ANNEXE 2
L'ACOUSTIQUE

LE BRUIT

DÉFINITION

Niveaux de l'ambiance sonore résultant des activités

Bruit admissible et confort à l'intérieur

L'ISOLATION ACOUSTIQUE

L'INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE PONDÉRÉ R_w

LA BAIE ET L'ISOLATION ACOUSTIQUE

LE VITRAGE

Le simple vitrage

Le double vitrage

Les plastiques

L'ÉTANCHÉITÉ

LE TYPE DE CHÂSSIS

LES "ACCESSOIRES" ET LES "COMPLÉMENTS"

COMMENT AMÉLIORER L'ISOLATION ACOUSTIQUE ?

UTILISATION DES TABLEAUX

Pour tout complément, voir les magazines du CSTC concernant l'isolation acoustique des fenêtres :

- 1er trimestre 1998 : application de la norme EN ISO 717 : 1996 - 1ère partie qui reprend les performances acoustiques du vitrage ;
- 3° trimestre 1998 : application de la norme EN ISO 717 : 1996 - 2ème partie qui reprend l'isolation aux bruits aériens des fenêtres, des blocs de verre et des différents types de plaques en polycarbonate + problématique des surfaces inclinées.

LE BRUIT

DÉFINITION

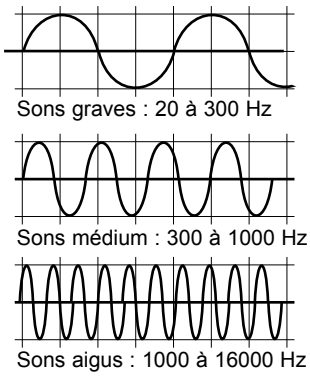
Le bruit est un ensemble de sons.
Chacun des bruits (souvent parasites) est caractérisé par un niveau et une tonalité.

Il existe différents types de bruits : les bruits aériens (par exemple: bruits de fond, bruits de trafic) et les bruits d'impact (particuliers aux vitrages inclinés).

D'un point de vue de la tonalité, le bruit émis par la circulation n'est pas partout le même.

En effet, un trafic à circulation rapide n'a pas la même tonalité que le bruit grave d'un moteur d'autobus ou du trafic urbain plus lent.

Ce paramètre a un rôle considérable car il est beaucoup plus difficile, dans la pratique, de réaliser une isolation aux sons graves.



Les sons graves
= fréquence basse
= grande longueur d'onde
Les sons aigus
= fréquence élevée
= petite longueur d'onde
Les bruits "roses"
= bruits de fréquences moyennes à élevées
= dits de "trafic routier rapide"
Les bruits "de trafic"
= bruits à fortes composantes de basses fréquences
= dits de "trafic lent"

Extrait de [12] et [13]

NIVEAUX DE L'AMBIANCE SONORE RÉSULTANT DES ACTIVITÉS

- Selon le contexte urbanistique : c'est-à-dire selon qu'il s'agisse d'une zone rurale, d'une zone de séjour récréatif, d'une zone résidentielle, etc. et selon le moment de la journée, un certain niveau de bruit est habituellement rencontré (voir tableau ci-contre).
  En effet, par exemple, une habitation implantée en pleine zone industrielle devra souffrir de conditions moins confortables que si elle était implantée en zone rurale.

BRUIT ADMISSIBLE ET CONFORT À L'INTÉRIEUR

- Suivant le type d'activités intérieures **:** des niveaux sonores maxima résultant de l'interférence de différents bruits ont été établis comme limite supérieure acceptable pour le confort acoustique des occupants.
  La nécessité de confort à l'intérieur dépend des fonctions des locaux (niveaux de pression acoustique à ne pas dépasser).

VALEURS INDICATIVES DE NIVEAU DE L'AMBIANCE SONORE MESUREE A L'AIR LIBRE [dB(A)] (ZONES D'ACTIVITES EXTERIEURES)	de jour	en soirée	de nuit
1. Zones rurales et zones de séjour récréatif, à l'exception des zones reprises aux points 2, 3 et 8.	40	35	30
2. Zones résidentielles, zones rurales (excepté les zones tampons) et zones de loisirs situées à moins de 500 m d'une zone industrielle non citée au point 3 ou d'une zone d'équipements collectifs ou d'utilité publique.	50	45	45
3. Zones résidentielles, zones rurales (excepté les zones tampons), zones de séjour récréatif à moins de 500 m d'une zone d'activités artisanales, d'une zone de PME, d'une zone de services ou d'une zone d'exploitation pendant la période d'activité.	50	45	40
4. Zones résidentielles, excepté celles reprises aux points 2 et 3.	45	40	35
5. Zones industrielles, zones de services, zones d'équipements collectifs ou d'utilité publique et zones d'exploitation pendant la période d'activité.	60	55	55
6. Zones de loisirs, à l'exception de celles reprises au point 2, et zones de séjour récréatif.	50	45	40
7. Autres zones, à l'exception des zones tampons, domaines militaires et zones auxquelles s'appliquent des valeurs indicatives fixées par décret particulier.	45	40	35
8. Zones tampons.	55	50	50
VALEURS INDICATIVES DE NIVEAU DE L'AMBIANCE SONORE MESUREE A L'INTERIEUR [dB(A)] (ZONES D'ACTIVITES INTERIEURES)	de jour	en soirée	de nuit
1. Zones rurales et zones de séjour récréatif.	30	25	25
2. Zones industrielles, zones de services, zones d'équipements collectifs ou d'utilité publique et zones d'exploitation pendant la période d'activité.	33	28	28
3. Zones résidentielles et autres zones, à l'exception de celles citées aux points 1 et 2.	33	28	28

VALEURS INDICATIVES DE NIVEAU DE L'AMBIANCE SONORE RÉSULTANT DES ACTIVITÉS

LOCAUX	NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE [dB]
Chambres, bibliothèques	20 à 30
Appartements, locaux de séjour	20 à 40
Ecoles	25 à 40
Salles de cinéma et de conférences	30 à 40
Bureau individuel	30 à 45
Bureau collectif	40 à 50
Salle de dactylographie, grands magasins, restaurants	45 à 55

NIVEAUX DE PRESSIONS ACOUSTIQUES ADMISSIBLES À L'INTÉRIEUR DES LOCAUX

L'ISOLATION ACOUSTIQUE

Source de bruit	Type "trafic rapide" $R_w + C$	Type "trafic lent" $R_w + C_{tr}$
Jeux d'enfants	■	
Activités domestiques (conversations, musique, radio, télévision)	■	
Musique de discothèque		■
Trafic routier rapide (> 80 km/h)	■	
Trafic routier lent (p.ex. : trafic urbain)		■
Trafic ferroviaire de vitesse moyenne à rapide	■	
Trafic ferroviaire lent		
Trafic aérien (avions à réaction) de courte distance	■	
Trafic aérien (avions à réaction) de longue distance		■
Avions à hélices		■
Entreprises produisant un bruit de moyennes et hautes fréquences	■	
Entreprises produisant un bruit de moyennes et hautes fréquences		■

TABLEAU PERMETTANT LE CHOIX DU TYPE DE BRUIT REPRÉSENTÉ PAR L'INDICATEUR À VALEUR UNIQUE ($R_w + C$ OU $R_w + C_{tr}$) SELON LA NORME EN ISO 717-1 [12] [13]

REMARQUE
Pour le calcul de l'isolation acoustique exprimée par des "indicateurs à valeur unique", nous nous trouvons actuellement dans une phase de transition, où les formules anciennes coexistent avec la méthode actuelle, ce qui risque de semer davantage de confusion auprès du public non averti.
En Belgique, les nouveaux indicateurs conduisent nécessairement au remplacement de la norme NBN S01-400 (des normes EN se substitueront d'ailleurs à l'ensemble des normes relatives aux méthodes de mesures acoustiques).

L'enveloppe doit présenter une résistance acoustique pour respecter le niveau de bruit admissible à l'intérieur.

La résistance d'un mètre carré d'un élément de construction contre le passage du bruit aérien se caractérise par un spectre d'indices d'affaiblissement.

L'INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE PONDÉRÉ R_W

Une information plus abrégée est donnée par l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w (indicateur à valeur unique) et les termes d'adaptation spectrale (C ; C_{tr}) qui adaptent la performance en fonction du bruit à l'émission.
Ainsi, pour faire un tri de performances acoustiques entre différents éléments, il faut connaître le type de source dont on désire s'isoler.

Le classement se fera alors grâce au tableau ci-contre.

$R_w + C$ dans le cas où la source émet du bruit de moyennes et hautes fréquences comme, par exemple, celui du trafic routier rapide ;

$R_w + C_{tr}$ lorsqu'il provient d'une source de bruit de basses fréquences comme, par exemple, celui du trafic urbain lent.

Pour atténuer une trop forte transmission directe des bruits extérieurs aériens, l'enveloppe doit offrir le plus de résistance possible au passage d'air.

Pour éviter la vibration de l'air intérieur sous l'effet des bruits extérieurs, deux systèmes peuvent être utilisés :
- une masse importante de l'enveloppe ;
- une enveloppe, constituée de parties de masses (de préférence différentes) non-solidarisées ou solidarisées le moins possible (p.ex. par des attaches amortissant les vibrations), pouvant être complétée d'une matière absorbant les sons, interposée entre ses deux parties.

LA BAIE ET L'ISOLATION ACOUSTIQUE

Les fenêtres constituent en général un maillon faible dans l'isolation aux bruits aériens des façades et des toitures.
Leurs performances acoustiques dépendront :
- du type de vitrage ;
- de l'étanchéité acoustique entre ouvrant et dormant et entre menuiserie et façade ;
- du type de châssis, de leur montage et verrouillage ;
- des accessoires (grilles de ventilation, volets...) ;
- du type et de la qualité des raccords entre le vitrage, les grilles de ventilation, les panneaux opaques et la menuiserie, etc. ;
- de l'absorption et de l'amortissement aux bords du vitrage et du châssis ;
- de l'angle d'incidence du bruit ;
- du type de bruit.

DESCRIPTION	R_w [dB]	C [dB]	C_{tr} [dB]	$R_w + C$ [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Vitrage simple					
4mm	32	-1	-2	31	30
5mm	31	-2	-2	29	29
6mm	34	-1	-2	33	32
8mm	35	-1	-3	34	32
10mm	37	-1	-2	36	35
12mm	37	0	-2	37	35
19mm	39	0	-2	39	37
Vitrage feuilleté					
avec résine coulée					
9RC 4 mm-résine-4mm	39	0	-2	38	36
avec PVB ordinaire					
33.1 PVB	34	0	-3	34	31
33.2 PVB	36	-1	-4	35	32
44.2 PVB	35	-1	-3	34	32
44.4 PVB	37	-1	-2	36	35
55.2 PVB	37	-1	-2	36	35
66.2 PVB	39	-1	-4	38	35
66.8 PVB	39	-1	-2	38	37
Vitrage thermique à lame d'air					
4-12-4	30	-1	-4	29	26
6-15-4	35	-2	-4	33	31
6-12-6	32	-1	-2	31	30
6-16-6	35	-2	-6	33	29
8-12-5	36	-1	-4	35	32
8-20-5	37	-2	-5	35	32
10-12-8	37	-1	-3	36	34
10-15-6	39	-2	-5	37	34
12-12-10	37	-1	-2	36	35
Vitrage thermique avec gaz spécial					
6-12G-4	38	-2	-7	36	31
8-12G-5	38	-2	-6	36	32
8-24G-4	43	-3	-9	40	34
10-12G-4	41	-5	-10	36	31
10-12G-6	40	-2	-5	38	35
10-20G-9RC (résine coulée)	44	-2	-6	42	38
11-12G-6	41	-2	-6	39	35
11-15G-8	43	-4	-9	39	34
Vitrage thermique feuilleté					
avec PVB ordinaire					
6-12-44.2PVB	37	-1	-4	36	33
6-15-44.2PVB	38	-2	-6	36	32
6-12-55.1PVB	38	-1	-3	37	35
6-15-55.2PVB	41	-3	-7	38	34
6-12-66.2PVB	40	-1	-4	39	36
8-12-44.2PVB	41	-1	-4	40	37
10-12-44.2PVB	41	-2	-4	39	37
10-12-66.1PVB	40	-1	-3	39	37
44.2PVB-15-44.2PVB	38	-2	-6	36	32
55.2PVB-24-33.2PVB	42	-1	-6	41	36
avec PVB amélioré					
4-12-33.2	36	-1	-5	35	31
6-12-44.2	40	-2	-5	38	35
10-12-44.2	42	-2	-6	40	36
12-20-44.2	44	-1	-4	43	40
44.2-20-94.2	51	-4	-10	47	41
avec résine coulée					
6-12-55/1.RC	41	-3	-7	38	34
6-15G-9RC	41	-1	-4	40	37
10/12/FA 11	44	-2	-6	42	38
PH9/20g/PH11	49	-2	-7	47	42
12-20G-PH11	47	-1	-5	46	42

PERFORMANCES EN TERME D'AFFAIBLISSEMEENT ACOUSTIQUE DE VITRAGES, EXPRIMÉS À L'AIDE DE L'INDICATEUR À VALEUR UNIQUE [12] [13]

LE VITRAGE

LE SIMPLE VITRAGE

Les performances acoustiques obtenues en laboratoire augmentent généralement avec l'épaisseur du verre :

- pour les bruits de basse fréquence ($R_w + C_{tr}$) : l'isolation acoustique aux bruits aériens oscille entre 30 dB (verre 4 mm) et 37 dB (verre 19 mm) ;
- pour les autres bruits (moyenne et haute fréquence ($R_w + C$) : l'isolation acoustique atteint 31 dB et 39 dB (verre 4 et 19 mm) dépassant de 1 à 2 dB les valeurs $R_w + C_{tr}$.

LE DOUBLE VITRAGE

- Le double vitrage thermique standard présente une faible isolation acoustique dans le domaine des basses fréquences, car la fréquence de résonance du système masse-ressort-masse se situe autour de 200 Hz (domaine acoustique important).
  Pour un double vitrage thermique standard :
  - *Bruits de basse fréquence ($R_w + C_{tr}$)* : l'isolation acoustique aux bruits aériens oscille entre 26 dB (DV 4-12-4) et 34 dB (DV 10-15-6).
  - *Bruits de moins basse fréquence ($R_w + C$)* : l'isolation acoustique atteint 31 dB (DV 4-12-4) et 37 dB (DV10-15-6) dépassant de 1 à 3 dB les valeurs $R_w + C_{tr}$.

Le vitrage simple lourd présente des performances supérieures dans les basses fréquences (trafic de ville) ; le vitrage double est meilleur dans les moyennes fréquences et les fréquences aiguës (trafic rapide).

- Le double vitrage avec gaz spécial présente une bonne isolation acoustique dans le domaine des fréquences moyennes et hautes. Par contre ce type de vitrage n'apporte aucun bénéfice supplémentaire et est même défavorable pour l'affaiblissement acoustique des bruits de basses fréquences.

- Le vitrage feuilleté (simple ou double vitrage) à base de résine coulée ou de PVB acoustique (PVB(A)) présente des performances acoustiques supérieures à celles d'un vitrage feuilleté avec des feuilles de PVB type retardateur d'effraction.

- Le vitrage Rf présente de bonnes performances acoustiques.

LES PLASTIQUES

Les plastiques ne présentent pas de bonnes performances en terme d'isolation acoustique.
De plus, ils sont sujets au phénomène de dilatation pouvant occasionner des bruits de "craquement" et doivent être mis en oeuvre avec des types de joint adéquat.

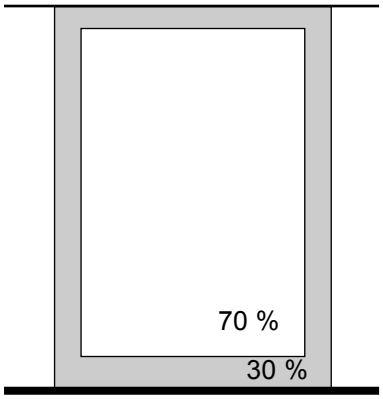
UTILISATION DES TABLEAUX : voir l'exemple en fin de de chapitre.

L' ÉTANCHÉITÉ

Sans une bonne étanchéité à l'air, les performances acoustiques chutent d'une façon remarquable.

Cela implique un soin tout particulier à la conception et à la réalisation des joints périphériques entre le châssis et le gros-oeuvre et des joints internes au châssis proprement dit ainsi qu'à ses protections éventuelles.

LE TYPE DE CHÂSSIS



Dans le choix du type de châssis, on peut établir certaines règles :

- éviter que la proportion entre surface du châssis et l'ouverture de la baie soit supérieure à 30% ;
- pour des châssis en bois :
  - si des isolations acoustiques au-delà de R_w = 35 dB sont demandées, il faut prévoir des châssis en bois d'une épaisseur minimale supérieure à 75 mm ou possédant un certificat de laboratoire attestant de ses performances acoustiques ;
  - si des isolations au-delà de R_w = 42 dB sont demandées, il faut faire tester les châssis en laboratoire ;
- pour les châssis en PVC : si des isolations au-delà de R_w = 35 dB sont demandées, il faut renforcer les châssis au moyen de profils métalliques.

LES "ACCESSOIRES" ET LES "COMPLÉMENTS"

L'influence d'un volet sur l'isolation acoustique de la fenêtre peut être aussi bien positive que négative.

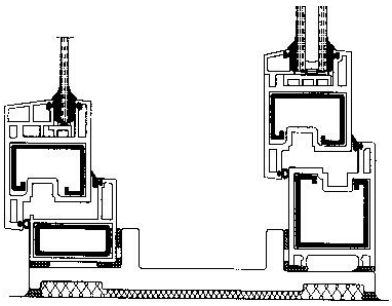
En effet, le volet baissé apporte une protection supplémentaire qui constitue avec le vitrage une double barrière, augmentant ainsi l'isolation acoustique.

Cette amélioration en terme de performance acoustique est sensible d'autant plus que la distance entre le volet et la fenêtre est suffisamment grande.

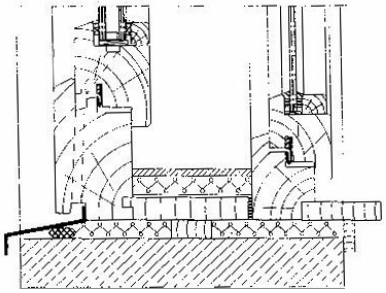
En théorie une distance de 10 cm (au lieu des 5 cm habituels) entre les rails de guidage et la fenêtre permet les meilleures performances acoustiques.
Par contre, les caisses intérieures à volet sont sensibles au passage des bruits.

COMMENT AMÉLIORER L'ISOLATION ACOUSTIQUE ?

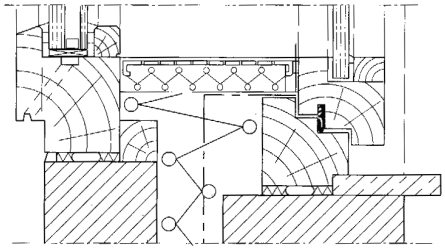
CONCEPTION SPÉCIALE DE FENÊTRES À TRÈS HAUTE ISOLATION AUX BRUITS AÉRIENS [13]



Châssis doubles en matière plastique



Châssis doubles en bois



Fenêtres doubles à châssis indépendants (au niveau des murs également)

L'isolation acoustique peut être améliorée par :
- l'utilisation de vitrages relativement épais avec une lame d'air importante : ceci est une des seules manières d'obtenir une très bonne isolation acoustique ;
- le choix judicieux des dispositifs de ventilation y compris les grilles de ventilation maîtrisée (consulter [31]) ;
- le recours aux fenêtres doubles, telles qu'illustrées ci-contre apporte une des meilleures réponses au niveau acoustique ;

Concernant les bruits d'impact de pluie et de grêle, quel que soit le vitrage, il n'offre pas de protection phonique mais constitue une source de nuisance, car les feuilles de verre mises en vibration par l'impact de la pluie ou de la grêle rayonnent le bruit dans l'espace qu'elles surplombent.
Pour y remédier, il faut doubler le vitrage en toiture (verre ou plastique) par une seconde paroi intérieure translucide.

UTILISATION DES TABLEAUX

1 Soit un logement se situant en zone industrielle de type I : l'ambiance sonore acoustique de jour vaut 60 dB (A).

2 Le type de bruit de la source est un bruit provenant d'une route à circulation rapide. Ce bruit se caractérise par une fréquence moyenne à élevée.
Il convient donc de prendre comme référence l'indicateur à valeur unique pondéré $R_w + C$.

3 Si on considère que le logement est un loft, on considère donc que le niveau de pression acoustique à ne pas dépasser est de 20 dB (A).
Il y a donc lieu d'isoler ce loft de l'ambiance extérieure trop bruyante de Δ = 40 dB (A), correspondant à 60 dB (A) - 20 dB (A)

4 Le choix du vitrage se fait grâce au tableau donnant les performances d'affaiblissement acoustique des vitrages commerciaux.

Il y a peu de vitrages donnant les performances. On peut choisir entre autres :
- soit un double vitrage avec gaz spécial 8-24G-4 ;
- soit un double vitrage thermique avec un verre feuilleté 8-12-44.2PVB.