

## 4.11 Acoustique

### Introduction

Les nuisances sonores gagnent en importance. La circulation s'intensifie, les voisins et les enfants disposent d'installations hi-fi de plus en plus puissantes tandis que les inconditionnels de la TV semblent désormais la regarder 24 heures sur 24.

Dans notre pays, à forte densité de population, le silence est une denrée de plus en plus rare. Il s'agira d'en tenir compte à l'avenir.

Dans la plupart des cas malheureusement, lorsque l'on pense à la problématique de l'acoustique, il est déjà trop tard. Bien souvent, le bâtiment est déjà terminé lorsque des problèmes de nuisances sonores se posent. Dans ce cas, les interventions s'avèrent généralement complexes et onéreuses, pour un résultat aléatoire.

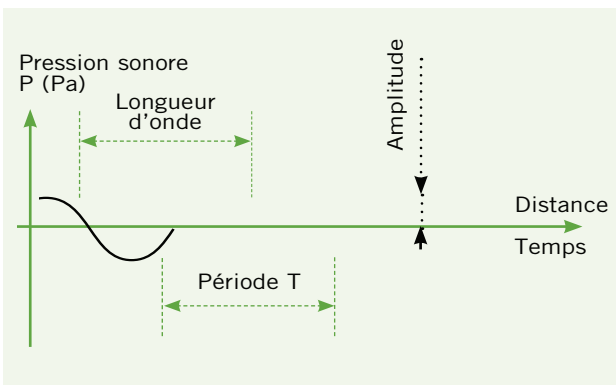
Pour obtenir un bâtiment confortable sur le plan acoustique, il convient de prendre ce problème en considération dès la conception. La composition de la façade, le choix des matériaux, les détails techniques, l'orientation du bâtiment ... autant d'éléments déterminant la qualité acoustique du bâtiment.

L'acoustique est un phénomène complexe ayant une terminologie spécifique. Voilà pourquoi nous avons jugé utile d'en revoir quelques principes généraux.

#### 4.11.1 Principes généraux

Le son n'est rien d'autre que des vibrations ou des ondes qui se déplacent à travers un milieu. Ce milieu peut être un mélange de gaz (ex. l'air), un liquide, voire une matière solide. Le son ne se propage pas dans le vide.

Ces ondes sont caractérisées par une longueur d'onde et une amplitude (= pression sonore  $p$  ( $P_a$ )).



Le milieu (bien souvent l'air) se trouve en équilibre grâce à une pression d'équilibre, mais suite à une perturbation sonore de ce dernier, la pression du milieu varie.

#### 4.11.1.1 Fréquence

La hauteur d'un son est déterminée par sa fréquence. La fréquence d'un son est le nombre de variations de pression par seconde. Elle est exprimée en Hertz (Hz). Les sons bas ont une basse fréquence contrairement aux sons élevés (haute fréquence).

L'appareil auditif d'une personne normalement constituée perçoit les bruits de 20 Hz à 20.000 Hz, la période ( $T$ ) variant de 0,05 à 0,00005 secondes.

On distingue :

- sons bas : 20 à 200 Hz
- sons moyens : 200 à 2.000 Hz
- sons aigus : 2.000 à 20.000 Hz

#### 4.11.1.2 Vitesse de propagation du son

La vitesse de propagation du son varie en fonction du milieu. La vitesse du son dans l'air à température ambiante est de 344 m/s ou 1238 km/heure.

Dans un autre milieu, cette vitesse est différente :

- verre, acier : 5000 m/s
- béton : 4000 m/s
- mortier : 3000 m/s
- eau : 1450 m/s
- plomb : 1200 m/s
- caoutchouc : 50 m/s

Le son se propage donc plus rapidement dans l'acier et le béton que dans l'air.



#### 4.11.1.3 Longueur d'onde - période

La longueur d'onde d'un son est la distance entre 2 crêtes ou pics de pression :

Longueur d'onde ( $\lambda$ ) =

$$\frac{\text{vitesse de propagation du son (c)}}{\text{fréquence (f)}}$$

La longueur d'onde à 20Hz=17m\*  
et à 20.000Hz=1,7cm\*

\* dans l'air

Dans le cas de hautes fréquences, les longueurs d'ondes sont petites. Elles sont grandes dans le cas de basses fréquences.

Le temps requis pour le déroulement d'un cycle (de crête à crête) s'appelle la période T

On peut dès lors affirmer :

- plus l'amplitude est élevée, plus le son est fort
- plus la longueur d'onde est élevée, plus le son est bas
- plus la fréquence est importante, plus le son est haut

#### 4.11.1.4 Niveau de pression sonore

L'oreille est sensible aux pressions sonores variant de  $2 \cdot 10^{-5} P_a$  à  $100 P_a$  ( $1 P_a = 1 N/m^2$ ).

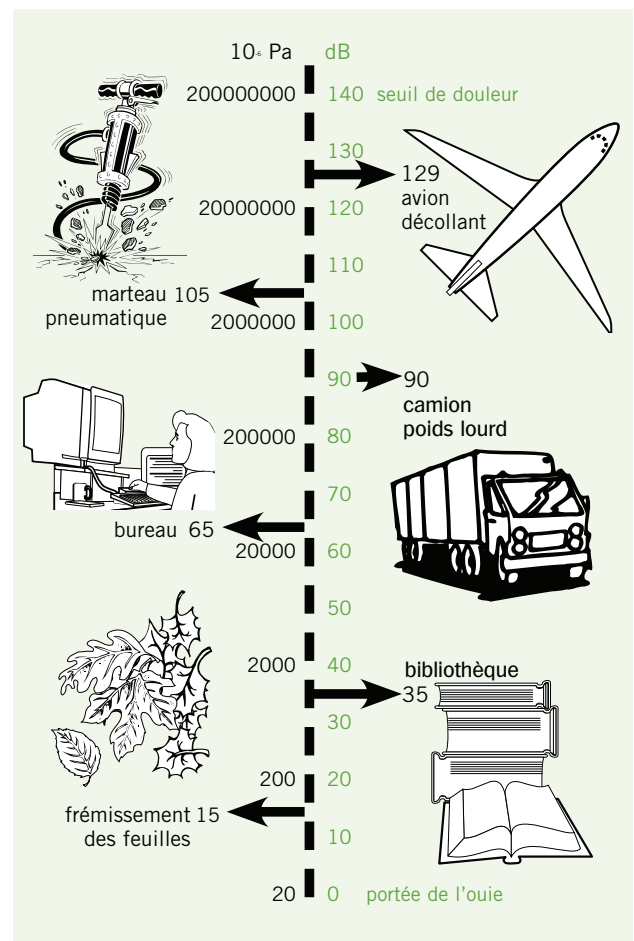
En pratique, nous constatons que lorsque la pression sonore double, la perception de l'oreille ne double pas du tout. La sensibilité de l'oreille suit une fonction logarithmique.

C'est pourquoi un son est déterminé par le niveau de pression sonore  $L_p$ , exprimé en décibels (dB).

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (\text{dB})$$

où  $p$  = pression sonore en  $P_a$  ( $N/m^2$ )  
 $p_0$  = la pression sonore de référence égale à  $2 \cdot 10^{-5} P_a$  (la limite auditive inférieure d'une oreille normalement constituée).

Le schéma ci-dessous illustre l'ordre de grandeur des différents niveaux sonores constatés dans la pratique.



#### 4.11.1.5 Sons purs - le spectre sonore

Un son qui ne présente qu'une seule fréquence est appelé son pur. Un tel phénomène est rare en pratique. Tous les sons se composent d'un large éventail de sons (fréquences). Nous pouvons comparer cela avec la lumière solaire, décomposée dans un prisme en un spectre de couleurs où chaque couleur est caractérisée par un intervalle de fréquence. Cette analyse du spectre sonore est importante pour évaluer une situation acoustique donnée. Elle est utilisée pour déterminer le bruit d'une machine, l'isolation acoustique des murs, le confort acoustique d'un espace déterminé, etc.

Le spectre intéressant pour l'isolation des habitations se situe entre 100 et 4.000 Hz. Pour les machines toutefois, on est généralement intéressé par des fréquences allant de 31 à 8.000 Hz.

**4.11.1.6 Niveau sonore - isophones**

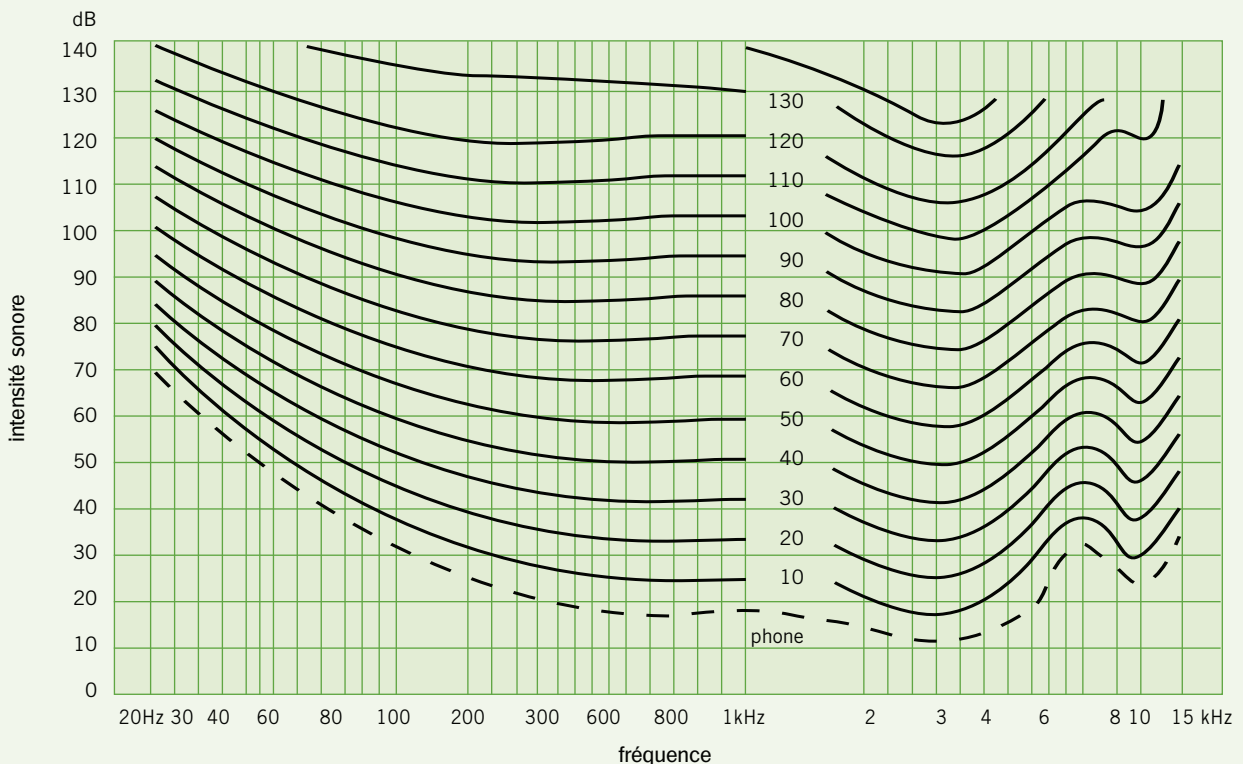
Nous savons déjà que le son est un phénomène particulièrement complexe. De plus, pour l'appareil auditif humain, l'intensité d'un son est fonction de la fréquence (Hz) et du niveau de pression sonore (dB). Notre oreille perçoit avec une même intensité les sons suivants :

- 50 dB à 1.000 Hz
- 56 dB à 125 Hz
- 82 dB à 31 Hz

Des courbes de même intensité sonore (isophones) ont ainsi été établies en fonction de la fréquence et du niveau de pression sonore. Chaque isophone est appelé d'après son niveau de pression sonore à 1.000 Hz. L'oreille humaine perçoit une augmentation de 8 à 10 dB comme un doublement de l'intensité sonore. Inversement, une diminution de 8 à 10 dB est perçue comme une diminution de moitié de l'intensité sonore.



Isophones - lignes d'intensités sonores égales



L'on constate que lorsque la radio fonctionne doucement, les tonalités élevées sont bien souvent parfaitement audibles, tandis que les basses sont à peine perceptibles. En pressant la touche "loudness", les basses peuvent être accentuées, ce qui permet de mettre en exergue la musique.

On peut dès lors affirmer que notre appareil auditif est plus sensible aux sons élevés qu'aux graves. De ce fait, l'isolation acoustique pour les sons bas ne doit pas être aussi importante que pour les sons moyens.

#### 4.11.1.7 Le son - une perception subjective

La notion de bruit est particulièrement subjective. Une jeune mère se réveillera la nuit au moindre gazouillis de son bébé (= 30 dB), tandis qu'elle n'entendra même pas une voiture qui passe (= 80 dB).

L'oreille humaine interprète le bruit de façon subjective et différente pour chaque personne. Un même bruit peut être supporté par une personne tandis qu'une autre le trouvera gênant.

#### 4.11.1.8 Bruit de fond

Bien souvent, on s'attend à ce que le bruit de fond soit ramené à néant. C'est une idée fautive. Ce bruit peut uniquement être réduit. Le bruit de fond joue un rôle important dans la perception subjective du bruit. Dans un quartier résidentiel calme, des enfants qui jouent dans la rue peuvent déranger le voisinage. Si le bruit de fond était plus important, dans une ville par exemple, ce même bruit ne serait plus considéré comme gênant.

### 4.11.2 L'acoustique en construction

#### 4.11.2.1 Bruit aérien et bruit d'impact

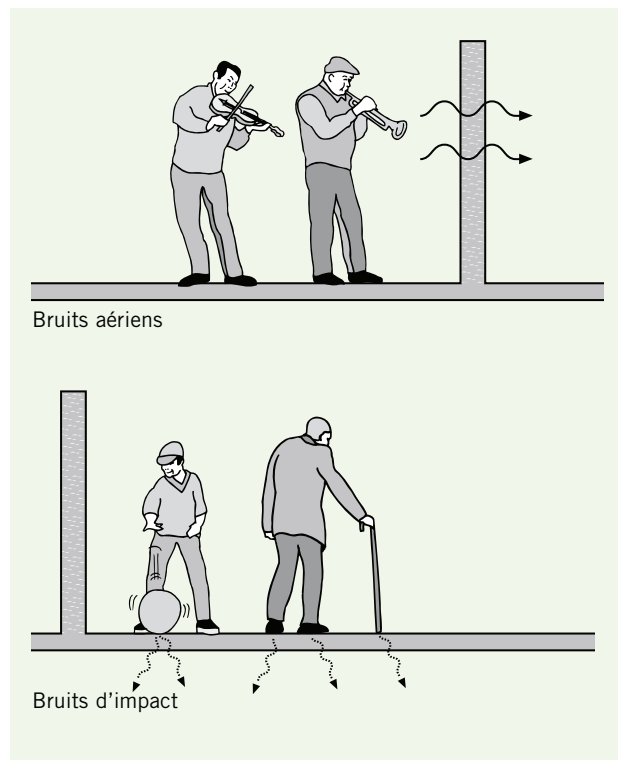
Fondamentalement, une distinction doit être opérée entre les bruits aériens et les bruits d'impact pour l'isolation acoustique des éléments de construction.

Pour assurer un bon confort acoustique aux habitants d'un bâtiment, les mesures nécessaires doivent être prises, tant contre le bruit aérien que contre le bruit d'impact.

La résistance contre la propagation des sons d'un espace à l'autre s'appelle l'isolation et s'exprime en décibels (dB).

On distingue donc :

- les bruits aériens : la source émet directement les sons dans l'air, ex. radio, TV, voix, ...
- les bruits d'impact : la source occasionne des vibrations dans les éléments de construction qui se propagent dans la construction et qui diffusent le bruit dans un autre espace (ex. vibrations dans les canalisations de chauffage central).



#### 4.11.2.2 Résonance

Dans les espaces vides (ex. églises, chambres non meublées, ...), le bruit résonne. Ce phénomène est appelé "résonance". Ce phénomène perturbe la compréhension des conversations et la couleur sonore de la musique tout en influençant le niveau sonore total de la pièce.

Les vagues sonores heurtant les murs d'une pièce sont partiellement répercutées et en partie absorbées. Une autre partie de ces vagues pénètre dans les murs. C'est ce qu'indique le coefficient d'absorption ( $\alpha$ ) du mur. Dans une pièce, on entend donc en premier le bruit en provenance directe de la source et peu après (en fonction du chemin parcouru) le bruit répercuté.

Il est donc possible de réduire le niveau sonore dans une pièce en appliquant des matériaux particulièrement absorbants.

Dans des pièces aux murs non absorbants (murs revêtus de miroirs, carreaux, marbre...), la perception auditive est mauvaise et l'on obtient ce que l'on appelle un effet "cocktail". Lorsque l'on éprouve des difficultés à se faire entendre, on a tendance à parler plus fort, ce qui ne fait qu'empirer le niveau sonore total.

Bien souvent, on a tendance à confondre isolation sonore et absorption sonore. Pour clarifier cette confusion : les produits d'absorption servent à limiter la résonance et à régler la "couleur" du bruit dans un même espace, tandis que l'isolation sonore diminue la pénétration du son d'un espace dans un autre.

A titre d'exemple extrême : une fenêtre ouverte laisse passer 100% des bruits ( $\alpha = 1$ ) mais en tant que telle, elle n'est pas insonorisée.

**4.11.2.3 Coefficient d'absorption ( $\alpha$ )**

Les ondes de sons heurtant une paroi sont partiellement réfléchies, absorbées et la traversent également en partie. Au niveau de l'absorption, l'énergie des ondes de sons est transformée en chaleur.

Le coefficient d'absorption ( $\alpha$ ) d'un mur est :

$$\alpha = \frac{\text{énergie sonore non réfléchi}}{\text{énergie sonore incidente}}$$

ou

$$\alpha = \frac{(\text{énergie transmise} + \text{absorbée})}{\text{énergie sonore incidente}}$$

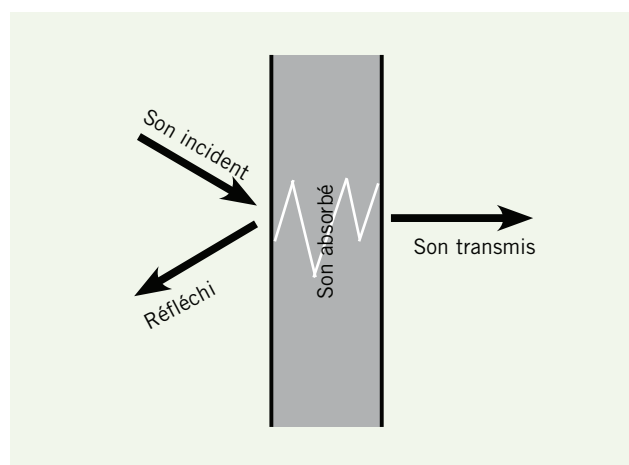
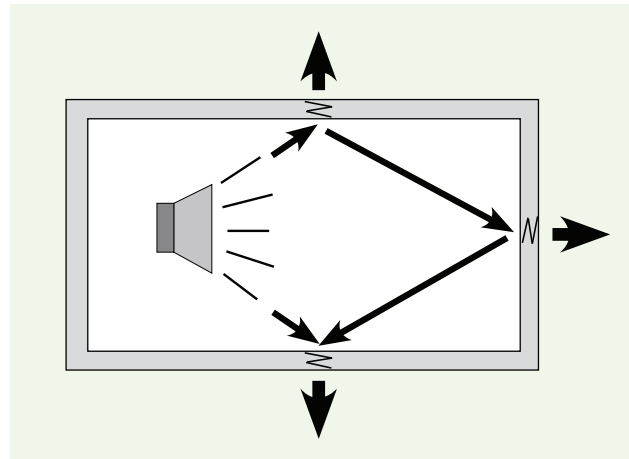
Ce coefficient d'absorption est un nombre entre 0 et 1 sans unité.

$\alpha = 0$  signifie que tous les bruits sont réfléchis (pour ce faire, les éléments de construction ont une surface plane, sont non poreux et totalement rigides)

$\alpha = 1$  signifie que tous les bruits sont absorbés ou transmis (par exemple une fenêtre ouverte)

L'importance du coefficient  $\alpha$  est fonction :

- de la fréquence du bruit d'incidence
- de la nature, de l'épaisseur et du poids, des conditions de surface de l'élément, etc.



Coefficient d'absorption ( $\alpha$ ) des différents matériaux :

Matériau	Fréquence (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Béton lisse	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
Plâtre ciment	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
Dalles et blocs en béton cellulaire	0,09	0,09	0,12	0,18	0,19	0,18
Tôle d'acier	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

De par sa structure alvéolée en surface, le béton cellulaire présente une capacité d'absorption sonore 5 à 10 fois supérieure à celle des matériaux lisses "insonorisants". De ce fait, l'utilisation de dalles et de blocs en béton cellulaire s'avère particulièrement intéressante pour les bâtiments bruyants comme les bâtiments industriels, les discothèques, salles de cinéma, théâtres, ... pour atténuer la propagation des bruits internes (bruits diffus).



### 4.11.3 Normes belges

Dans la norme NBN S01-400-1, toutes les exigences acoustiques pour les immeubles d'habitation ont été revues à la hausse et concernent les quatre aspects importants : l'isolation aux bruits aériens, l'isolation aux bruits de chocs, le bruit des installations et l'absorption.

Désormais elle décline ses critères en deux catégories appelées : « confort acoustique normal » et « confort acoustique supérieur ».

La première sera de nature à satisfaire 70% des utilisateurs tout en utilisant des techniques constructives qui n'entraîneront pas ou peu de surcoûts.

La seconde devrait satisfaire 90% des utilisateurs et sera d'application lorsque le souhait de grand confort acoustique est clairement exprimé par les responsables du projet ou par les futurs utilisateurs.

Reste alors 10 % d'éternels insatisfaits ...

Puisque cette norme ne concerne que les immeubles d'habitation, les anciennes normes pour les immeubles non-résidentiels restent d'application.

**Tableau 1 : Exigences d'isolation aux bruits aériens entre locaux**

LOCAL D'EMISSION hors de l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Tout type de local	Tout type de local sauf un local technique ou un hall d'entrée	$D_{nT,w} \geq 54$ dB	$D_{nT,w} \geq 58$ dB
Tout type de local d'une maison neuve mitoyenne	Tout type de local d'une maison neuve mitoyenne sauf un local technique	$D_{nT,w} \geq 58$ dB	$D_{nT,w} \geq 62$ dB
LOCAL D'EMISSION dans l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Chambre à coucher, cuisine, living et salle à manger	Chambre à coucher	$D_{nT,w} \geq 35$ dB	$D_{nT,w} \geq 43$ dB

Les exigences sont exprimées au travers de l'indice  $D_{nT,w}$ . Il s'agit de l'isolement acoustique standardisé mesuré « in situ » entre deux locaux. Rappelons que pour mesurer l'isolement acoustique entre deux locaux, il convient d'émettre du bruit dans le local d'émission, de mesurer ce bruit, de mesurer également le bruit dans le local de réception. La différence entre ces deux niveaux de bruit fournit l'isolement brut (D) qu'il est nécessaire de corriger en fonction de l'absorption existant dans le local de réception. Deux possibilités sont alors offertes, une correction en fonction de l'aire d'absorption équivalente (A) ce qui était utilisé anciennement ou une correction en fonction du temps de réverbération du local de réception. La nouvelle norme fait appel à cette deuxième possibilité qui fournit une valeur plus proche du ressenti de l'occupant. La valeur corrigée est l'indice  $D_{nT,w}$ .

**Tableau 2 : Exigences d'isolation aux bruits de chocs entre locaux**

LOCAL D'EMISSION hors de l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Tout type de local	Tout type de local sauf un local technique ou un hall d'entrée	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB	$L'_{nT,w} \leq 50$ dB
Tout type de local sauf une chambre à coucher	Une chambre à coucher	$L'_{nT,w} \leq 54$ dB	$L'_{nT,w} \leq 50$ dB
LOCAL D'EMISSION dans l'habitation	LOCAL DE RECEPTION dans l'habitation	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Chambre à coucher, cuisine, living et salle à manger	Chambre à coucher	/	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB

Ici la spécification est donnée en terme de  $L'_{nT,w}$ . Il s'agit du niveau de bruit perçu dans le local de réception et produit par une machine à choc normalisée placée sur le sol du local d'émission. De nouveau, si l'on se réfère aux exigences de l'ancienne norme pour des cas similaires (Ila ou b -  $L'_{nT,w} = 61$  ou  $64$  dB), les performances actuelles sont supérieures de 6 dB. Remarquons toutefois que les performances en matière de bruit de choc sont sensiblement plus faciles à atteindre à la conception que les performances en bruits aériens et que les valeurs demandées ici ne constituent pas une difficulté supplémentaire.

**Tableau 3 : Exigences relatives au bruit des installations**

		confort acoustique normal	confort acoustique supérieur
Salle de bains/WC	Ventilation mécanique	$L_{Ainstal, nT} \leq 35$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 30$ dB
	Appareils sanitaires	$L_{Ainstal, nT} \leq 65$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 60$ dB
Cuisine	Ventilation mécanique	$L_{Ainstal, nT} \leq 35$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 30$ dB
	Hotte	$L_{Ainstal, nT} \leq 60$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 40$ dB
Living et salle à manger	Ventilation mécanique	$L_{Ainstal, nT} \leq 30$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 27$ dB
Chambre à coucher	Ventilation mécanique	$L_{Ainstal, nT} \leq 27$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 25$ dB
Locaux techniques contenant des installations destinées à moins de 10 habitations		$L_{Ainstal, nT} \leq 75$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 75$ dB
Locaux techniques contenant des installations destinées à moins de 10 habitations		$L_{Ainstal, nT} \leq 85$ dB	$L_{Ainstal, nT} \leq 85$ dB

Ce tableau appelle peu de commentaires. Il précise, en fonction du confort exigé, les niveaux de bruit de différents équipements techniques courants que l'on trouve fréquemment dans les immeubles d'habitation. Notons l'indice utilisé  $L_{Ainstal, nT}$  qui est un niveau de bruit corrigé par le temps de réverbération ainsi que généralisé pour les autres indicateurs utilisés dans cette norme.

#### 4. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES

Un second tableau est relatif aux émergences admissibles du bruit des équipements.

Limitation des dépassements		
Espace de mesure	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Living et salle à manger	Dépassement ≤ 6dB	Dépassement ≤ 6dB
Chambre à coucher	Dépassement ≤ 6dB	Dépassement ≤ 6dB
On ne tient pas compte des dépassements qui n'amènent pas le niveau $L_{Aeq\ max}$ global au-dessus		
	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur
Living et salle à manger	30dB	27dB
Chambre à coucher	27dB	25dB

Tableau 4 : Exigences pour l'isolation des façades

Type d'environnement en fonction du bruit extérieur incident sur le plan de façade i	Exigences pour l'isolation des façades $D_{tr,w,i} = D_{2m,nT,w,i} + C_{tr} [dB] \geq$			
	Pièce de séjour, cuisine		Chambre à coucher	
	confort acoustique normal	confort acoustique supérieur	confort acoustique normal	confort acoustique supérieur
Type 1 : $L_{A1,2m,i} \leq 60$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 30$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 30$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 30$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 30$ dB
Exemples : le long de la plupart des chemins calmes, champêtres, dans les lotissements calmes avec circulation locale, dans les rues en ville avec un trafic réduit, pour les façades fortement protégées.				
Type 2 : $60$ dB < $L_{A1,2m,i} \leq 65$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 30$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 32$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 32$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 35$ dB
Exemples : rues asphaltées en ville avec trafic normal, avec une seule bande de circulation dans chaque sens.				
Type 3 : $65$ dB < $L_{A1,2m,i} \leq 70$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 34$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 36$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 36$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 39$ dB
Exemples : trafic intense et lourd				
Type 4 : $70$ dB < $L_{A1,2m,i}$	$D_{tr,w,i} \geq 38$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 40$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 40$ dB	$D_{tr,w,i} \geq 42$ dB
Exemples : le long de la plupart des rues en ville (p. ex. rue Beliard à Bruxelles) avec un trafic intense, des rues dont le revêtement est en béton et le trafic important, des routes nationales, près de voies d'accès des grandes villes, le long des routes de liaison régulièrement fréquentées par du trafic lourd vers les terrains industriels.				

Ce tableau demande quelques explications. Tout d'abord, l'indice utilisé est le  $D_{2m,nT,w} + C_{tr}$ , c'est-à-dire un isolement acoustique mesuré à 2m de la façade, standardisé (nT) et auquel on a ajouté une correction de bruit de trafic routier ( $C_{tr}$ ), correction toujours pénalisante pour le matériau. En clair, les matériaux utilisés pour réaliser la performance acoustique des façades devront être capable d'atténuer efficacement le bruit du trafic routier. Chaque ligne du tableau correspond à un environnement extérieur différent depuis les environnements relativement calmes jusqu'aux environnements extrêmement bruyants. L'isolation demandée minimum est de 30 dB et peut atteindre la valeur très élevée de 42 dB. Notons encore le petit indice «i» utilisé dans le tableau pour spécifier un pan de façade dans le cas d'immeubles présentant plusieurs façades au bruit. Dans ce cas particulier, la norme recommande d'augmenter la performance de chaque pan de façade de 2 dB.

#### 4.11.4 Isolation acoustique des bâtiments

Pour obtenir un bon confort acoustique dans une habitation, il convient toujours de prendre celle-ci en considération dès la conception des plans.

Il importe en particulier de veiller à une bonne disposition des pièces à faible niveau sonore (chambre à coucher, chambres des enfants, living) et des espaces à haut niveau sonore (cuisine, cage d'escaliers, sanitaires).

Dans les maisons de rangée et les appartements, l'agencement des pièces doit encore tenir compte des appartements adjacents, supérieurs et inférieurs.

##### 4.11.4.1 Isolation des bruits aériens

Rappel :

- $E_r$  = énergie sonore réfléchie
- $E_i$  = énergie sonore incidente
- $E_a$  = énergie sonore absorbée
- $E_d$  = énergie sonore transmise

L'isolation théorique des bruits aériens est donc :

$$R = 10 \log \frac{E_i}{E_d} \text{ (dB)}$$

Il s'agit d'une fonction logarithmique. En d'autres termes, une isolation des bruits aériens de 20, 30, 40, 50 dB signifie que respectivement 1/100, 1/1.000, 1/10.000 ou 1/100.000 de l'énergie d'incidence peut passer.

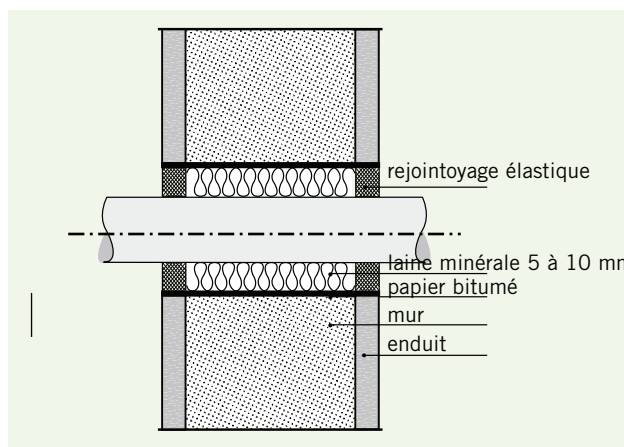
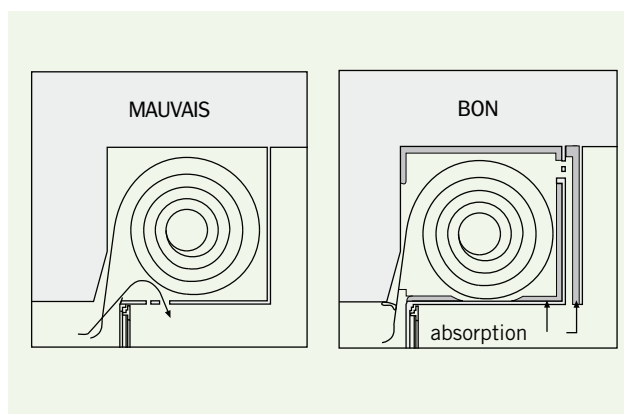
##### 4.11.4.2 Généralités

Un mur se compose bien souvent de différents éléments (portes, fenêtres, colonnes de béton, canalisations, etc.). Dans l'approche d'un mur présentant une telle composition, une différence fondamentale existe entre l'isolation acoustique et l'isolation thermique.

L'isolation des bruits aériens d'un mur dépend naturellement, à l'instar de l'isolation thermique, des qualités isolantes de ses différents composants. En ce qui concerne l'isolation thermique, le niveau d'isolation d'un élément de construction est déterminé par la moyenne des valeurs des différents éléments, pondérée en fonction de leur proportion dans la superficie totale. Ce n'est pas le cas de l'isolation acoustique. Là, la qualité isolante d'un mur est proche de celle de son élément le plus faible (portes, fenêtres, canalisations encastrées, ...), à l'instar de la résistance d'une chaîne qui se mesure à son maillon le plus faible.

Dans l'isolation thermique, chaque  $m^2$  contribue à l'isolation, alors que dans l'isolation acoustique, c'est l'élément le plus faible qui détermine l'ensemble.

Une première condition pour une bonne isolation acoustique est donc une bonne étanchéité (interstices sous les portes, caissons de volets roulants, conduits de climatisation, cheminées, tuyaux, ...).





#### 4.11.4.3 Isolation des murs contre les bruits aériens

L'isolation acoustique d'un mur massif est principalement fonction de sa masse et de sa rigidité. Si l'on souhaite améliorer l'isolation de ce mur contre les bruits aériens, on peut soit :

- prévoir une masse plus élevée par m<sup>2</sup> dans le cas de murs massifs;
- doubler le mur avec une lame d'air intermédiaire. En remplissant cette lame d'air d'un matériau poreux absorbant, il est possible d'éviter les résonances liées au vide (ondes verticales).

La valeur d'isolation peut encore être améliorée en optant pour des parois de masse ou d'épaisseurs différentes (pour éviter les coïncidences).

En pratique, il est possible d'obtenir une meilleure valeur d'isolation contre les bruits aériens en gardant à l'esprit les principes suivants :

- un mur composé de 2 parois présente une meilleure valeur d'isolation qu'un mur massif de même épaisseur;
- en prévoyant des parois de différentes épaisseurs dans la construction de murs doubles composés d'un même matériau.
- en plaçant un matériau d'absorption poreux dans la lame d'air (laine minérale). Ce procédé évite la résonance due au vide (ondes verticales);
- une largeur minimale de lame d'air (5 à 6 cm) est requise. Un espace trop réduit occasionne une diminution de l'isolation dans les basses fréquences en raison de la résonance;
- entre les 2 parois, tout contact rigide doit être évité (pas de liaisons rigides);
- en assurant une bonne herméticité (pas de fuites acoustiques) et une bonne étanchéité à l'air (plafonnage).

#### 4.11.4.4 Isolation des murs contre les bruits d'impact

Dans les résidences communautaires (appartements, hôtels, bureaux, ...), la plupart des nuisances sonores sont occasionnées par des bruits d'impact. Les plus courants sont :

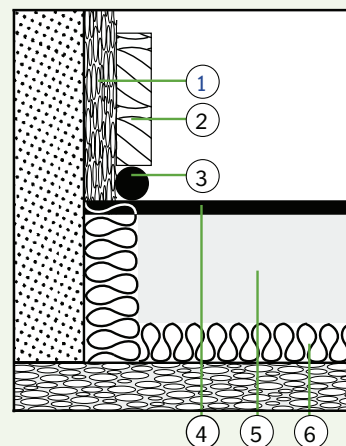
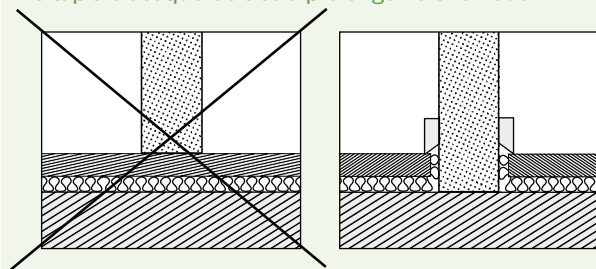
- les bruits de pas
- les chutes d'objets
- les glissements de chaises
- les machines telles que les moteurs d'ascenseur, pompes, installations de chauffage central

L'isolation contre les bruits d'impact doit être prévue dès la conception. Les solutions apportées par la suite, après les réclamations, s'avèrent généralement délicates à mettre en œuvre et toujours onéreuses.

L'isolation contre les bruits d'impact des sols peut être améliorée grâce à :

- un **revêtement de sol non rigide** (moquette) ou une sous-couche non rigide à base de feutre, liège, caoutchouc ou autres (résiliant).
- un **sol flottant**. Il importe qu'à l'emplacement des raccords avec les murs, le tapis élastique soit également prolongé vers le haut, de façon à éviter tout contact avec le mur (ponts acoustiques).

Pour obtenir une bonne isolation acoustique, le tapis élastique doit être prolongé vers le haut.



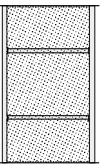
- ① Enduit
- ② Plinthe
- ③ Joint élastique
- ④ Sol fini
- ⑤ Chape
- ⑥ Couche résiliente remontant contre le mur  
(indispensable pour une bonne isolation acoustique)

- un **faux-plafond** (principalement dans les hôpitaux, bureaux, écoles, ...)
- l'un des principaux éléments assurant un bon confort acoustique dans les bâtiments d'appartements consiste à choisir un **bon agencement** des différentes pièces, tant dans le sens vertical qu'horizontal, à savoir l'emplacement du living, de la cuisine, de la chambre à coucher, etc. par rapport aux appartements adjacents, supérieurs et inférieurs, par rapport à la cage d'escalier et d'ascenseur.

#### 4.11.5 Acoustique de la construction en béton cellulaire

##### 4.11.5.1 Murs extérieurs massifs en blocs de béton cellulaire

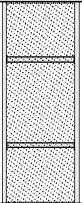
Blocs de béton cellulaire avec crépi (12 mm) et enduit côté intérieur (10 mm)

	Valeur d'isolation R (dB)			
	Classe de densité (kg/dm³)	Épaisseur des blocs de béton cellulaire (mm)		
		240	300	365
0,400	-	47	50	
0,450	49	50	50	
0,550	52	50	-	
0,650	52	-	-	

Les chiffres indiqués sont les valeurs suivant la norme ISO 717-1.

##### 4.11.5.2 Murs intérieurs en blocs de béton cellulaire

Blocs de béton cellulaire + enduit (10 mm) sur les deux faces.

	Valeur d'isolation R (dB)			
	Classe de densité (kg/dm³)	Épaisseur des blocs de béton cellulaire (mm)		
		100	150	200
0,450	-	40	45	49
0,550	40	44	48	52
0,650	-	-	51	52

Les chiffres indiqués sont les valeurs suivant la norme ISO 717-1.

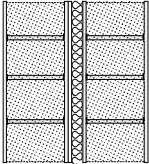
##### 4.11.5.3 Doubles murs de séparation entre habitations de rangée / habitations doubles / appartements

Rappel :

- Par rapport à un mur massif de même poids, un mur double présente un avantage acoustique de env. 12 dB.
- Plus large est la lame d'air, meilleure est l'isolation acoustique. L'amélioration atteint :

Largeur de la lame d'air (mm)	Amélioration de l'isolation (dB)
30	0
40	2,5
50	4,4
60	6,0

#### Valeurs d'isolation des doubles murs de séparation

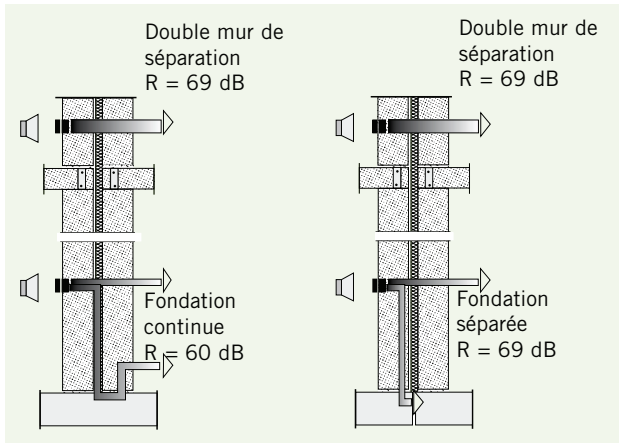
	Épais- seur (mm)	Valeur d'isolation R (dB)
	Structure du mur	
Enduit intérieur	10	68
Blocs de béton cellulaire C4/550	175	
Lame d'air avec des plaques de laine minérale de 40mm	50	
Blocs de béton cellulaire C4/550	175	
Enduit intérieur	10	
Enduit intérieur	8	57
Blocs de béton cellulaire C4/550	200	
Lame d'air	20	
Blocs de béton cellulaire C4/550	200	
Enduit intérieur	8	

Les chiffres indiqués sont les valeurs suivant la norme ISO 717-1.

Lors de la réalisation d'un mur de séparation entre deux habitations, il importe qu'une lame d'air suffisante soit prévue. Cet interstice doit s'étendre sans interruption des fondations à la toiture et ne peut pas être interrompu par des résidus de mortier ou des clous par exemple, ceux-ci créant des ponts acoustiques. Il est important que toutes les poutres de béton, linteaux, voûtes, etc. soient interrompus au niveau de l'interstice et n'atteignent pas l'autre mur.

Pour les espaces situés au rez-de-chaussée d'un bâtiment avec cave, le dédoublement de la fondation n'est pas tellement important en raison du long chemin que doit parcourir le son, à condition que le mur de séparation de la cave ait également été construit avec une lame d'air. L'isolation acoustique est certes plus faible au niveau de la cave.

Dans le cas d'habitations sans cave, une séparation des fondations est fortement conseillée.



**4.11.5.4 Murs intérieurs en blocs de béton cellulaire avec élément rapporté sur 1 ou 2 faces**

Structure du mur	Épaisseur (mm)	Valeur d'isolation R (dB)
Enduit intérieur	10	53
Blocs de béton cellulaire C4/550	150	
Laine de verre	40	
Plaque de plâtre	10	
Plaque de plâtre	10	58
Laine de verre	40	
Blocs de béton cellulaire C4/550	150	
Plaque de plâtre	10	
Plaque de plâtre	10	63
Laine de verre	60	
Blocs de béton cellulaire C4/550	150	
Plaque de plâtre	10	

Les chiffres indiqués sont les valeurs suivant la norme ISO 717-1.

**4.11.5.5 Murs extérieurs en dalles de béton cellulaire**

Dans les bâtiments industriels (mais aussi les discothèques), l'incidence des nuisances sonores à l'extérieur doit être limitée, en tenant compte de la zone dans laquelle se trouve ledit bâtiment (milieu rural, zone résidentielle, zoning industriel...). A l'intérieur même du bâtiment, le niveau sonore doit également être maintenu à un niveau acceptable (< 85 dB(A)).

Le niveau sonore intérieur dans un atelier est naturellement fonction des sources sonores (machines), mais aussi de la capacité d'absorption des murs et plafonds. Plus la capacité d'absorption est élevée, plus le niveau sonore est faible.

Le niveau sonore à l'intérieur de l'atelier se compose du niveau sonore direct  $L_{dir}$  et du niveau sonore diffus  $L_{diff}$ .

Le niveau sonore direct change en fonction de la distance par rapport à la source du bruit comme dans un espace libre.

La réverbération sur les murs et le plafond donne naissance à un champ sonore présentant une valeur plus ou moins constante partout dans l'atelier, quelle que soit la distance par rapport à la source du bruit. C'est ce que l'on appelle le niveau sonore diffus  $L_{diff}$ . L'importance de ce niveau sonore diffus est fonction de la capacité d'absorption des surfaces du plafond et des parois ainsi que de la géométrie du hall. Voilà pourquoi il est déconseillé d'utiliser des matériaux lisses non absorbants (tôles d'acier) dans des ateliers ayant un niveau sonore élevé. Pour les grands halls dotés d'une toiture et de murs en dalles de béton cellulaire, on peut approximativement affirmer que le niveau sonore diminue de 2,5 dB chaque fois qu'on double la distance par rapport à la source sonore (machine).

Des études ont fait apparaître qu'un mur muni d'une paroi décorative extérieure supplémentaire (ex. glasal, eternit, plaques de façade...) peut améliorer l'amortissement acoustique de l'extérieur vers l'intérieur jusqu'à plus de 14 dB. La valeur exacte dépend du type de paroi supplémentaire.

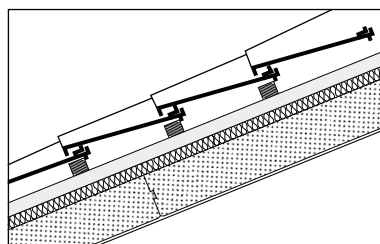
**4.11.5.6 Dalles de toiture en béton cellulaire**

Pour les habitations, l'utilisation de dalles de toiture en béton cellulaire est principalement conseillée dans des zones à forte nuisance sonore, à proximité des aéroports par exemple.

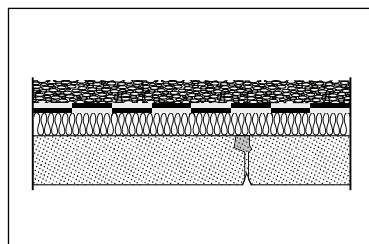
Pour les bâtiments industriels, les dalles de toiture s'avèrent particulièrement intéressantes en raison de leur capacité d'absorption, permettant de limiter la réverbération et donc le niveau sonore diffus à l'intérieur du hall.

Au cas où ces dalles seraient lestées de 50 mm de gravier (= 90 kg/m<sup>2</sup>), ces valeurs peuvent être majorées de 6 à 8 dB.

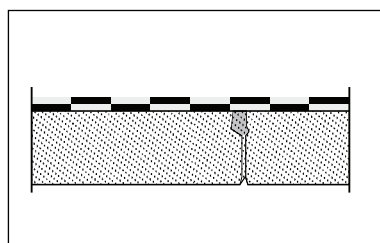
## Toiture en dalles de béton cellulaire avec couverture



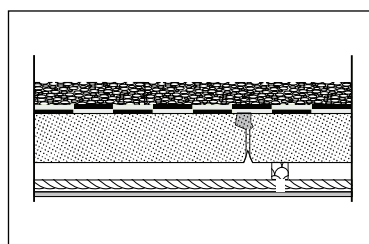
Structure de la toiture	Épaisseur (mm)	Valeur d'isolation R (dB)
Tuiles ou ardoises	-	56
Plaques d'isolation	50	
Dalles de toiture en béton cellulaire	200	
Enduit intérieur	10	



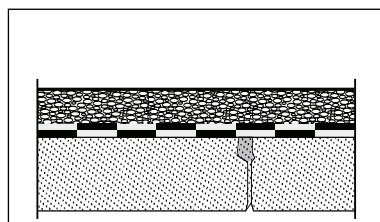
Structure de la toiture	Épaisseur (mm)	Valeur d'isolation R (dB)
Couche de gravier	50	52
2 couches de matériau d'étanchéité pour toiture	-	
Plaque isolante	50	
Dalles de toiture en béton cellulaire	200	



Structure de la toiture	Épaisseur (mm)	Valeur d'isolation R (dB)
2 couches de matériau d'étanchéité pour toiture	-	44
Dalles de toiture en béton cellulaire	200	



Structure de la toiture	Épaisseur (mm)	Valeur d'isolation R (dB)
Couche de gravier	50	55
2 couches de matériau d'étanchéité pour toiture	-	
Dalles de toiture en béton cellulaire	200	
Lattage - 2x30 mm	60	
Plaques de plâtre	10	



Structure de la toiture	Épaisseur (mm)	Valeur d'isolation R (dB)
Couche de gravier	50	51
2 couches de matériau d'étanchéité pour toiture	-	
Dalles de toiture en béton cellulaire	200	

Les chiffres indiqués sont les valeurs suivant la norme ISO 717-1.