois, soit un coût fortement augmenté.

Plus les objectifs d'isollements extérieurs augmentent, plus les moyens à mettre en œuvre deviennent importants et coûteux. L'impact des marges de sécurité, même de 1 à 3 dB, a des incidences financières non négligeables. Si une marge de sécurité nulle est choisie, alors un suivi resserré du déroulement du chantier et de la mise en œuvre est nécessaire.



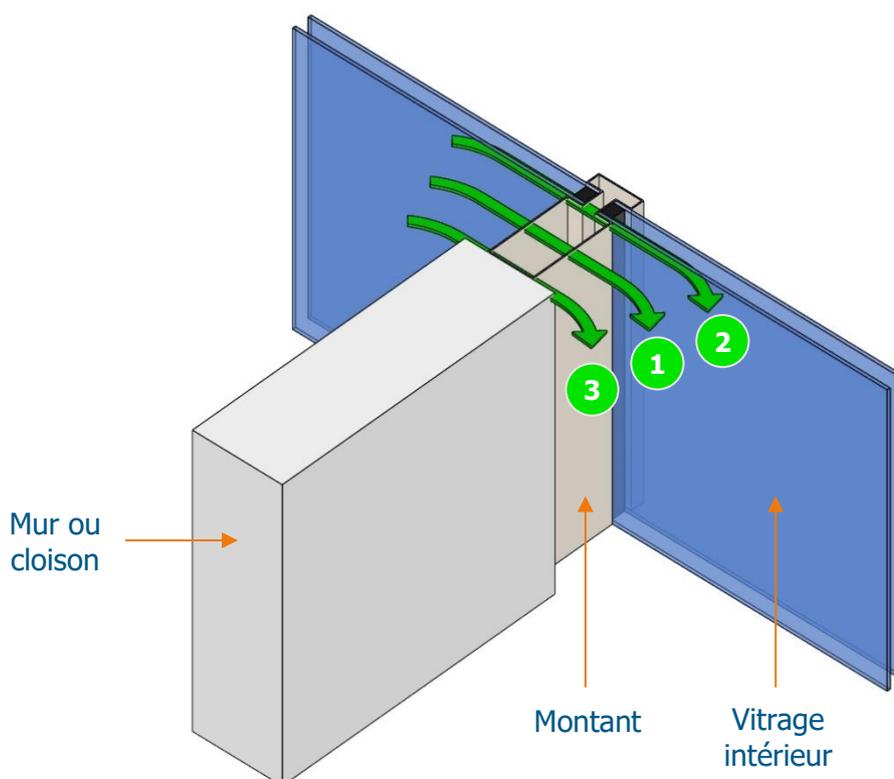
FAÇADES LEGERES ET ISOLEMENT INTERIEUR

Ce chapitre présente les **différents types et techniques de façades**, et leur influence sur l'indice d'isolement acoustique latéral $D_{n,f,w}+C$ des bruits intérieurs. Compte tenu des techniques, la problématique est présentée pour les transmissions horizontales, puis les transmissions verticales. Les cas des différentes techniques de façades sont ensuite présentés, et enfin les détails de traitements acoustiques des jonctions sont abordés.

TRANSMISSIONS HORIZONTALES

Les transmissions horizontales par les façades ont trois origines, qui sont par ordre d'importance les suivantes :

- 1 Transmission à travers le montant
- 2 Transmission par les vitrages
- 3 Jonction entre le montant et la cloison



1 La transmission par les montants est la transmission de bruit généralement prépondérante.

Cette transmission varie en fonction de plusieurs paramètres du meneau :

- **Ses dimensions** : une réduction de la largeur mais surtout une **augmentation de la profondeur** du montant (c'est-à-dire la distance entre la cloison et le vitrage) **diminue fortement l'isolement acoustique du meneau**. C'est un paramètre important car la surface exposée est plus grande, et la cavité créée par le meneau détermine la fréquence de résonance du système et donc sa faiblesse d'isolement.

- **Lorsque les meneaux sont en deux parties**, l'isolement est généralement meilleur que lorsqu'ils sont simples. C'est notamment le cas avec des façades cadres (voir schémas au chapitre « *Façades cadres* »). **L'assemblage** des meneaux a une grande importance, par exemple des matériaux souples permettront une désolidarisation des parties de meneaux favorable à l'isolation acoustique.
- **Le remplissage des meneaux** : pour améliorer l'isolement acoustique, il peut être envisageable de remplir les montants, avec divers matériaux, voire une combinaison de ceux-ci. Les gains sont des ordres de grandeurs et dépendent de la performance du meneau seul : plus la performance du meneau est faible, plus les gains des traitements seront élevés.

En plus du remplissage du meneau, il est également possible de réaliser un **renforcement acoustique externe par adjonction de matériaux** (acier, viscoélastiques, plaques de plâtre, etc..). Des exemples sont présentés dans le chapitre «

Traitements acoustiques des jonctions ». L'amélioration apportée par les matériaux ajoutés est similaire pour un produit posé à l'intérieur ou à l'extérieur des montants.

2 **La transmission par le vitrage, en particulier le parement intérieur**, n'a pas d'influence sur l'isolement jusqu'à un indice $D_{n,f,w} + C$ d'environ **50 dB**. Ainsi dans la plupart des cas courants de locaux de bâtiments, on ne s'intéressera pas au vitrage jusqu'à un isolement $D_{nT,A}$ de 40 dB, qui sera dimensionné uniquement par rapport aux contraintes d'isolement extérieur.

En revanche, pour atteindre des performances supérieures, il faudra **renforcer le verre intérieur**.

3 Enfin, **les jonctions entre le montant et la cloison** ont également une influence forte. En fonction du type de mur ou de cloison, du parti architectural, un vide plus ou moins important existe entre la façade et la cloison, et les traitements seront différents. Lorsque le vide est faible (moins de 2 cm) par exemple quand les meneaux s'appuient directement sur un voile béton, la jonction peut être réalisée au moyen de bandes précomprimées de mousse imprégnée et d'un joint souple de part et d'autre. En revanche, lorsque des vides de plus de 2 cm sont à combler, le remplissage sera réalisé au moyen de laine minérale ou végétale avec un habillage en plâtre ou acier. Il s'agit d'une problématique chantier importante qui nécessite un suivi et une attention particulière pour que les objectifs soient atteints. Voir chapitre «

Traitements acoustiques des jonctions ».

Exemples de remplissages des meneaux

La laine minérale (ou végétale) : le gain est modéré, jusqu'à + 7 dB sur un montant simple (mais négligeable sur des doubles montants). Une masse volumique de l'ordre de 70 kg/m^3 favorise sa mise en œuvre et sa tenue dans le temps.

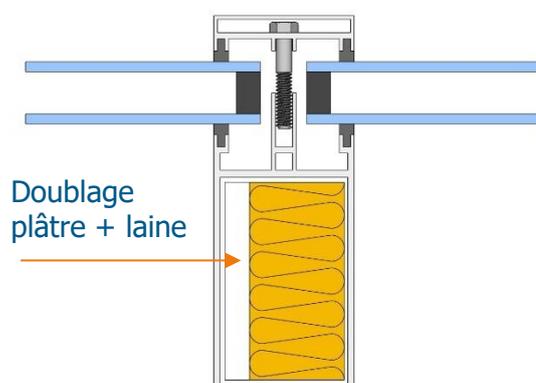
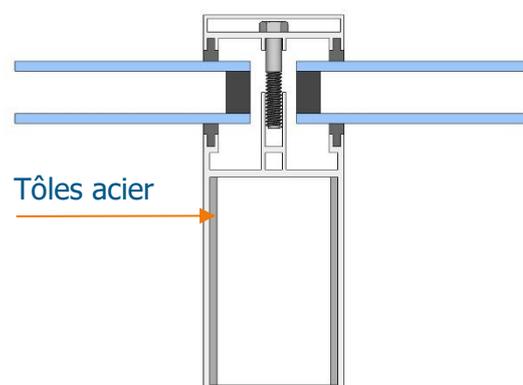
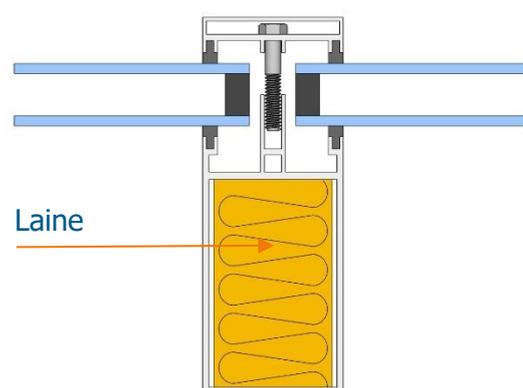
Pour les façades « grille » (voir schéma au chapitre « *Façades grilles* ») le remplissage doit être réalisé en usine de manière à remplir au mieux la cavité du meneau. Pour les façades cadres, avec deux demi-montants, l'insertion de l'isolant est plus aisée.

La laine peut être également introduite dans un profil acier en « U ».

L'acier : des tôles acier peuvent être introduites dans les meneaux et maintenue contre le profil. Le gain peut varier entre 3 à 7 dB environ, selon les épaisseurs des tôles, de 2 à 3 mm d'épaisseur environ.

Les plaques de plâtre : des bandes de plaques de plâtre peuvent être introduites dans les meneaux qui le permettent (sans nervures), avec en complément de la laine minérale, au moyen par exemple de doublages composés d'une plaque de plâtre et d'une laine minérale contrecollée.

Le gain estimé est d'environ + 5 à 10 dB.



Les masses lourdes viscoélastiques apportent de la masse et de l'amortissement aux profilés métalliques. Le gain acoustique est significatif, de + 5 à 10 dB environ, notamment lorsqu'ils sont insérés sur une tôle et des deux côtés.

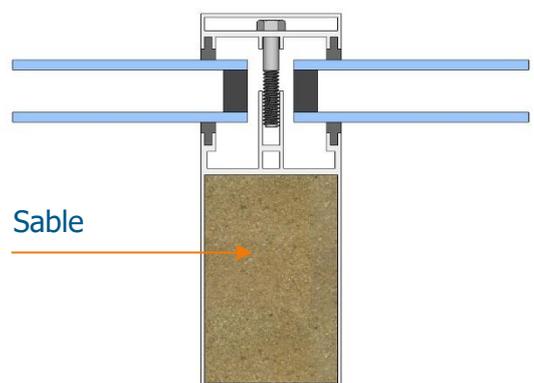
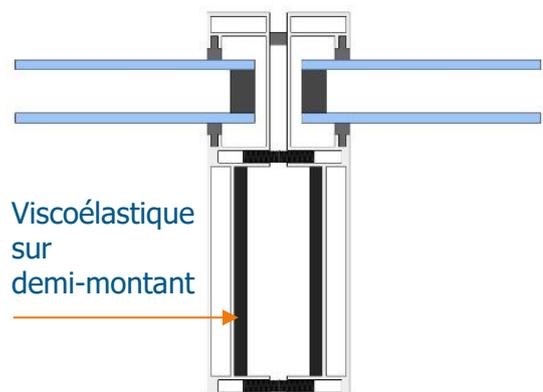
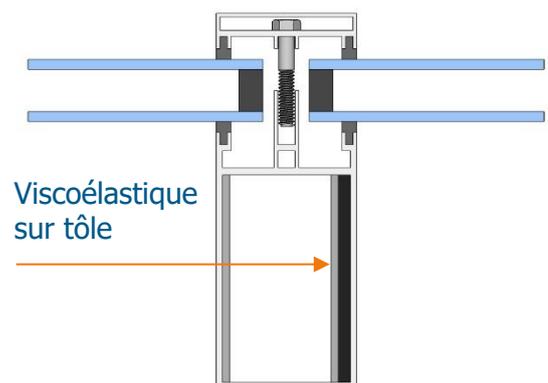
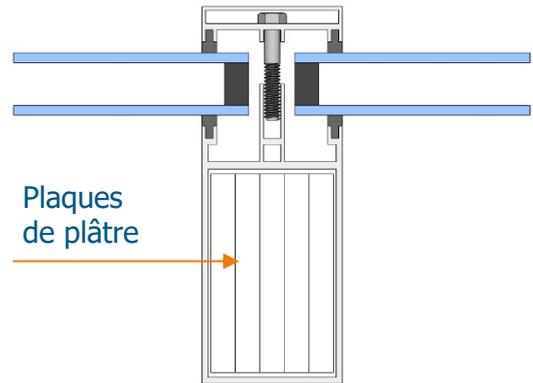
Pour faciliter la mise en œuvre sur des façades grilles, la masse lourde viscoélastique peut être collée sur une tôle avant d'être insérée dans les montants.

Sur une façade cadre, son insertion est plus aisée et peut être réalisée en collant directement le matériau sur un demi-montant.

Néanmoins le coût du matériau viscoélastique est élevé, il dégrade le bilan environnemental du bâtiment, et il nécessite une vérification liée au risque incendie.

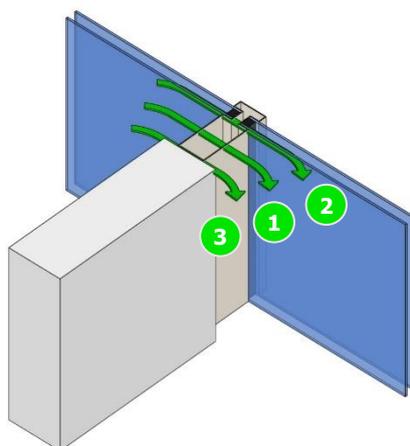
Le sable apporte un gain significatif, de + 5 à 10 dB environ, d'autant plus important que toutes les alvéoles des poteaux soient remplies.

Cette technique est souvent réalisée sur site, en dernier recours, et pose le problème de poids qui doit être étudié en amont, ainsi que l'impossibilité de percer les poteaux lors de l'exploitation du bâtiment.



A noter qu'il est possible **d'estimer en laboratoire la transmission par le montant et les jonctions** (transmissions 1 et 3) au moyen de mesures de l'isolement acoustique aux bruits aériens de petits éléments de construction **$D_{n,e,w} + C$ des montants seuls, sans les traverses et vitrages**. Ces mesures sont réalisées selon la série des normes NF EN ISO 10140. Elles sont moins coûteuses car plus rapides à réaliser, cependant elles restent moins précises car les conditions de mesures sont différentes et ne prennent pas en compte l'association des différents éléments (influences des joints, etc.). Elles permettent néanmoins de comparer différents systèmes et traitements.

Principe des indices d'isolement $D_{n,f,w}+C$ et $D_{n,e,w}+C$



Indice d'isolement acoustique latéral pondéré : $D_{n,f,w}+C = 1 + 2 + 3$

Indice d'isolement acoustique pondéré de petits éléments : $D_{n,e,w}+C = 1 + 3$

Pour obtenir l'isolement $D_{n,f,w}+C$ global partir d'un isolement $D_{n,e,w}+C$, il faudra combiner l'isolement par le vitrage (transmission 2) et l'isolement $D_{n,e,w}+C$ (transmissions 1 et 3), comme cela est présenté au chapitre « *Isolement acoustique des bruits intérieurs* ».

Cet isolement $D_{n,f,w}+C$ par le vitrage peut être estimée à 50 dB, pour un vitrage intérieur simple de 4 mm et un montant simple. Il peut être supérieur en augmentant la performance du vitrage et lorsque les vitrages sont désolidarisés au niveau des montants. D'ailleurs pour les façades rideaux, les vitrages intérieurs sont systématiquement feuilletés, donc plus performants.

Par exemple, lorsque l'isolement $D_{n,e,w}+C$ du montant est de 40 dB, l'isolement global $D_{n,f,w}+C$ sera également de 40 dB, car l'écart est supérieur à 9 dB :

$$\left. \begin{array}{l} D_{n,e,w} + C_{\text{montant}} = 40 \text{ dB} \\ D_{n,f,w} + C_{\text{vitrage}} = 50 \text{ dB} \end{array} \right\} \oplus \text{Ecart de 10 dB} \Rightarrow \mathbf{D_{n,f,w} + C_{\text{façade}} = 40 + 0 = 40 \text{ dB}}$$

Autre exemple, lorsque l'isolement $D_{n,e,w}+C$ du montant est de 50 dB, l'isolement global $D_{n,f,w}+C$ sera au moins de 47 dB, car :

$$\left. \begin{array}{l} D_{n,e,w} + C_{\text{montant}} = 50 \text{ dB} \\ D_{n,f,w} + C_{\text{vitrage}} = 50 \text{ dB} \end{array} \right\} \oplus \text{Ecart de 0 dB} \Rightarrow \mathbf{D_{n,f,w} + C_{\text{façade}} = 50 - 3 = 47 \text{ dB}}$$

Dans le cas d'un $D_{n,e,w} + C$ du montant à 50 dB, si le montant est double l'isolement par le vitrage sera supérieur à 50 dB, donc l'isolement global sera également plus élevé. En revanche si la performance est obtenue par un habillage des montants (plaques acier, plâtre, etc.) l'isolement global restera limité à 50 dB environ.

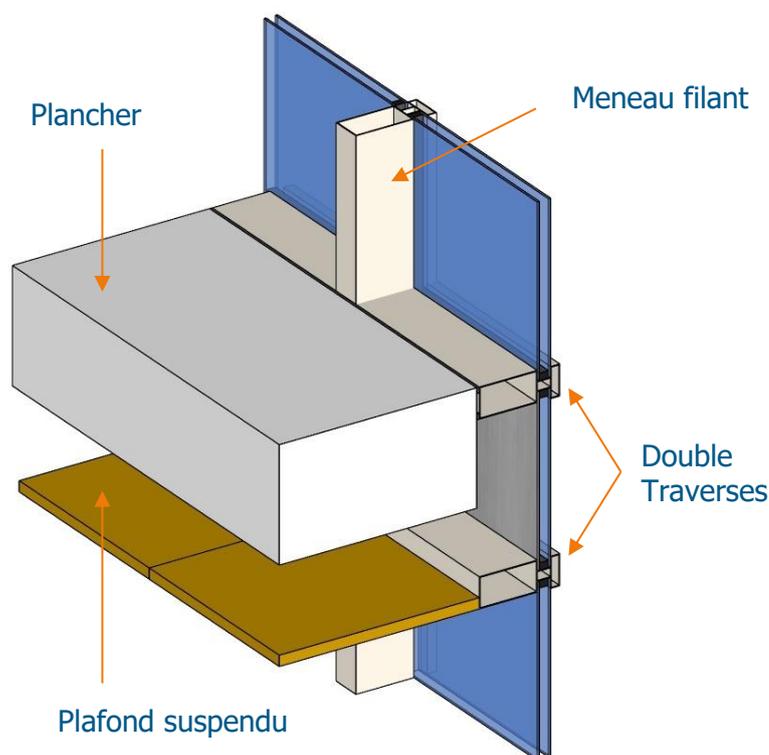
Les transmissions horizontales proviennent essentiellement des montants (dimensions, simple ou double, remplis ou non), puis dans une moindre mesure du vitrage intérieur.

Il est possible de prendre en compte un isolement $D_{n,e,w} + C$ du montant, mais il devra être combiné avec la transmission par le vitrage pour déterminer le $D_{n,f,w} + C$ de l'ensemble. Il est cependant préférable de réaliser une mesure du $D_{n,f,w} + C$.

Enfin, il faut noter qu'il existe également **une transmission horizontale** de bruit **via les traverses**. Celles-ci ne sont généralement pas filantes mais interrompues au niveau du meneau. Cependant, pour des isollements élevés ($D_{n,f,w} + C \geq 50$ dB), cette transmission doit également être prise en compte.

TRANSMISSIONS VERTICALES

En configuration de transmission verticale, il est généralement prévu des doubles traverses : une au niveau du plancher et une autre au niveau du plafond suspendu, ce qui permet d'obtenir des performances supérieures à celles d'une traverse seule, avec **un gain de 3 à 5 dB environ**. Attention cette amélioration est surtout due à la **présence du plafond suspendu**, notamment lorsqu'il est continu et en jonction avec la traverse basse



De plus, les traverses peuvent être habillées avec des **tôles en acier** épaisses et des **panneaux isolants** constitués de laine minérale et de parements plâtres, bois ou acier sont souvent installés entre les deux traverses (voir chapitre «

Traitements acoustiques des jonctions »), ce qui permet d'atteindre **des isolements élevés**.

Cette configuration de **transmission verticale** est moins souvent testée en laboratoire car elle est plus difficile à mesurer. Attention à l'extrapolation d'un essai en transmission horizontale à la transmission verticale, car même si les meneaux sont similaires aux traverses, notamment pour les façades cadre, il faut considérer le fait qu'en vertical les meneaux sont filants ou continus, alors qu'en horizontal les traverses sont généralement interrompues au niveau des meneaux. De plus, les meneaux sont généralement plus nombreux en vertical qu'en horizontal, et les linéaires sont plus grands et doivent être pris en compte dans les calculs. **Si l'isolement latéral $D_{n,f,w} + C$ de la façade a été mesuré uniquement en horizontal, et que la composition des meneaux est similaire à celle des traverses, l'isolement sera**

plus faible en vertical, d'au moins 4 à 5 dB de moins que la valeur mesurée en horizontal.

Si les compositions des traverses et meneaux sont différentes, une évaluation plus précise doit être réalisée.

Les paramètres des **traverses** qui influencent l'isolement acoustique restent identiques à ceux des meneaux : dimensions, simples ou doubles, remplissages.

Lorsque les **meneaux sont filants** entre étages, pour une façade grille, ils constituent une voie de transmission qui limitera la performance d'isolement $D_{nT,A}$ à environ 40 dB. **En façade cadre**, les meneaux sont interrompus et des isollements $D_{nT,A}$ supérieurs peuvent être obtenus, soit environ 50 dB pour une façade vitrée toute hauteur et traverses doubles avec habillages acoustiques.

Pour traiter les transmissions par les meneaux filants, il est par exemple possible de les remplir de laine en minérale (environ +3 dB) ou en sable (possible si le profil est continu, gain d'environ 8 dB). Il existe également chez certains fabricants des **éléments de désolidarisation des meneaux** entre étages qui permettent d'atteindre des performances accrues.

Les transmissions verticales sont naturellement meilleures qu'en horizontal, notamment grâce au plafond suspendu et aux habillages au niveau du nez de dalle (et grâce à la dalle et au plancher technique).

Cependant les meneaux transmettent du bruit entre étages et doivent être traités selon les isollements $D_{nT,A}$ recherchés. Les façades cadres peuvent atteindre des performances plus élevées que les façades grilles.

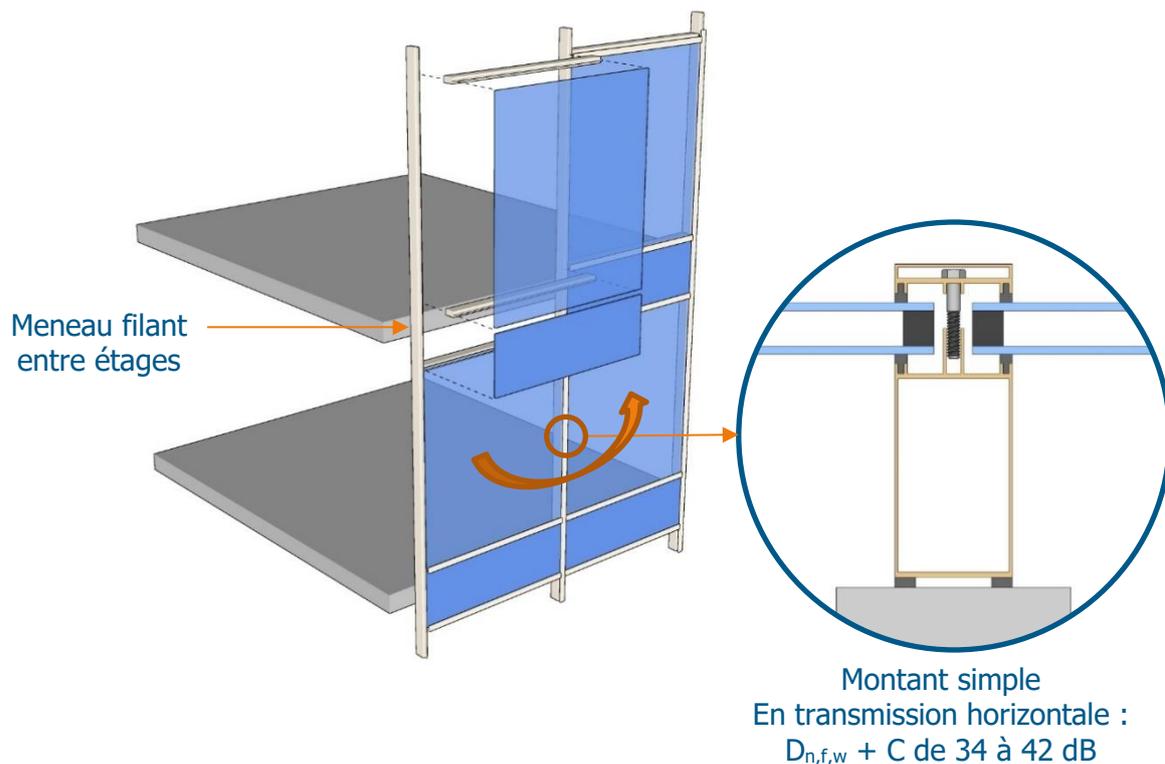
FAÇADES GRILLES

Les **façades grilles** sont des façades rideaux qui se composent d'une ossature métallique sur laquelle les éléments de remplissage sont installés sur site. Les meneaux sont d'abord fixés aux planchers, puis les traverses sont mises en œuvre entre les meneaux.

Pour les façades grilles, les montants sont simples et les valeurs d'isolement $D_{n,f,w} + C$ en horizontal sont de l'ordre **de 34 à 42 dB environ pour un montant simple**.

Ces valeurs peuvent être justes pour assurer un minimum d'isolement $D_{nT,A}$ de 30 dB dans le cas de plateaux de bureaux modulables (niveau d'entrée HQE), ou dans le cas de bureaux fixes où un isolement $D_{nT,A}$ de 35 dB minimum est recherché.

Façade grille



En fonction des cas, un traitement sera donc nécessaire pour renforcer les montants (voir chapitre «

Traitements acoustiques des jonctions »).

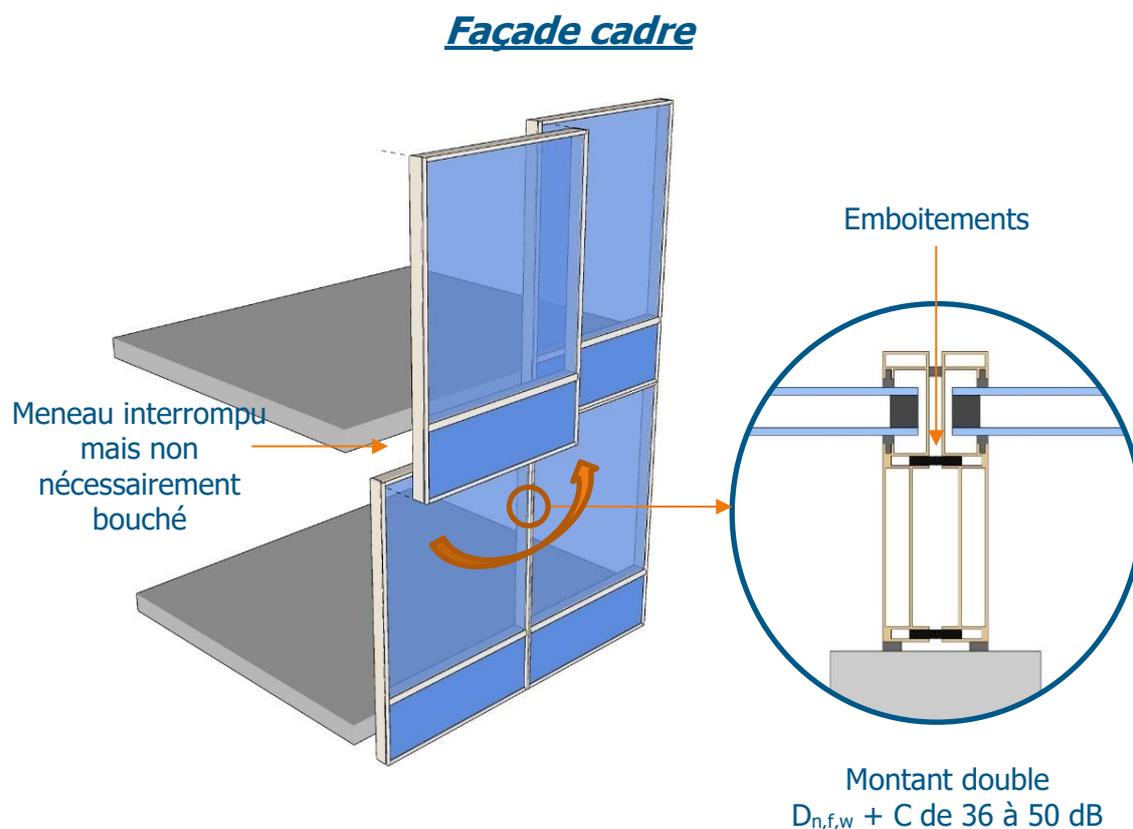
FAÇADES CADRES

Les **façades cadres** sont des façades rideaux qui sont constituées d'éléments préfabriqués rapportés en about de dalle et juxtaposés.

Les meneaux sont constitués de deux éléments assemblés, soit avec deux montants, soit deux demi-montants, et la transmission de bruit horizontale est donc améliorée par rapport à des montants simples. Le gain est toutefois variable. Pour que les meneaux soient suffisamment désolidarisés, et que l'isolement soit meilleur, cela nécessite que les emboitements soient réalisés en matériaux souples, plutôt qu'en acier. La forme, les dimensions et la masse des montants doivent également être pris en compte, car la désolidarisation n'est pas le seul paramètre à considérer.

Les meneaux peuvent être interrompus entre étages, selon la manière dont la composition de façade est réalisée. Cependant, ils ne sont généralement pas bouchés à chaque extrémité et une transmission de bruit verticale persiste.

En transmission de bruit dans le sens horizontal, les valeurs d'isolement $D_{n,f,w} + C$ sont de l'ordre de **36 à 50 dB environ pour des montants doubles**.

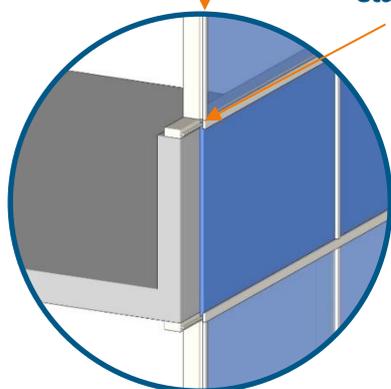
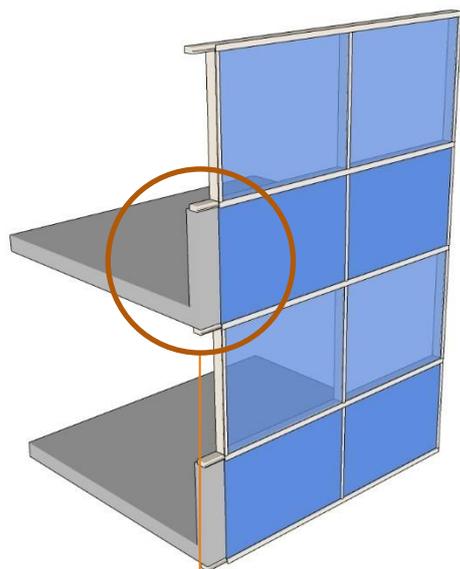


FAÇADE SEMI-RIDEAU ET FAÇADE PANNEAU

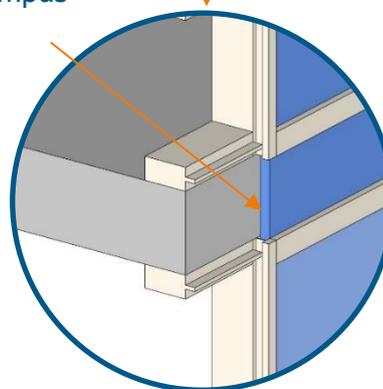
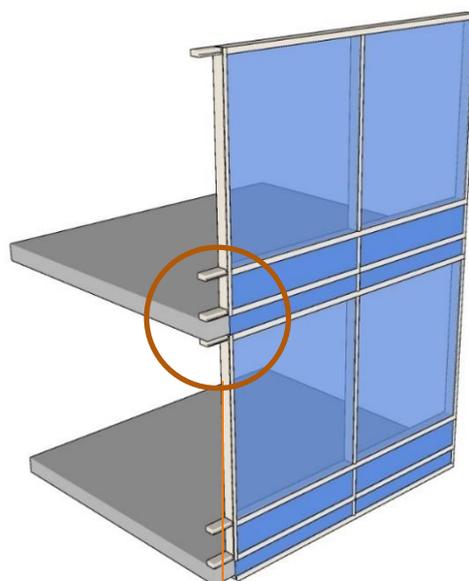
Les façades semi-rideaux et façades panneaux sont plus favorables dans la mesure où l'isolement vertical est augmenté **par l'interposition de béton entre étages**. Pour les façades semi-rideaux c'est l'allège, généralement en béton, qui assure l'interruption de la façade, et pour les façade panneaux, c'est le plancher.

Il reste néanmoins les transmissions latérales dans le sens horizontal qui restent à traiter, et qui sont similaires aux problématiques des façades filantes cadres ou grilles.

Façade semi-rideau



Façade panneau



Pas de transmissions de bruit entre étage car meneaux interrompus

TRAITEMENTS ACOUSTIQUES DES JONCTIONS

Les jonctions entre la façade et les murs/cloisons ainsi que les planchers doivent être pensés en amont et soignés sur le chantier pour assurer l'isolation acoustique requise entre locaux. Il s'agit d'une problématique récurrente en exécution car elle se situe à l'interface des différents lots : façades, cloisons, planchers, planchers techniques, etc. et nécessite impérativement une synthèse. De plus, il est recommandé de mettre en place des autocontrôles par les entreprises à chaque jonction pour assurer l'isolement acoustique recherché.

Le traitement de ces jonctions est également nécessaire lorsque la façade seule ne permet pas d'atteindre les performances acoustiques d'isolement. Des habillages des meneaux et traverses peuvent être prévus pour améliorer les isolements acoustiques intérieurs.

Lorsque les meneaux s'appuient directement sur le mur séparatif, la jonction peut être réalisée au moyen de bandes précomprimées de mousse imprégnée et d'un joint souple de part et d'autre. Cette technique convient lorsque les jeux de construction entre le mur et la façade sont faibles. En revanche, lorsque des vides de plus de 2 cm sont à combler, le remplissage sera réalisé au moyen de laine minérale ou végétale avec un habillage en plâtre ou acier.

Les traitements peuvent être constitués d'habillage :

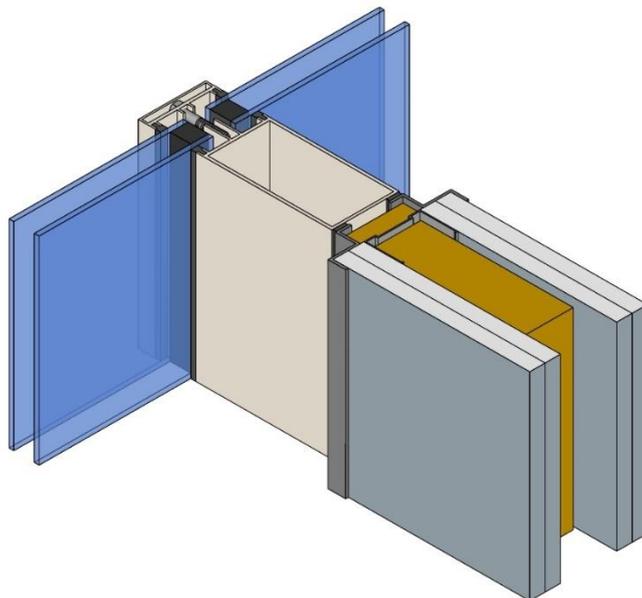
- **En plaques métalliques**, acier (car lourd) ou aluminium lorsqu'il est associé à une masse lourde viscoélastique.
- **En plaques de plâtre**, en particulier lorsque la jonction doit être réalisée entre une cloison et une façade. Les plaques peuvent être collées en plein ou vissées dans les meneaux. Attention les plaques peuvent poser problème avec la présence d'ouvrants.
- **En plaques de masses lourdes viscoélastiques**, collées sur les poteaux. Elles nécessitent d'être habillées pour des raisons esthétiques, par une plaque de plâtre ou une plaque métallique. Ces plaques de matériaux viscoélastiques ont l'intérêt d'apporter de la masse au montant (entre 5 et 10 kg/m²) et un amortissement des tôles aluminium des poteaux. Ces matériaux sont en revanche assez coûteux et leur composition dégrade le bilan environnemental du bâtiment. La masse lourde viscoélastique ramène une forte masse combustible mobilisable [MCM en MJ/Kg], ce qui est problématique pour les IGH notamment.

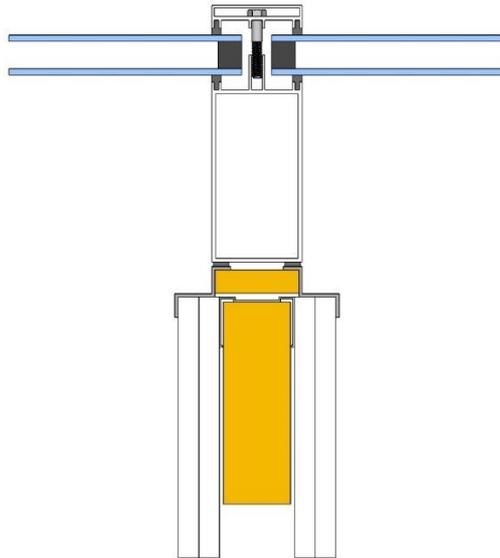
Attention en cas de façade cadre avec deux demi-montants, la jonction avec la **cloison ne doit pas liasonner les demi-montants** au risque de faire chuter l'isolement acoustique.

Enfin, les cloisons légères doivent être positionnées exclusivement au niveau des meneaux, **elles ne peuvent pas s'appuyer sur une partie courante d'un élément de remplissage opaque sans précaution particulière.**

Le schéma ci-dessous présente un exemple de jonctions entre une cloison et la façade, sans amélioration de la performance du meneau. La jonction doit assurer à minima l'étanchéité à l'air au moyen de joints et d'un remplissage par une laine minérale ou végétale.

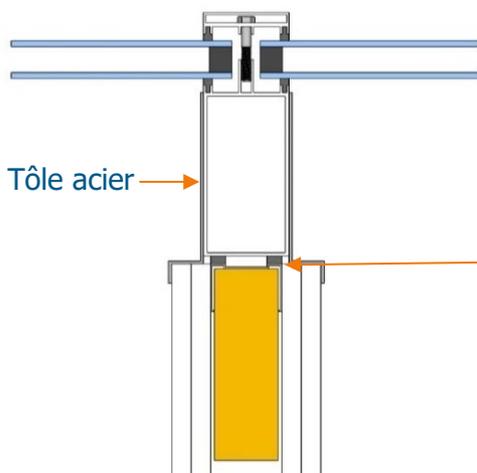
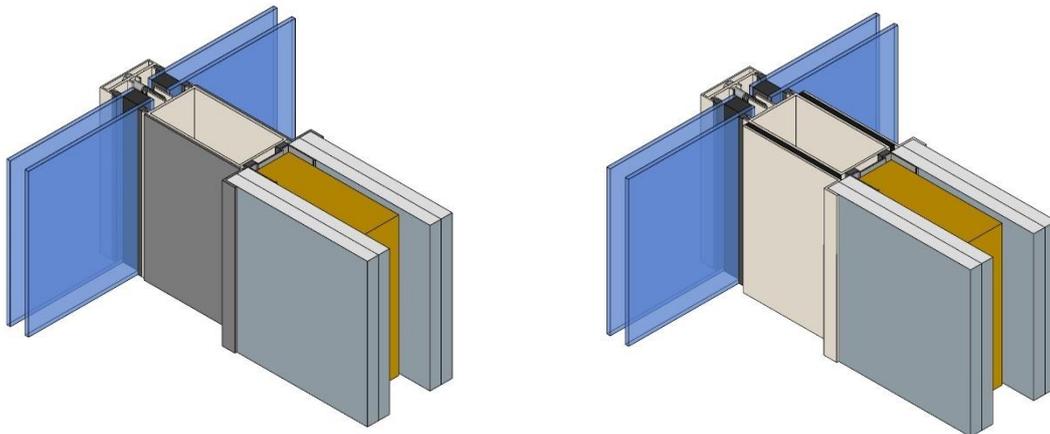
Schémas de jonction standard cloison / façade sans amélioration acoustique du meneau





Les schémas suivants présentent des exemples de traitements acoustiques des meneaux, qui apportent des gains de l'isolement latéral pondéré $D_{n,f,w} + C$. Les ordres de grandeur des gains indiqués correspondent à des traitements d'un meneau simple peu performant (de l'ordre de 35 à 40 dB), typiquement de dimensions 120 x 50mm. Mais **plus le meneau sera performant, moins les gains obtenus par les habillages seront élevés.**

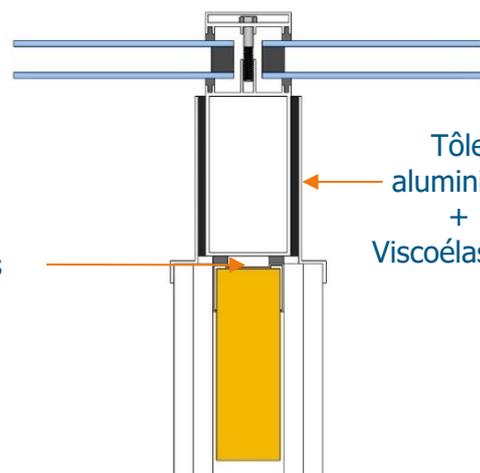
Schémas de jonctions cloison / façade avec amélioration acoustique du meneau



Tôle acier

Joints

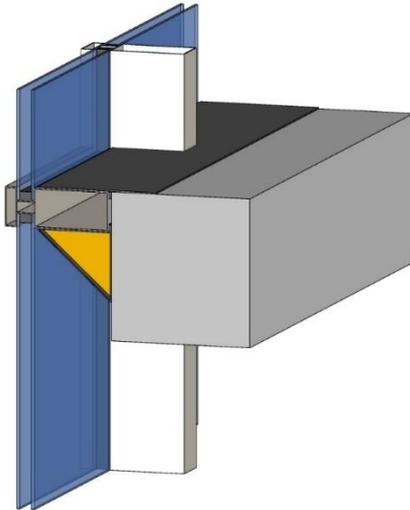
Faç
Gui



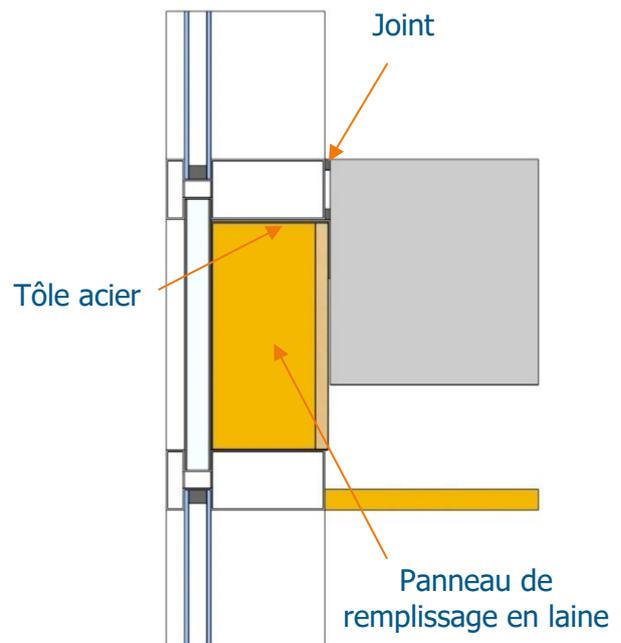
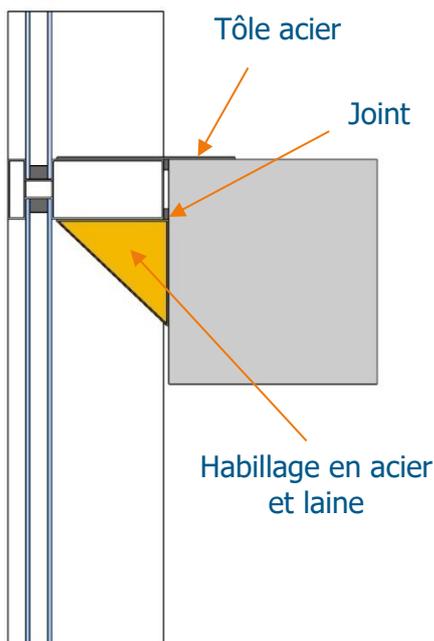
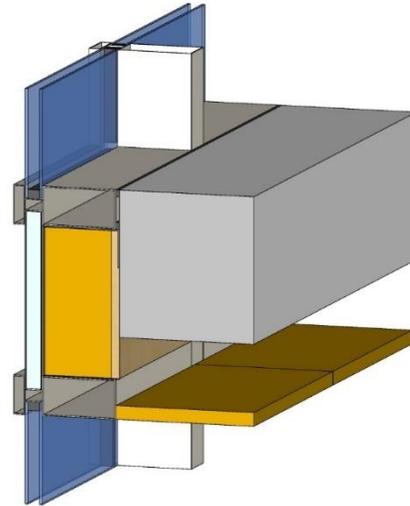
Tôle aluminium
+
Viscoélastique

Schémas de jonctions plancher / façade
avec amélioration acoustique des traverses

Cas avec traverse simple



Cas avec double traverse



**Exemple de principe adapté à un
isolement
 $D_{nT,A}$ de 40 dB maximum,
avec meneaux filants en façades
grilles**

- Exemples de principes adaptés à des
isolements**
- $D_{nT,A}$ de 45 dB maximum, avec meneaux filants en façades grilles
 - $D_{nT,A}$ de 50 dB maximum, avec meneaux discontinus en façades cadres ou traités acoustiquement en façades grilles

QUELQUES EXEMPLES ET BONNES PRATIQUES

EXEMPLE 1

Considérons le cas d'un bâtiment de **bureaux à cloisonnement fixe**, avec comme objectifs recherchés ceux de la certification HQE au niveau C, soit $D_{nT,A} \geq 35$ dB entre bureaux.

En première approche, la façade devrait présenter environ entre 7 et 10 dB de plus que l'isolement recherché, soit un isolement latéral $D_{n,f,w} + C$ de **42 à 45 dB minimum pour les meneaux situés au niveau des cloisons**.

Pour les autres meneaux, aucune performance n'est requise. D'un point de vue économique, il n'est pas raisonnable de renforcer ces meneaux.

Les solutions possibles peuvent être :

- Une façade grille, mais comme leur performance $D_{n,f,w} + C$ varie entre 34 et 42 dB environ, les meneaux devront recevoir un traitement acoustique avec un habillage type tôle acier ou plaque de plâtre, avec ou sans masse viscoélastique.
- Une façade cadre, qui pourrait être constituée de modules de la taille de la largeur d'un bureau. Ainsi la jonction entre les modules tombe au droit des cloisons séparatives, et peut être réalisée avec des demi-montants désolidarisés afin d'assurer l'isolement $D_{n,f,w} + C$ de 42 à 45 dB.

En cas de cloisonnement des bureaux fixe, seuls les meneaux qui tombent au niveau des cloisons doivent présenter une performance acoustique. Il est donc économiquement plus intéressant de renforcer ponctuellement ces meneaux (double meneau ou simple meneau avec habillage)

EXEMPLE 2

Considérons un **bâtiment de plateaux de bureaux à aménager**, avec comme objectifs recherchés ceux de la certification HQE au niveau C, soit $D_{nT,A} \geq 30$ dB entre bureaux modulaires.

Il s'agit ici d'assurer **un isolement potentiel**, car les cloisons peuvent être installées contre n'importe quel meneau. Nous avons vu dans le chapitre « *Isolement acoustique des bruits intérieurs* » que la façade devrait présenter environ entre 7 et 10 dB de plus que l'isolement recherché, soit un isolement latéral $D_{n,f,w} + C$ de **37 à 40 dB**.

Il est donc possible de répondre à cette performance avec **une façade grille ou une façade cadre**, en vérifiant que les performances sont justifiées pour le profil choisi, notamment en fonction de sa profondeur et sa largeur. A moins de sortir des gammes standards, **la plupart des façades répondent à ces performances d'isolement**.

EXEMPLE 3

Considérons maintenant un **bâtiment de plateaux de bureaux à aménager**, avec comme objectifs recherchés ceux de la certification HQE au niveau B, soit $D_{nT,A} \geq 35$ dB entre bureaux modulables.

La façade devrait présenter environ entre 7 et 10 dB de plus que l'isolement recherché, soit un isolement latéral $D_{n,f,w} + C$ de 42 à 45 dB minimum.

Avec une façade grille, il y aura peu de choix pour assurer cette performance, car 42 dB correspond au maximum de performance pour des meneaux simples. Avec une façade cadre, il sera plus aisé d'assurer ces performances, mais il faudra toujours sélectionner convenablement les profils (profondeur, largeur, etc.).

Pour les bureaux à aménager, un potentiel d'isolement doit être défini par l'acousticien de maîtrise d'œuvre. Dans les cas courants ($D_{nT,A} \geq 30$ dB), la plupart des façades conviennent, mais si des performances acoustiques supérieures sont recherchées, il faudra s'orienter vers des façades cadres avec des doubles meneaux.

A noter également que le fait de rechercher un potentiel d'isolement à chaque montant est plus coûteux à réaliser que s'il est recherché par exemple tous les trois montants. En effet, les modules de façades cadres peuvent comporter des montants intermédiaires monolithiques, et seuls les montants au niveau des jonctions entre modules sont doubles et permettent d'atteindre des isollements élevés. Ainsi pour obtenir un potentiel d'isolement à tous les montants, la façade cadre sera soit réalisée avec des modules d'une seule trame, soit avec plusieurs trames composées de montants intermédiaires renforcés du point de vue acoustique.

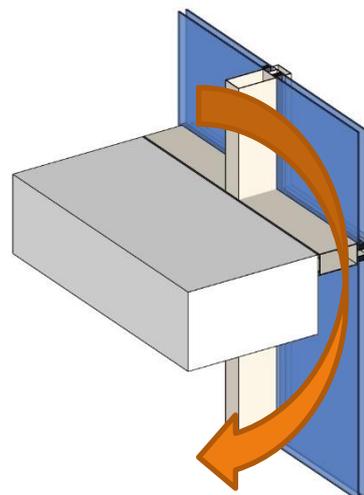
EXEMPLE 4

Étudions maintenant un cas d'isolement vertical, comme cela a déjà été vu dans l'exemple 2 du chapitre « *Isolement acoustique des bruits intérieurs* ».

L'isolement $D_{nT,A}$ entre deux pièces en angle de bâtiment, de dimensions 5 m par 3 m sera celui de la façade ($D_{n,f,w}+C$) réduit de 5 dB.

L'isolement latéral $D_{n,f,w}+C$ d'une façade grille **en l'absence de plafond suspendu** sur la totalité du plafond étant entre 30 et 40 dB selon le type de traverse, cela conduit à des isollements de 25 à 35 dB entre locaux.

Cette performance est insuffisante car il est plus souvent demandé un isolement minimal $D_{nT,A}$ de 45 dB. Il convient donc de prévoir **un plafond ou un plancher technique** ainsi qu'un **traitement acoustique sur toutes les traverses d'étage** pour atteindre cet objectif.



Traverse seule entre étages
Isolement $D_{nT,A}$ de 35 dB
maximum

**Configuration à éviter et
à renforcer !**



REDACTION DES CCTP

Une bonne conception des projets est essentielle pour la réalisation d'un projet adapté au besoin d'usage et optimisé en termes techniques et financiers. Pour cela les CCTP du lot façade doivent comporter a minima un certains nombres de points qui ont été évoqués tout au long de ce guide et qui sont synthétisés ici :

Objectifs acoustiques :

Ces performances sont celles requises à l'échelle du bâtiment, et sont garanties par l'acousticien. L'étude acoustique définira ensuite les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs (voir paragraphe suivant).

- La définition des **objectifs d'isollements extérieurs et intérieurs** (respectivement les indices $D_{nT,A,tr}$ et $D_{nT,A}$).
- La définition de la **tolérance** acceptée sur les résultats des mesures en fin de chantier. Par défaut cette valeur est prise comme étant égale à 3 décibels en-dessous des objectifs d'isolement.
- La définition des **durées de réverbération de référence** T_0 , généralement 0,5 ou 0,8 secondes.

Moyens acoustiques :

Ces performances sont celles qui sont exigées au titulaire du lot façade. Ce dernier doit garantir le respect de ces caractéristiques.

- La définition des **indices d'affaiblissements acoustiques** $R_{A,tr}$ des façades, adaptés aux objectifs, à la surface de la façade et en fonction du volume des locaux à protéger.
- La définition des **isollements acoustiques latéraux** $D_{n,f,w}+C$ des façades, en horizontal et en vertical, adaptés aux locaux à protéger.
- La définition des **traitements des jonctions** entre les murs, cloisons, planchers et les façades.

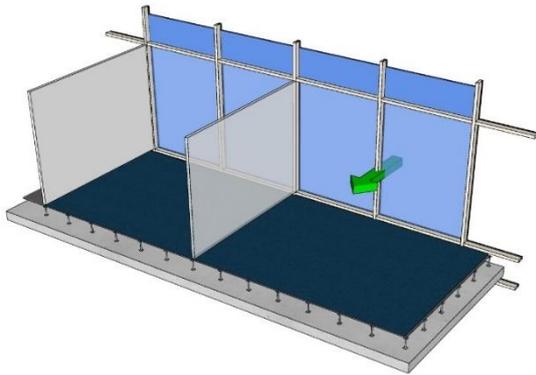
Cellule témoin, auto-contrôles :

Une cellule témoin avec des mesures acoustiques est parfois demandée, ainsi que des mesures acoustiques en fin de chantier. Ces dispositions ne sont pas systématiques mais constituent une procédure conseillée pour le suivi qualité du chantier, afin de révéler les éventuels défauts de mise en œuvre.

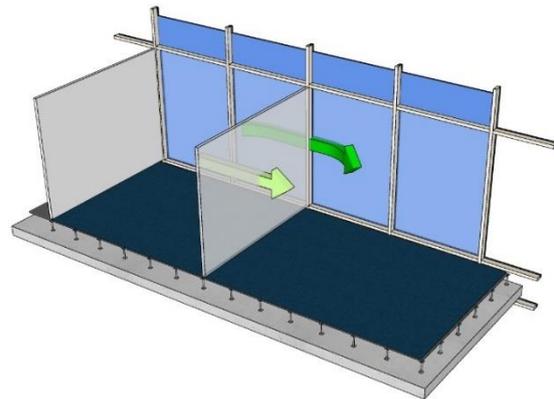
Cependant, la façade n'est pas la seule disposition technique influant sur les isollements acoustiques, en particulier pour les isollements intérieurs, où les cloisons, plafonds, planchers et portes peuvent être déterminants. Ainsi la non-atteinte des objectifs lors des mesures acoustiques peut être due à n'importe quel de ces éléments si leur sélection ou leur mise en œuvre est mauvaise. La performance de la façade ne sera pas vraiment évaluée. Il est donc conseillé que les mesures acoustiques soient réalisées par l'acousticien de maîtrise d'œuvre en cours ou en fin de chantier afin qu'il puisse formuler des avis sur les transmissions de bruit sur les lots concernés.

FICHE DE SYNTHÈSE

Isolements des bruits extérieurs



Isolements des bruits intérieurs



Objectifs d'isollements du bâtiment :

$D_{nT,A,tr}$ de 30 à 45 dB

Selon l'environnement sonore extérieur.

Performance de la façade :

$R_{A,tr}$ (= $R_w + C_{tr}$) de 30 à 45 dB

Vitrages de 27 à 40 dB

Remplissages opaques de 20 à 50 dB

Façade double peau pour aller au-delà de 40 dB.

Règle de conception :

Calcul en fonction des surfaces de façade et des volumes des locaux. En première approche, pour une façade totalement vitrée les éléments de façade doivent répondre à :

$$R_{A,tr} \approx D_{nT,A,tr}$$

Objectifs d'isollements du bâtiment :

$D_{nT,A}$ de 30 à 55 dB

Selon la sensibilité des locaux : bureaux, salles de réunion, etc.

Performance de la façade :

$D_{nf,w} + C$ de 34 à 50 dB

Selon les caractéristiques des meneaux : dimensions, simples ou doubles, remplissage laine minérale, viscoélastiques, sable, etc.

Règle de conception :

Calcul en fonction des cloisons et murs séparatifs, planchers et plafonds filants, et des volumes des locaux. En première approche :

Horizontal : $D_{n,f,w} + C \approx D_{nT,A} + 7$ à 10 dB

Vertical : $D_{n,f,w} + C \approx D_{nT,A} + 5$ dB



ANNEXES

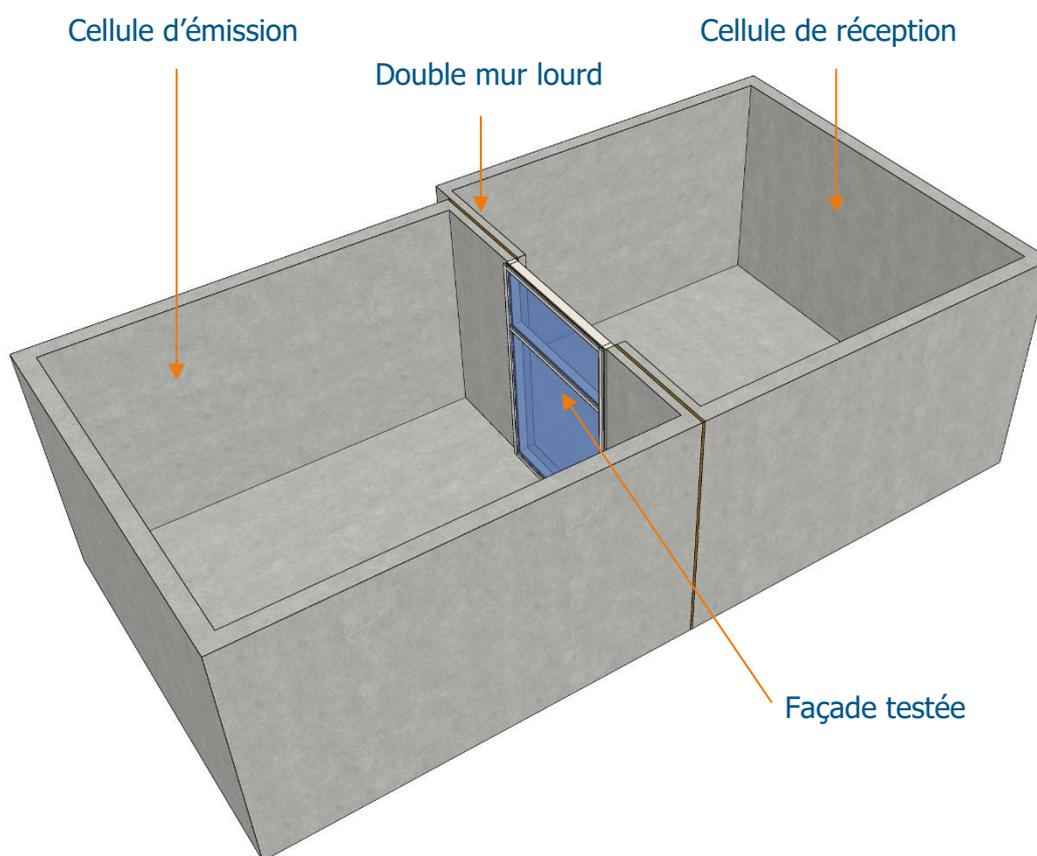
LES DEFINITIONS

- **$D_{nT,A,tr}$** (en dB) : Isolement acoustique standardisé pondéré, vis-à-vis de l'extérieur, exprimé en décibels, et mesuré in-situ. La valeur de l'isolement $D_{nT,A,tr}$ est déterminée selon la norme NF EN ISO 717-1 et correspond à la somme de l'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,w}$ et du terme d'adaptation C_{tr} à un spectre de bruit routier pondéré A.
- **$D_{nT,A}$** (en dB) : Isolement acoustique standardisé pondéré, entre locaux, exprimé en décibels et mesuré in-situ. La valeur de l'isolement $D_{nT,A}$ est déterminée selon la norme NF EN ISO 717-1, et correspond à la somme de l'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,w}$ et du terme d'adaptation C à un spectre de bruit rose pondéré A.
- **T_0** (en s) : durée de réverbération de référence utilisée pour la détermination des isolements acoustiques standardisés. Elle est exprimée en secondes. La durée de réverbération correspond au temps mis pour que le niveau sonore d'un son interrompu décroisse de 60 décibels dans un local. La valeur T_0 est choisie de manière à représenter la durée de réverbération d'un local meublé. Pour les bâtiments réglementés, cette valeur est fixée à 0,5s. Dans les autres bâtiments, elle est parfois choisie à des valeurs différentes, par exemple 0,8s pour des bureaux.
- **$R_{A,tr}$** (en dB) : Indice d'affaiblissement acoustique d'un élément de façade, exprimé en dB, et mesuré en laboratoire. La valeur de l'indice $R_{A,tr}$ est déterminée selon la norme NF EN ISO 717-1. Il correspond à la somme de l'indice R_w et du terme d'adaptation C_{tr} à un spectre de bruit de trafic.
- **Bruit de trafic** : bruit normalisé utilisé pour simuler le bruit des trafics routiers, ferroviaires et aériens. L'énergie contenue dans chaque bande d'octave est fixée par rapport à l'énergie contenue dans la bande d'octave centrée sur 1 000 Hz (125 Hz : +6 dB, 250 Hz : +5 dB, 500 Hz : +1 dB, 1000 Hz : 0 dB, 2000 Hz : -2 dB, 4000 Hz : -8 dB)
- **Bruit rose** : bruit normalisé qui contient la même énergie dans chaque bande d'octave de 125 à 4000 Hz.
- **$D_{n,f,w} + C$** (en dB) : Indice d'isolement acoustique latéral normalisé pondéré, exprimé en dB et mesuré en laboratoire. La valeur de l'indice $D_{n,f,w}$ est déterminée selon la norme NF EN ISO 717-1 et correspond à la somme de l'indice unique pondéré d'isolement acoustique latéral normalisé et du terme d'adaptation C à un spectre de bruit rose pondéré A.
- **$D_{n,e,w} + C$** (en dB) : Indice d'isolement acoustique aux bruits aériens de petits éléments de construction normalisé pondéré, exprimé en dB et mesuré en laboratoire. La valeur de l'indice $D_{n,e,w}$ est déterminée selon la norme NF EN ISO 717-1 et correspond à la somme de l'indice unique pondéré d'isolement acoustique normalisé et du terme d'adaptation C à un spectre de bruit rose pondéré A.

LES MESURES EN LABORATOIRE

Indice d'affaiblissement acoustique $R_{A,tr}$ et isolement acoustique aux bruits aériens de petits éléments de construction $D_{n,e,w}+C$

En laboratoire, l'indice d'affaiblissement $R_{A,tr}$ de la façade est évalué selon la série des normes NF EN ISO 10140. La performance de l'élément de façade est évaluée indépendamment des autres transmissions de bruit. La façade est montée entre deux cellules, qui sont structurellement indépendantes pour limiter au maximum les transmissions latérales. La mesure est ensuite réalisée en émettant du bruit dans le local d'émission, et en mesurant simultanément les niveaux sonores dans la cellule d'émission et dans la cellule de réception.

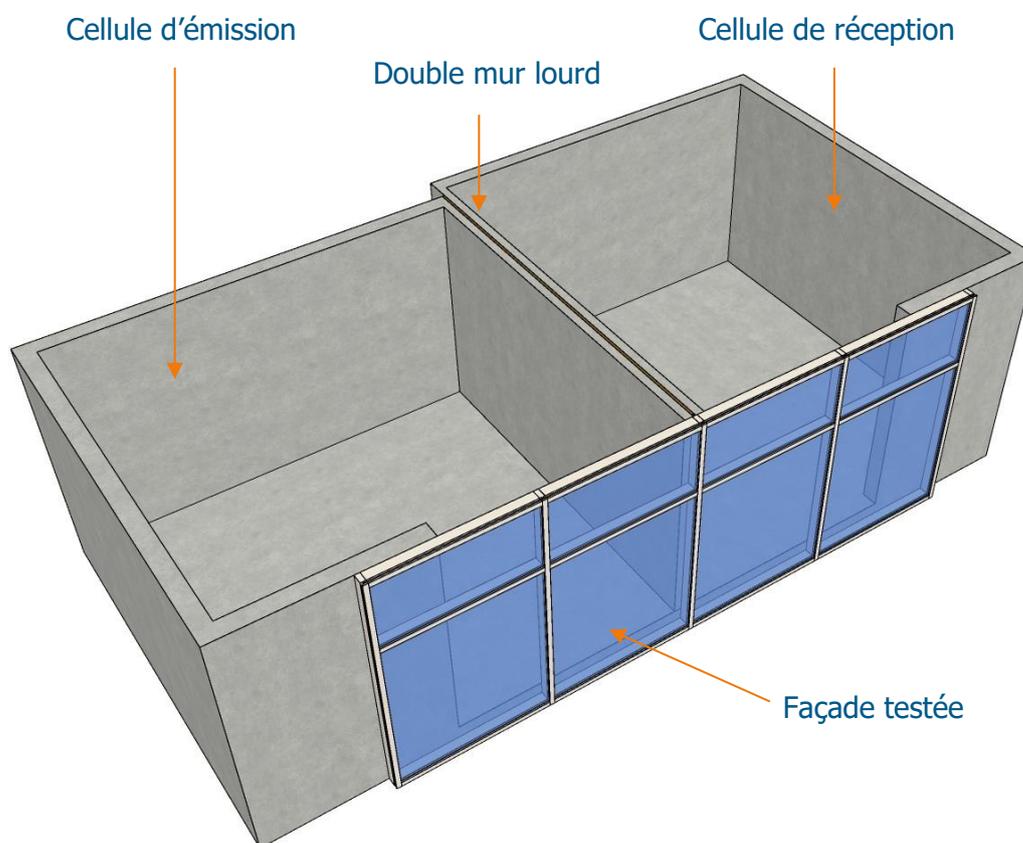


Pour les éléments de moins de 1m^2 , comme les meneaux seuls, l'indice d'isolement $D_{n,e,w}+C$ est mesuré selon le même principe que pour l'indice d'affaiblissement.

Isolement acoustique latéral $D_{n,f,w} + C$

En laboratoire, l'isolement acoustique latéral est mesuré conformément à la série des normes NF EN ISO 10848. Un double mur lourd sépare deux cellules structurellement indépendantes. Ce mur possède un indice d'affaiblissement élevé, d'au moins 10 dB au-dessus de l'isolement latéral à mesurer.

La façade à tester est placée de telle sorte que le meneau soit situé au niveau du double mur. La mesure d'isolement est ensuite réalisée en émettant du bruit dans le local d'émission, et en mesurant simultanément les niveaux sonores dans la cellule d'émission et dans la cellule de réception.



LES MESURES IN-SITU

Les mesures in-situ sont encadrées par les normes et guides suivants :

- La norme NF EN ISO 10052 - Mesurages in situ de l'isolement aux bruits aériens et de la transmission des bruits de choc ainsi que du bruit des équipements – Méthode de contrôle (septembre 2005 + amendement 1 de mars 2012)
- Le Guide de mesures acoustiques d'août 2014 téléchargeable sur le site du ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité
- La norme NF EN ISO 16283-1 Acoustique - Mesurage in situ de l'isolation acoustique des bâtiments et des éléments de construction - Partie 1 : isolation des bruits aériens (mai 2014 + amendement 1 de décembre 2017)
- La norme NF EN ISO 16283-3 Acoustique - Mesurage in situ de l'isolation acoustique des bâtiments et des éléments de construction - Partie 3 : isolation des bruits de façades (avril 2016).

**Retrouvez l'ensemble des publications SNFA
sur le site www.snfa.fr
ou demandez les à snfa@snfa.fr**



Organisation professionnelle représentative des concepteurs, fabricants et installateurs de menuiseries extérieures en profilés aluminium et cloisons démontables et mobiles

snfa.fr – snfa@snfa.fr