

Chapitre 02 : Les ambiances sonores

Rarement prise en compte par les occupants au niveau du projet de construction ou de rénovation, la performance acoustique de l'isolation est pourtant une forme de confort indispensable. Il faut d'abord bien diagnostiquer de quel bruit l'on veut se protéger et savoir décrypter les étiquettes.

L'isolation phonique, ou isolation acoustique, a pour objectif d'éviter la propagation du bruit

I. Généralités sur le son :

I.1. Introduction :

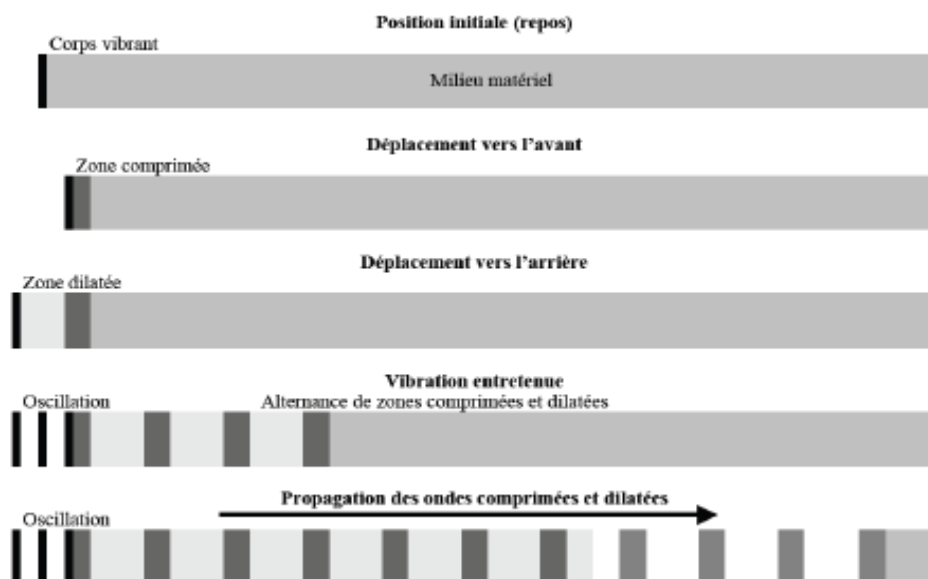
Un son est une vibration de l'air, elle-même engendrée par la vibration d'un corps solide. L'onde ainsi créée se propage dans l'espace et rencontre des obstacles qui vont la modifier, la dévier, l'amplifier voire l'absorber.

La propagation rectiligne d'une onde longitudinale dans un milieu homogène (et sans amortissement) est schématisé à la page suivante. On admet que la source sonore vibre de façon sinusoïdale à la fréquence f . Son mouvement est périodique de période T et de pulsation ω . On note y son élongation : $y(t) = a \sin \omega t$

$$T=1/f ; \quad f=1/T ; \quad \omega T=2\pi \text{ rad}$$

La propagation d'une onde sonore dans un milieu se traduit par l'existence d'une pression acoustique p_{ac} qui s'ajoute à la pression atmosphérique : $p_{ac} + p_{atm} = p_{total}$

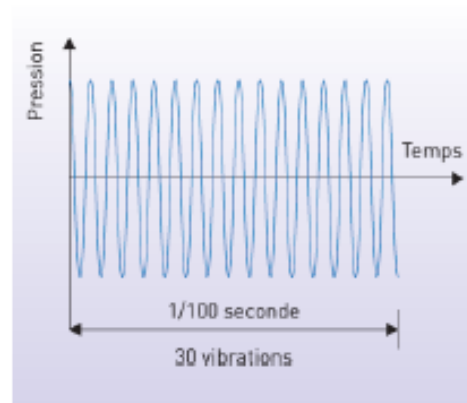
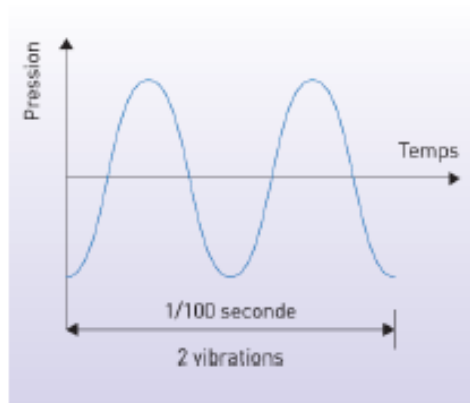
Le déplacement effectué par le son, en une période correspond à une longueur d'onde λ



La vitesse de déplacement de l'onde, dans un milieu non dispersif, ne dépend pas de la fréquence ; dans ce cas, seule la longueur d'onde est caractéristique de l'onde.

$$\lambda = c \times T \quad \text{et} \quad c = \lambda/T \text{ (m/s)}$$

Un son est caractérisé par son **intensité** et sa **fréquence**. Dans la pratique, on rencontre très peu de sons purs (c'est-à-dire une seule fréquence) mais plutôt des sons complexes, qui résultent de la superposition d'un grand nombre de sons purs. Si les sons purs sont répartis en fréquences suivant une série harmonique, leur superposition donne un son « harmonique », à caractère musical. Si la superposition de sons purs donne un phénomène acoustique aléatoire, où l'on ne peut distinguer de fréquences, on est alors en présence de bruit.



Exemple :

$$f = 2 / (1/100) = 200 \text{ Hz}$$

$$f = 30 / (1/100) = 3000 \text{ Hz}$$

La fréquence du son permet de distinguer les sons graves des sons aigus. Elle se mesure en Hertz (Hz). A cette notion physique correspond la notion physiologique de hauteur du son :

plus un son est haut plus il est aigu. L'oreille humaine perçoit des sons dont les fréquences varient entre 16 et 20 000 Hz

1.2. Vocabulaire :

- *Front d'onde : surface virtuelle d'un champ sonore sur laquelle tous les points vibrent en phase.*
- *Une source ponctuelle omnidirectionnelle émet de la même façon, dans toutes les directions de l'espace qui l'entoure.*
- *Le milieu de propagation est isotrope si ses propriétés sont indépendantes de la direction de propagation.*
- *Si le milieu de propagation est homogène et isotrope et si la source est ponctuelle, les fronts d'onde successifs sont des sphères centrées sur la source sonore ; l'onde est, alors, dite sphérique.*
- *L'onde devient une onde plane lorsque les fronts d'onde sont perpendiculaires à la direction de propagation.*

I.3. Célérité du son :

➤ Célérité du son dans les solides

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

E : Module d'Young du solide (N/m^2), (encore appelé « module d'élasticité longitudinale » du solide)

ρ : masse volumique du milieu (kg/m^3).

➤ Célérité du son dans les liquides

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

K : Module de compressibilité isotherme du liquide (en N/m^2 ou en Pa)

➤ Célérité du son dans les gaz : Loi de Laplace

$$c = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$$

γ : Coefficient de compression adiabatique (sans unité)

p : pression absolue du gaz (Pa)

I.4. Son pur et son complexe :

Une vibration sinusoïdale d'une source sonore engendre un son pur (une seule fréquence).

Un son complexe périodique, de fréquence f , résulte de la somme de sons purs de fréquences $f, 2f, 3f, \dots$. La fréquence f correspond au fondamental. Les autres fréquences correspondent aux harmoniques.

L'analyse spectrale d'un son complexe permet de séparer le fondamental des harmoniques (exemple ci-après).

Exemple : Y_{som} : son complexe périodique : $Y_{som} = Y_1 + Y_2 + Y_3$

II. Élément d'acoustique architecturale

II.1. Généralités

Lorsque la source sonore se trouve dans un local, l'énergie sonore est réfléchiée sur les parois et vient s'ajouter à l'énergie rayonnée directement par la source.

➤ Coefficient d'absorption d'un matériau :

On appelle coefficient d'absorption α d'un matériau, le rapport :

$$\alpha = \frac{\text{énergie absorbée}}{\text{énergie incidente}} \quad (\alpha \text{ sans dimension})$$

α : dépend de la nature du matériau et aussi de l'angle d'incidence et de la fréquence de l'onde incidente sur la paroi ; on se contente le plus souvent de prendre le coefficient moyen du matériau.

➤ Coefficient d'absorption moyen d'un local :

Si les parois d'une salle sont constituées de n surfaces (S1 , S1 , S1 ,) recouvertes de matériaux différents de coefficients d'absorption respectifs(α1, α2,α3,...) le coefficient d'absorption moyen de la salle est :

$$\alpha_{moy} = \frac{\alpha 1 \times S1 + \alpha 2 \times S2 + \alpha 3 \times S3 \dots}{S1 + S2 + S3 + \dots}$$

➤ Surface d'absorption équivalente :

Le terme $A = \alpha 1 \times S1 + \alpha 2 \times S2 + \alpha 3 \times S3 \dots$ a la dimension d'une surface ; on l'appelle « surface d'absorption équivalente » du local ; en effet, la surface A serait la surface parfaitement absorbante (coefficient d'absorption égal à 1) qui a globalement la même absorption que le local de surface $S = S1 + S2 + S3 + \dots$:

$$A = \sum_i \alpha_i \times S_i = \alpha 1 \times S1 + \alpha 2 \times S2 + \alpha 3 \times S3 + \dots = \alpha_{moy} \times (S1 + S2 + S3 + \dots).$$

Remarque : Pour un local de grandes dimensions et de volume V, la surface équivalente d'absorption est enrichie d'un terme supplémentaire dû à l'atténuation de l'air

$$A = \sum_i \alpha_i \times S_i + 4mV \quad m : \text{constante d'atténuation de l'air}$$

Remarque : A est parfois appelée « équivalent de fenêtre ouverte ». En effet, pour une fenêtre ouverte, on a en quelque sorte une « absorption » totale par transmission et, par conséquent, un coefficient d'absorption équivalent de 1 !

II.2. L'intensité

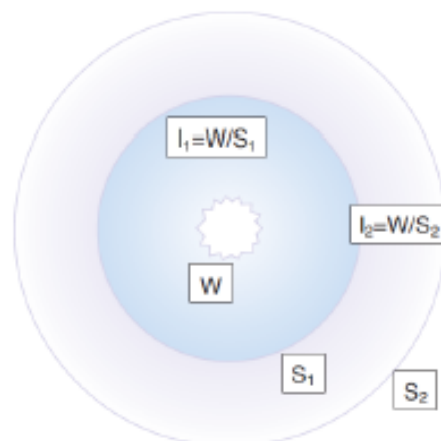
L'intensité acoustique est égale au flux de puissance acoustique traversant l'unité de surface entourant le point d'écoute : avec :

$$I = P/S = W/S, \quad P=W$$

I : intensité acoustique reçue au point d'écoute en W/m2.

W : puissance acoustique traversant la surface S en Watt.

S : surface entourant le point d'écoute, et traversée par la puissance W, en m².



Plus on s'éloigne d'une source, plus la surface de l'onde (traversée par la même puissance acoustique émise par la source) grandit, et plus l'intensité reçue diminue.

Plus l'intensité acoustique augmente (ou diminue), et plus la sensation de force sonore augmente (ou diminue). Pour exprimer la sensation de force sonore engendrée par l'ensemble des intensités de sons possibles, on utilise une échelle logarithmique : le décibel (dB). L'oreille humaine perçoit des sons de 0 dB (seuil d'audibilité) à 120 dB (seuil de douleur).

II.2.1. Intensité sonore globale

En chaque point du local, l'intensité sonore globale I est la somme de deux intensités sonores:

➤ L'intensité I_d rayonnée directement par la source de directivité Q :

$$I_d = \frac{QP}{4\pi r^2}$$

La directivité de la source est représentée par un facteur $Q(\vartheta, \varphi)$ (exemple : si la diffusion est hémisphérique, $Q = 2$)

Pour une source ponctuelle omnidirectionnelle $Q=1$ donc : $I_d = \frac{P}{4\pi r^2}$

➤ L'intensité sonore réverbérée qui, elle ne dépend pas de la distance d ; on montre qu'elle est à peu près égale à :

$$I_r = \frac{4P(S - A)}{S \times A} = \frac{4P}{R_L}$$

$$R_L = \frac{S \times A}{S - A} \cong \frac{S \times \alpha_{moy}}{(1 - \alpha_{moy})} \text{ si on néglige le terme d'atténuation dû à l'air.}$$

L'intensité sonore résultante s'écrit :

$$I = I_d + I_r = \frac{QP}{4\pi r^2} + \frac{4P}{R_L}$$

II.3. Les niveaux sonores : en dB (décibel)

➤ **Niveau de pression**

La pression la plus faible à laquelle l'oreille humaine soit sensible (à 1000 Hz) est choisie, usuellement, comme référence des pressions

$$L_p = 10 \log \frac{p_e^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p_e}{p_0}$$

p_e : pression acoustique correspondant au son étudié (Pa) (valeur efficace)

p_0 : pression acoustique de référence égale à 2×10^{-5} Pa

➤ **Niveau d'intensité sonore**

Le niveau d'intensité sonore est noté L_I (L pour Level) ou N (N pour Niveau) :

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} = L_W + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R_L} \right) \text{ Avec } L_W = 10 \log \frac{P}{P_0}$$

I_0 : intensité sonore de référence égale à 10^{-12} W/m²

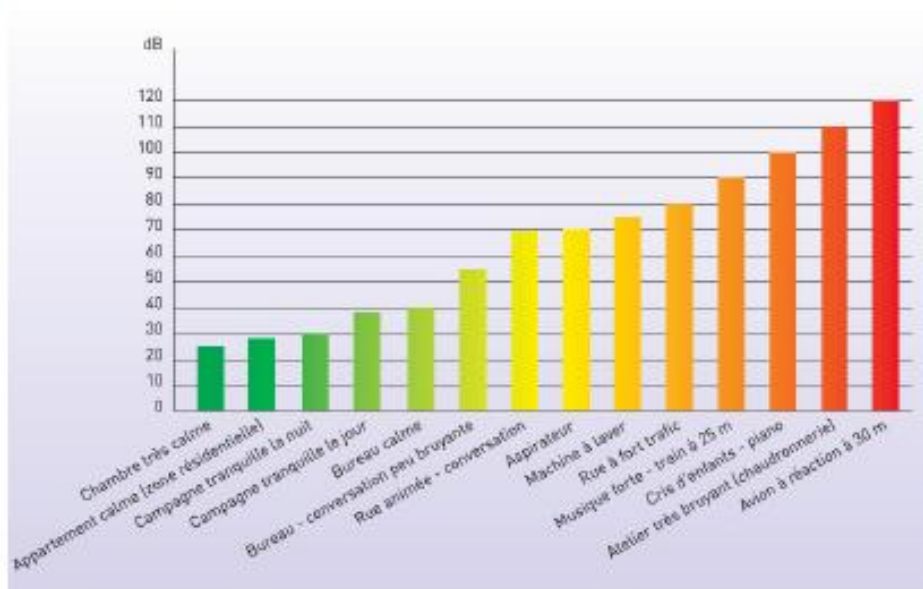
➤ **Niveau de puissance acoustique**

Le niveau de puissance acoustique (L_W) est rapportée à une puissance de référence P_0 :

$$L_W = 10 \log \frac{P}{P_0} = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

$P_0 = 10^{-12} \text{ W}$ car $I_0 = P_0 / 1 \text{ m}^2$

➤ **Quelques ordres de grandeur :**



II.4. Théorie de la réverbération

La réverbération est la superposition de l'onde sonore directe et des ondes réfléchies arrivant successivement au point d'écoute. Les parois des obstacles rencontrés (murs, mobiliers, personnes, etc.) absorbent une partie de l'énergie acoustique émise, ce qui constitue la raison majeure de l'affaiblissement des ondes sonores.

La maîtrise de la réverbération d'un local par la correction acoustique réduit le niveau sonore d'un bruit émis dans ce même local ou améliore les qualités d'écoute du local.

II.4.1. Temps de réverbération d'un local

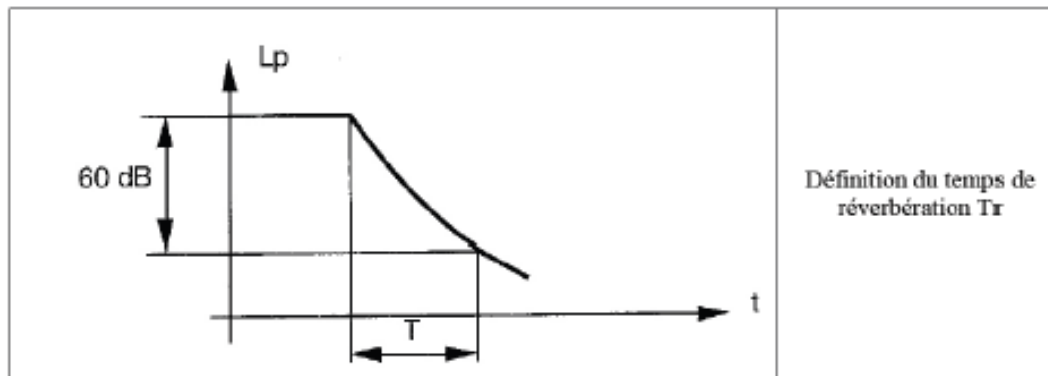
Lorsqu'on coupe brutalement l'émission d'une source sonore dans un local fermé, on constate que le son ne s'éteint que progressivement: on dit qu'il y a trainage. Il faut un certain temps pour que l'énergie acoustique emmagasinée dans le local se dissipe, du fait des réflexions sur les parois (phénomène de réverbération).

La durée de réverbération est d'autant plus longue que:

- Les parois ou leurs revêtements sont peu absorbants;
- Les surfaces traitées sont petites;
- Le volume du local est grand (c'est-à-dire que la distance moyenne à parcourir entre chaque réflexion, appelée libre parcours moyen, est grande).

Par définition, la durée de réverbération correspond au temps nécessaire pour qu'après l'arrêt d'une source sonore, l'intensité acoustique décroisse de 60 dB

Tr et s'exprime en secondes.



II.4.2. Formule d'Eyring :

$$Tr = \frac{-0,161 \times V}{S \times \ln(1 - \alpha)}$$

V : volume du local

S : surface totale des parois du local

α : coefficient d'absorption moyen des parois

II.4.3 Formule de Sabine

A partir de nombreux résultats expérimentaux, Sabine a proposé en 1895 une formule permettant de calculer la durée de réverbération:

$$Tr = \frac{0,16 \times V}{A}$$

V : volume du local

A = S x α : surface d'absorption équivalente du local

S : surface totale des parois du local

α : coefficient d'absorption moyen des parois

Remarque : la formule de Sabine est réservée aux petites valeurs de α. (dans ce cas les deux formules sont équivalentes).

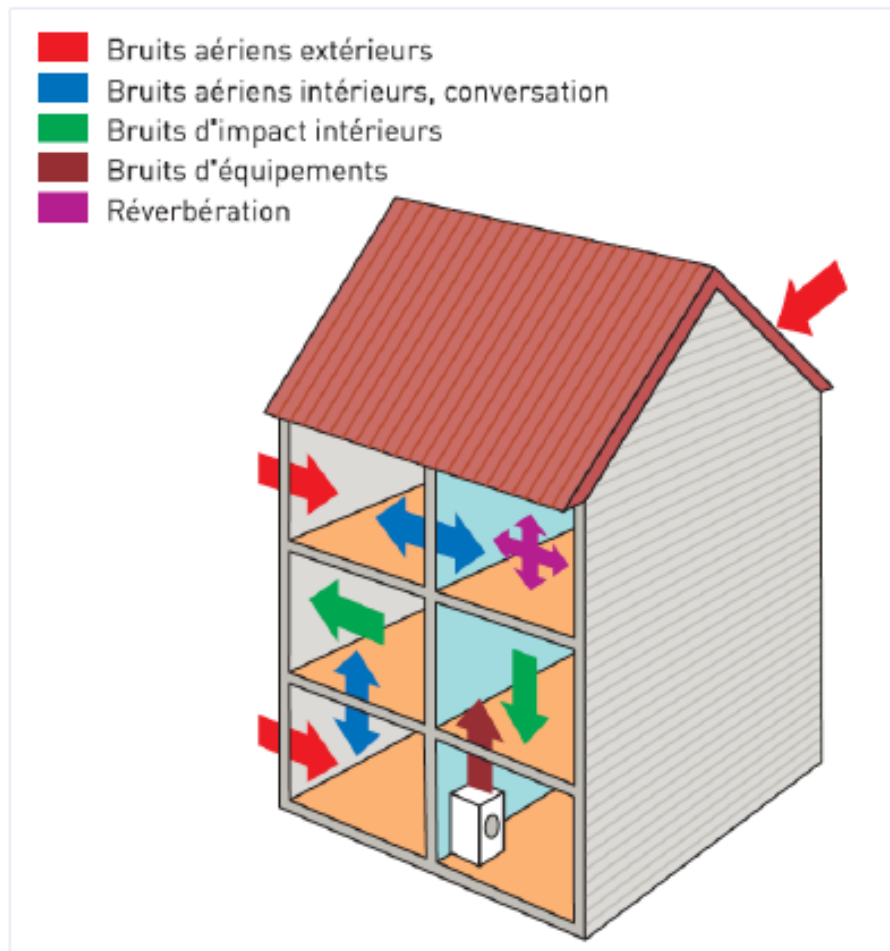
III. Isolation acoustique des locaux :

III.1. Introduction :

Les réglementations acoustiques dans le bâtiment visent à obtenir une ambiance sonore de qualité et imposent une maîtrise des seuils à respecter pour :

- La réverbération des locaux.
- L'isolement aux bruits aériens et aux bruits d'impact entre pièces.
- L'isolement de l'enveloppe vis-à-vis des bruits de l'espace extérieur.
- Le bruit des équipements techniques.

Pour ces derniers, on observe habituellement que les équipements dont on a l'usage sont ressentis comme moins gênants que les équipements individuels exclusivement utilisés par les voisins. Les exigences réglementaires concernant le bruit des équipements en tiennent compte.



Association entre bruits et mesures :

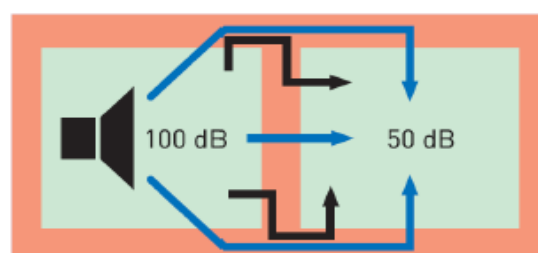
- **Bruit aérien extérieur** : bruit créé par le trafic routier, ferroviaire ou aérien (mesures d'isolement des façades par rapport à un bruit route).
- **Bruit aérien intérieur** : bruit créé par les conversations, la télévision (mesures d'isolement entre locaux par rapport à un bruit rose).
- **Bruit d'impacts (ou de chocs)** : bruit créé par le déplacement des personnes, des meubles ou la chute d'objets (mesure du niveau de bruit de chocs reçu avec une machine à chocs normalisée).
- **Bruit d'équipement** : bruit créé par les ascenseurs, la robinetterie, la VMC... (mesure du niveau de bruit d'équipement en fonctionnement normal).
- **Réverbération** : effet de résonance d'un local (mesure de la durée de réverbération).

III.2. Isolement brut Db

Soit L_1 et L_2 les niveaux de l'intensité moyen des bruits respectivement dans le local émission et dans le local réception respectivement. L'isolement acoustique brut Db est défini par la différence arithmétique :

$$D_b = L_1 - L_2$$

Exemple : Emission de 100 dB, réception de 50 dB : isolement D = 50 dB



L'expérience montrant que D_b est indépendant de la puissance de la source, mais qu'il varie avec forme du spectre du bruit émis, les mesures se font par bandes de fréquences (octaves ou tiers d'octave).

L'isolement brut D_b est une mesure informant la situation réelle d'écoute, dans des conditions données.

Il ne présente aucune correction et intéresse donc l'ensemble des facteurs qui caractérisent ces conditions.

En particulier, D_b dépend de la sonorité du local réception à un certain moment. Cette sonorité, qu'exprime la mesure de la durée de réverbération du local à différentes fréquences, dépend du pouvoir absorbant des parois du local (et des objets qu'il contient).

Comme on effectue souvent les mesures d'isolement dans des locaux vides, il faut pouvoir en déduire l'isolement correspondant à un local normalement meuble.

Il faut donc définir un nouvel isolement, qui réponde à une durée de réverbération unique de référence notée T_0 pour tous les locaux, soit en matière d'habitat $T_0 = 0,5s$, quelle que soit la fréquence (situation ordinaire d'un local normalement meuble).

Cet isolement est appelé isolement normalisé D_n

III.3. Isolement normalisé D_n

Comme L_2 augmente quand le pouvoir absorbant des parois diminue, D_b diminue avec ce dernier; puisque la durée de réverbération varie en sens contraire du pouvoir absorbant, D_b décroît quand le T_2 du local croît. Si l'on admet que la relation entre T_2 et l'intensité du son est linéaire, la correction apportée à L_2 , pour simuler la situation d'un local normalement meuble, sera telle que:

$$D_n = D_b + 10 \log \frac{T_2}{T_0} = D_n = D_b + 10 \log \frac{T_2}{0,5} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T_2}{0,5}$$

III.4. Indice d'affaiblissement d'une paroi R

➤ Définition de l'indice d'affaiblissement R

On caractérise la performance d'isolement acoustique d'une paroi par son facteur de transmission τ qui est le rapport entre la puissance acoustique incidente reçue par la paroi et la puissance acoustique transmise par la paroi.

$$\tau = \frac{W_t}{W_i} = \frac{\tau_1 \times S_1 + \tau_2 \times S_2 + \tau_3 \times S_3 \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

L'indice d'affaiblissement R d'une paroi est défini par la relation :

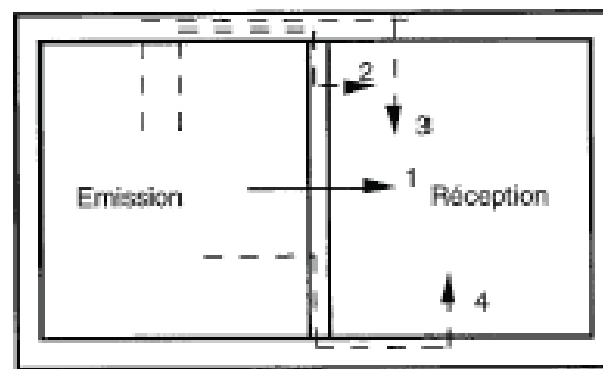
$$R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

➤ Relation entre R et Db

Dans le domaine de l'isolation acoustique, les constructeurs d'immeubles d'habitat neufs doivent satisfaire à des obligations de résultats. Il est donc utile de disposer de méthodes de calculs simples permettant de prévoir les prestations à mettre en œuvre, en évaluant les isolements acoustiques correspondants.

La méthode d'évaluation des isolements acoustique la plus utilisée actuellement consiste à calculer la de

Transmission directe par la paroi de séparation connaissant son indice d'affaiblissement acoustique R , et à évaluer globalement l'ensemble des transmissions indirectes ou transmissions latérales.



$$Db = L1 - L2 = R + 10 \log \frac{A_2}{S_p}$$

avec : S_p surface de la paroi testée

A : aire d'absorption du local de réception

III.5. Paroi double :

Une paroi double comporte deux parois situées à une certaine distance d l'une de l'autre afin qu'il n'y ait pas de liaison entre elles ; de l'air sépare les deux parois.

III.5.1. Règles de construction d'une double paroi

- les deux parois ne doivent pas avoir les mêmes fréquences de résonance ni la même fréquence critique pour ne pas ajouter leurs défauts. Si elles sont constituées du même matériau, elles ne devront pas avoir la même épaisseur.
- on cherche à diminuer l'élasticité et à augmenter l'amortissement de chaque paroi en soignant particulièrement leur maintien en périphérie.
- la distance séparant les deux parois est au moins égale à 10 cm afin de réduire le couplage entre les deux parois.
- il n'est toléré aucun « pont phonique » comme des clous, ou du ciment entre les deux parois.

Une paroi composée de n éléments de surface S_i et d'indice d'affaiblissement R_i aura l'indice d'affaiblissement moyen R_m défini par :

III.5.2. Calculs de l'indice d'affaiblissement d'une double paroi

$R_1 = -10 \log \tau_1$: indice d'affaiblissement de la paroi 1

$R_2 = -10 \log \tau_2$: indice d'affaiblissement de la paroi 2

R : indice d'affaiblissement théorique total de la double paroi :

$$R = R_1 + R_2 \quad \text{ou} \quad \tau_{\text{total}} = \tau_1 \times \tau_2$$

Remarque : En fait, l'addition des indices d'affaiblissement ne serait vraie que si les deux parois étaient très éloignées l'une de l'autre, le couplage serait alors pratiquement nul et les deux isolements s'additionneraient !

Pour un double paroi, dans les faits, et si les règles énoncées ci-dessus sont bien respectées, l'isolement d'une double paroi peut être estimé par la formule empirique suivante :

$$R = R_1 + 0,6 R_2$$

IV. Différents matériaux isolant

Quelle que soit l'application, on optera pour un isolant à structure poreuse, tel qu'un matelas fibreux emprisonnant de l'air immobile par exemple, pour « piéger » et amortir le bruit. Cette structure devra être suffisamment souple pour jouer le rôle attendu suivant l'isolation recherchée (isolation aux bruits aériens, aux bruits d'impact, ou correction acoustique) et suffisamment rigide pour assurer un bon comportement mécanique des parois.

IV.1. ETAPES DU CHOIX DES MATERIAUX ACOUSTIQUES

1. Adopter une stratégie acoustique appropriée au type de bruit (aérien, d'impact ou technique) à atténuer, son volume et sa longueur d'onde et des fonctionnalités/destinations du bâtiment existant
2. Choisir les matériaux à écobilan favorable, sur la base de leur rôle dans l'ensemble acoustique

IV.2. STRATEGIES DE PERFORMANCE DES ELEMENTS D'ISOLATION ACOUSTIQUE

Réduire la transmission sonore d'un local à un autre consiste à limiter la transmission d'énergie acoustique grâce à un système ou une paroi isolante dans laquelle chaque produit aura à chaque fois un rôle bien précis

On distingue trois rôles: atténuateur, ressort et amortisseur, chacun étant plus ou moins prépondérant en fonction:

- de la nature du montage de la paroi considérée,
- des caractéristiques intrinsèques de l'isolant.

La structure, la répartition des fibres ainsi que la qualité du process industriel déterminent l'efficacité de l'isolant.


La masse volumique n'est pas une caractéristique déterminante dans bon nombre de cas.

IV.3. ELEMENTS DE CHOIX

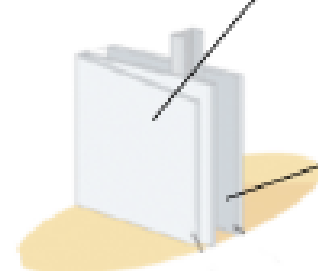
A. ASPECTS TECHNIQUES

> Identification des types de composition de paroi selon leur indice d'affaiblissement R_w
 Nous confrontons ici différents modes constructifs de paroi et leur ordre de grandeur de performance acoustique. Les sections suivantes présenteront des listes de matériaux permettant de réaliser ces différents complexes, en mettant en avant la qualité environnementale des matériaux.


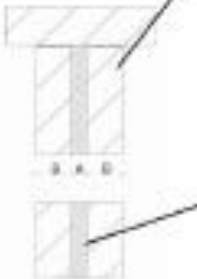
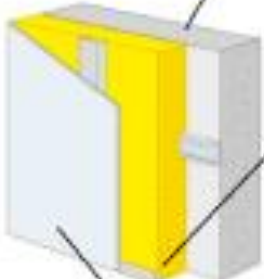
Remarque : dans les tableaux qui suivent, des valeurs R_w sont indiquées. Celles-ci sont en général la valeur la plus haute des différentes variantes techniques possibles. Or les valeurs peuvent varier de 15 à 20%, notamment en fonction de la masse volumique et de l'épaisseur des matériaux. Le lecteur se référera aux fiches techniques fournies par les fabricants pour confirmer les compositions envisagées.

Mur massif simple		<p>Matériaux de maçonnerie (voir tableau 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Briques creuses en terre cuite - Blocs de silico-calcaire - Blocs de plâtre - Blocs d'argile expansé - Blocs de béton cellulaire - Blocs de béton
Conditions de mise en oeuvre : <ul style="list-style-type: none"> • Finition sur les 2 faces • Bande de désolidarisation et étanchéité au périmètre 		
$R_w = 44 \text{ dB}^*$		

*Exemple de performance acoustique avec blocs de béton 140 mm.

Cloison ossature simple		<p>Matériaux de parachèvement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plaques en terre - Plaques en fibres de bois - Plaques en fibro-plâtre - Plaques en carton-plâtre <p>Matériaux d'isolation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laine de mouton - Laine de plume - Laines de chanvre et lin - Laines en fibres de bois - Polyester recyclé - Cellulose soufflée - Laine de verre ou laine de roche
Conditions de mise en oeuvre : <ul style="list-style-type: none"> • Bande de désolidarisation et étanchéité au périmètre • Plaques de plâtre posée à joints alternés 		
$R_w = 52 \text{ dB}$ Sans laine $R_w \approx 45 \text{ dB}^*$		

*Exemple de performance acoustique pour une cloison 120 mm avec plaques de carton plâtre (2 x 12 mm) + (2 x 12 mm) et 70 mm de laine de roche.

<p>Cloison à ossature double</p> <p>Conditions de mise en oeuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bande de désolidarisation et étanchéité au périmètre • Ossatures de doublage décalées • Épaisseur du vide minimum 7 cm <p>$R_w \approx 53 \text{ dB}^*$</p>		<p>Matériaux de parachèvement (voir tableau 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plaques en terre - Plaques en fibres de bois - Plaques en fibro-plâtre - Plaques en carton-plâtre <p>Matériaux d'isolation (voir tableau 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laine de mouton - Laine de plume - Laines de chanvre et lin - Laines en fibres de bois - Polyester recyclé - Cellulose soufflée - Laine de verre ou laine de roche 	
<p>*Exemple de performance acoustique pour une cloison 120 mm à ossature double avec plaques de carton plâtre (1 x 12 mm) + (1 x 16 mm) et 45 mm de laine de roche.</p>	<p>Mur massif double</p> <p>Conditions de mise en oeuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Finition sur les deux faces • Bande de désolidarisation et étanchéité au périmètre • Papier protégeant l'isolant du mortier <p>$R_w \approx 73 \text{ dB}^*$</p>		<p>Matériaux de maçonnerie (voir tableau 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Briques creuses en terre cuite - Blocs de silico-calcaire - Blocs de plâtre - Blocs d'argile expansée - Blocs de béton cellulaire - Blocs de béton <p>Matériaux d'isolation (voir tableau 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laine de mouton - Laine de plume - Laines de chanvre et lin - Laines en fibres de bois - Polyester recyclé - Cellulose soufflée - Laine de verre ou laine de roche
<p>*Exemple de performance acoustique pour une cloison 350 mm en briques creuses (1 x 200 mm) + (1 x 35 mm) avec isolant en laine de verre semi-rigide 100mm. Source :</p>	<p>Doublage sur mur massif</p> <p>Conditions de mise en oeuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Finition sur la face extérieure du mur massif • Bande de désolidarisation et étanchéité au périmètre • Lame d'air entre isolant et plaque de plâtre : 18mm • Épaisseur du vide derrière parachèvement minimum 7 cm <p>$R_w \approx 68 \text{ dB}^*$</p>		<p>Matériaux de maçonnerie (voir tableau 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Briques creuses en terre cuite - Blocs de silico-calcaire - Blocs de plâtre - Blocs d'argile expansée - Blocs de béton cellulaire - Blocs de béton <p>Matériaux d'isolation (voir tableau 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laine de mouton - Laine de plume - Laines de chanvre et lin - Laines en fibres de bois - Polyester recyclé - Laine de verre ou laine de roche <p>Matériaux de parachèvement (voir tableau 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plaques en terre - Plaques en fibres de bois - Plaques en fibro-plâtre - Plaques en carton-plâtre
<p>*Exemple de performance acoustique pour une cloison double en briques creuses (1 x 200 mm) et plaque de carton plâtre (1 x 12 mm) vissés sur fouritures avec isolant en laine de verre semi-rigide 100mm. Source :PV CSTB AC 02-127, source schéma : Isover</p>			

Chape flottante sur plancher massif

Conditions de mise en œuvre :

- Interposition d'un film étanche entre l'isolant et la chape flottante
- Bande de désolidarisation au périmètre

$R_w \approx 65 \text{ dB}^*$

- Matériaux résilients (voir tableau 4)
- Plaque de liège aggloméré
 - Feutres de chanvres et lin
 - Panneaux poreux en cellulose
 - Perlite expansée
 - Vermiculite expansée
 - Mousses en caoutchouc
 - Mousses synthétiques

* Exemple de performance pour une dalle de béton 140 mm, avec chape flottante 40 mm et panneaux en laine de roche 20 mm.

Plancher léger isolé par le dessous

Conditions de mise en œuvre :

- Faux-plafond supporté par des suspentes antivibratoires
- Bande de désolidarisation au périmètre du faux-plafond
- La présence d'une lame d'air entre le plancher et le faux-plafond améliore les résultats acoustiques

$R_w (C) \approx 51 \text{ dB}^*$

- Matériaux d'isolation (voir tableau 3)
- Laine de mouton
 - Laine de plume
 - Laines de chanvre et lin
 - Laines en fibres de bois
 - Polyester recyclé
 - Laine de verre ou laine de roche
- Matériaux de parachèvement (voir tableau 2)
- Plaques en terre
 - Plaques en fibres de bois
 - Plaques en fibro-plâtre
 - Plaques en carton-plâtre

* Exemple de performance pour un plancher avec solives 230 mm et panneau 22 mm. Le plafond est constitué de plaques de carton plâtre (1x 12 mm) vissés sur fourures suspendues avec laine de verre 100 mm et pare-vapeur

Toiture à versant

Conditions de mise en œuvre :

- Panneau de finition supporté par des suspentes antivibratoires

$R_w \approx 53 \text{ dB}^*$

- Matériaux d'isolation (voir tableau 3)
- Laine de mouton
 - Laine de plume
 - Laines de chanvre et lin
 - Laines en fibres de bois
 - Polyester recyclé
 - Laine de verre ou laine de roche
- Matériaux de parachèvement (voir tableau 2)
- Plaques en terre
 - Plaques en fibres de bois
 - Plaques en fibro-plâtre
 - Plaques en carton-plâtre

* Exemple de performance pour une toiture avec panneau de sous-toiture en fibre de bois 25 mm, isolant en laine de bois 180 mm et plaques de fibro-plâtre 32mm. Source

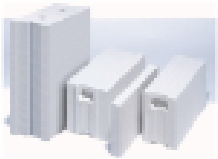


B. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

> Choisir des matériaux d'isolation acoustique

Les tableaux qui suivent décrivent les caractéristiques environnementales des différents matériaux pouvant être utilisés pour réaliser les complexes de parois présentés précédemment.

Pour les matériaux de maçonnerie, vu leur impact important dans la performance globale de la paroi, nous repreneons des indications des valeurs de R_w permettant de mettre en balance la performance acoustique et les caractéristiques environnementales présentées. Attention, comme précédemment, les valeurs d'affaiblissement au bruit aérien R_w indiquées ne sont qu'indicatives de performances minimales. Des variations de densité peuvent les améliorer considérablement.

Tableau 1 – matériaux de maçonnerie		
MATERIAUX	Classement NIBE2010	Valeur d'isolation ^a
Blocs de béton	⊗ déconseillé - 5a	$R_w \approx 40$ dB
Le béton traditionnel est un matériau massif composé de sable, d'eau et d'un réactif, le ciment (7 à 15% du contenu). Les nuisances environnementales du béton proviennent essentiellement du procédé de fabrication de la poudre de ciment qui dégage des polluants nocifs (anhydrides sulfureux, dioxyde d'azote et d'importants rejets de CO ₂). Cette pollution diminue lorsque la poudre de ciment de type Portland est partiellement remplacée par du laitier de haut fourneau ou de la cendre volante. Les concassés de béton sont recyclables. Source image : www.cemargos.com		
Blocs de plâtre	⊗ choix moins bon - 4a	$R_w \approx 40$ dB
Les blocs de plâtre sont composés de poudre de plâtre, de sable et d'eau. La fabrication de la poudre de plâtre demande beaucoup d'énergie. Les blocs de plâtre permettent une mise en oeuvre rapide par emboîtement de modules de grande taille. Exemples : Promonta, Knauf, etc. Source image : www.promonta.com		
Briques creuses en terre cuite	⊗ choix moins bon - 4c	$R_w \approx 47$ dB
La brique d'argile cuite possède une grande masse et une excellente durée de vie. Les cavités contribuent à la légèreté et aux performances thermiques des briques. Cependant, du fait de sa masse supérieure, les briques pleines isoleront mieux du bruit que les briques alvéolées pour une même épaisseur. Le principal impact environnemental des briques provient de leur cuisson à haute température. En outre, certains fabricants utilisent des microbilles de polystyrène pour en favoriser la porosité, ce qui est source de pollution de l'air. Les fabricants utilisant des matières cellulosiques sont préférables à cet égard. Exemples : Porotherm, Monomur Source image : www.wienerberger.be		

Blocs de béton cellulaire	☺ acceptable - 3C	Rw ≤41dB **
<p>Le béton cellulaire est constitué de ciment de sable, d'eau et d'air qui forment un produit minéral solide aux caractéristiques d'un isolant. Au niveau acoustique, sa faible masse est compensée par sa structure cellulaire et procure de très bonnes performances d'isolation au bruit. Du fait de sa légèreté, de sa facilité de découpe et des emboîtements, ce matériau est très facile à mettre en œuvre.. Exemple : bloc Ytong. Source image : www.h2tr.fr</p>		
Blocs en silico-calcaire	☺ acceptable - 3C	Rw ≈ 41 dB
<p>Les blocs en silico-calcaire se composent de sable, d'eau et de chaux. C'est un bloc de maçonnerie parmi les moins consommateurs pour sa fabrication car il n'est pas cuit mais étuvé. Les blocs sont lourds, d'où leur pouvoir d'isolation acoustique élevé. La pose s'effectue par collage. Exemple : bloc Sika. Source Image : www.xella.be</p>		
Blocs d'argile expansée	non repris dans le classement	Rw = 41 dB
<p>Ce matériau est composé de billes d'argile expansé et/ou de billes de verre expansé. Les blocs ne subissent aucune adjonction chimique. D'origine minérale, ils sont très résistants et insensibles à l'eau au gel ou au feu tout en permettant une pose et découpe facile. Les cavités jouent davantage un rôle thermique qu'acoustique, la loi de masse prévalant. Exemple : Argex. Source image : www.domus-materiaux.fr</p>		

* pour une paroi 9 cm enduite sur les deux faces ; données fournies par les fabricants

** variable selon la densité et la texture notamment. La valeur donnée ici est un maximum obtenu par des blocs de 10cm d'épaisseur de densité C4/06

Les matériaux de parachèvement participent à la réalisation de complexes masse-ressort-masse. Leur performance sera proportionnelle à leur masse, mais surtout à la bonne exécution du principe masse-ressort-masse, excluant toute liaison rigide entre les composants. Il en va de même pour les matériaux type laine isolante présentés par après.

Tableau 2 – Matériaux de parachèvement	
MATERIAUX	Classement NIBE2010
Plaques en terre	non repris dans le classement
<p>Ce panneau est réalisé en terre et argile sèche armé de fibres végétales et solidarisé entre deux toiles de jute. Il résiste au feu et permet de réguler l'humidité de l'air. La plaque en terre s'utilise avec des enduits à la chaux ou à la terre et peut être fixé mécaniquement sur tout support. Exemple : Panneaux Claytec. Source image : www.escalabio.com</p>	
	
Plaques en fibre de bois	☺ acceptable - 3a
<p>Ce sont des panneaux en fibre de bois de forte densité liées par des résines naturelles et / ou synthétiques (latex). Leur fabrication récupère les déchets de l'industrie du bois. Ces plaques comportent une grande rigidité, mais résistent moins à l'humidité que les plaques de plâtre. La composition du liant est le point environnemental à surveiller pour ce type de panneaux. (comme pour les panneaux agglomérés de bois) On favorisera les liants à base de résine naturelle (lignine, amidon, parafine) ou à base de magnésie, chacun exempts de formaldéhydes nuisibles à la santé. Exemple : Celit 3D 4D, Gutex, Steico, PXD, Pavatex. Source image : www.escalabio.com</p>	
	
Plaques en Fibro-plâtre	☹ choix moins bon
<p>Il s'agit d'une plaque de gypse (80 %) renforcé par des fibres de cellulose tiré du papier recyclé (20%). Elles sont pourvues d'une grande rigidité et possèdent de meilleures performances acoustiques que les plaques de carton-plâtre conventionnelles. Toutes deux demandent cependant beaucoup d'énergie de fabrication. Les plaques en fibro-ciment offrent aussi une excellente résistance au feu. Exemple : Fermacell. Source image : www.xella.be</p>	
	
Plaques en Carton-plâtre	☹ choix moins bon
<p>Couramment appelé panneau de Gypse, ce matériau est le plus utilisé en construction intérieure. Il s'agit de gypse solidarisé entre deux couches de carton. En raison des additifs et de sa composition, c'est un matériau qui respire peu et résiste mal à l'humidité, sauf dans le cas de plaques spéciales en ciment et sable. Le gypse garantit par contre une bonne résistance au feu. Exemple : Gyproc. Source image : www.bbplance.com</p>	
	

Tableau 3 – Matériaux d'isolation		
MATERIAUX	Classement NIBE2010 pour une application en murs	
<p>Laine de verre et laine de roche*</p> <p>La laine de roche est fabriquée à partir d'un mélange de minéraux (pierre volcanique, basalte, dolomite, scories) chauffé, fondu puis étiré. Une résine vient ensuite lier les fibres. La production de la laine de verre suit un procédé analogue, cette fois à partir de sable ou de verre recyclé, de calcaire et de soude calcinée. On leur reproche l'émanation, pendant les manipulations, de fines fibres agressives à la peau, aux muqueuses et aux voies respiratoires. Leur efficacité acoustique n'est pas supérieure aux autres laines.</p> <p>Source image : Energie +</p>	<p>☉ 1b à 2a : choix bon à meilleur</p>	
<p>Laine de mouton</p> <p>Fabriquée naturellement, la laine de mouton demande très peu d'énergie pour sa production. La laine repousse l'humidité, résiste aux impuretés et s'enflamme très difficilement. La plupart des problèmes environnementaux associés aux laines sont attribuables aux additifs chimiques contre les moisissures ou le feu alors qu'elle leur résiste naturellement. Choisir une laine sans additifs est donc un choix logique. Exemple : Daemwool, Doscha, Source image : www.doscha.nl</p>	<p>☉ 1b : meilleur choix</p>	
<p>Laine de plume</p> <p>Constitué à 70 % de plumes, 10 % de laine et 20 % de fibres textiles thermofusibles, l'isolant de plume associe performance, santé et respect de l'environnement. Les plumes sont traitées à 150°C et débarrassées de toute substance allergène. La souplesse du matériau est très favorable à l'isolation acoustique.</p> <p>Exemple : Bâtiplum Source image : www.batiplum.com</p>	<p>non repris dans le classement</p>	
<p>Laines de chanvre et lin</p> <p>L'isolant en chanvre est réalisé par un mélange de chanvre et de jute. Il est soit tissé soit lié par du polyester fondu. Les laines à fibres végétales sont non-irritantes et régulent l'humidité intérieure. Elles sont par ailleurs imputrescibles et répulsives aux insectes et rongeurs. Parmi les isolants à fibres végétales (chanvre, coco, lin, coton), la laine de chanvre domine largement le marché pour des raisons économiques. Exemples : Isonat Chanvre, Batichanvre, Terrachanvre, Thermolin, Natilin Source image : www.escalebio.com</p>	<p>☉ 3a : choix acceptable</p>	
<p>Laines en fibre de bois</p> <p>Laine en fibres de bois obtenues à partir de papier journal recyclé ou directement du bois. Un traitement au sel de bore les protège des attaques d'insectes, des champignons et du feu. La laine de bois est souple et résiliente et sa pose est facile et saine. On préférera les produits dont la fibre est non traitée chimiquement et collée avec sa propre résine. En outre, elle peut réguler l'humidité de l'air intérieur. Exemples : Gutex, Inthermo, Pavatex, Steico, Homatherm, Panterre Source image : www.homatherm.be</p>	<p>non repris dans le classement</p>	
<p>Polyester recyclé</p> <p>Il existe des laines isolantes fabriqués à partir de plastique (PET) provenant des contenants recyclés, dont les performances avoisinent celles des laines de verre tout en étant non-irritantes. Il s'agit de plastique refondu en fibres puis retissé sur lui-même par aiguillage. Puisque aucune substance autre que le polyester ne s'y retrouve, cet isolant est entièrement recyclable en fin de vie. Il maintiendra sa forme et ses propriétés avec le temps.</p> <p>Exemples : Deltafiber Source image : www.insulco.be</p>	<p>☉ : 2b : bon choix</p>	

V. Réglementation acoustique

Il s'agit d'une obligation de résultat in situ (exprimé en dB), c'est-à-dire une fois le local ou le logement terminé par des isolements mesurés sur site. Ceci implique qu'il ne faut pas confondre les caractéristiques des produits et les performances des systèmes qui eux, sont mesurés en laboratoire.

Une maison individuelle indépendante est uniquement soumise par la réglementation à un isolement par rapport aux bruits aériens extérieurs (trafics routier, ferroviaire, aérien...). Il n'y a pas d'exigence pour les cloisons intérieures ou les planchers. Cela suppose de prendre en compte et d'assurer le confort acoustique (Isolation entre une chambre et un séjour par exemple) indépendamment de la réglementation (affaiblissements insuffisants en termes de confort).

Des maisons individuelles jumelées, mitoyennes ou en bande, doivent répondre d'une part à un isolement par rapport aux bruits de route et d'autre part vis-à-vis des bruits aériens ou d'impact pouvant être transmis d'un logement à un autre (par les murs de façade, les murs de séparation, les planchers s'ils sont filants). On se retrouve alors avec les mêmes contraintes qu'un immeuble collectif.

➤ Les indices des bâtiments mesurés sur site :

Isolement acoustique standardisé pondéré aux bruits aériens, $D_{nT,A}$ exprimé en dB.

Niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé, $L'_{nT,w}$ exprimé en dB.

➤ Les exigences de la réglementation acoustique

En résumé, les exigences minimales ont principalement défini :

- l'isolement aux bruits extérieurs : $D_{nT,A}$ 30 dB
- l'isolement aux bruits intérieurs : $D_{nT,A}$ 53, 55 ou 58 dB selon la nature des pièces
- les bruits d'impact reçus : $L_{n1T,w}$ 58 Db

Les exigences d'isolations aux bruits extérieurs

La réglementation pour les bâtiments neufs fixe un niveau d'isolement de façade.

Elle prend en compte des minima d'isolation en façade à respecter en fonction du niveau sonore subi.

Cinq catégories existent selon le niveau du bruit environnant:

Catégorie de l'infrastructure	Niveau sonore L de référence en dB de 6h à 22h.	Niveau sonore L de référence en dB de 22h à 6h.	Distance maximale des secteurs affectés	Isolement minimal $D_{nT,A}$
1	$L > 81$	$L > 76$	$D = 300$ m	45 dB
2	$76 < L \leq 81$	$71 < L \leq 76$	$D = 250$ m	42 dB
3	$70 < L \leq 76$	$65 < L \leq 71$	$D = 100$ m	38 dB
4	$65 < L \leq 70$	$60 < L \leq 65$	$D = 30$ m	35 dB
5	$60 < L \leq 65$	$55 < L \leq 60$	$D = 10$ m	30 dB

Les exigences d'isolations aux bruits intérieurs

Il faut distinguer les exigences de résultats de la Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA), du Label Qualitel et du Label Qualitel Confort Acoustique (LOCA).

Nature du local d'émission		Isolément normalisé aux bruits aériens exprimés en dB						
		Pièces principales			Cuisines et salles d'eau			
		NRA	LQ	LOCA	NRA	LQ	LOCA	
Toutes pièces à l'exclusion des garages individuels		$D_{nIA} \geq 53$			$D_{nIA} \geq 55$ $D_{nIA} \geq 58^*$		$D_{nIA} \geq 50$	
Circulations communes	Avec porte palière	$D_{nIA} \geq 40$			$D_{nIA} \geq 45$		$D_{nIA} \geq 37$	
	Sans porte palière	$D_{nIA} \geq 53$			$D_{nIA} \geq 55$		$D_{nIA} \geq 50$	
Garages collectifs ou individuels		$D_{nIA} \geq 55$			$D_{nIA} \geq 52$			
Locaux d'activité		$D_{nIA} \geq 58$			$D_{nIA} \geq 55$			

* L'exigence de 55 dB s'applique aux logements collectifs et celle de 58 dB aux maisons individuelles non isolées.

Nature du local d'émission		Niveau d'évaluation aux bruits d'impacts pour la pièce principale de réception exprimé en dB		
		NRA	LQ	LOCA
Logements	Dépendances	$L'_{nIN} \leq 58$		
	Pièces principales	$L'_{nIN} \leq 58$	$L'_{nIN} \leq 55$	$L'_{nIN} \leq 52$
Circulations communes / Locaux d'activité		$L'_{nIN} \leq 58$	$L'_{nIN} \leq 55$	$L'_{nIN} \leq 52$

Conclusion

Pour réussir votre chantier acoustique, 5 étapes sont à respecter :

- 1) identifier la nature des bruits (aériens intérieurs ou extérieurs, d'impact, d'équipements) ;
- 2) repérer l'origine du bruit, la ou les voies (parois) par lesquelles il est transmis et repérer la ou les parois à traiter ;
- 3) évaluer l'intensité du bruit perçu (en dB), définir le niveau de bruit maximum acceptable pour son local ou logement et par différence définir le gain d'isolement à apporter ;
- 4) identifier la nature des parois existantes à traiter (parpaings ou briques creux, béton, cloisons alvéolaires, carreaux de plâtre, plancher bois ou plancher hourdi, etc.) ;
- 5) choisir la solution et la performance adaptées en fonction de la nature de la paroi.

Série de TD n° 03

Exercice 01

Dans un établissement scolaire, on dispose de deux salles neuves de dimensions :

$$L = 15 \text{ m} ; l = 10 \text{ m} ; H = 3,2 \text{ m}.$$

On procède à une mesure du temps de réverbération TR.

1.1) On admet la formule de Sabine soit $TR = 0,16.V/A$

- Donner la signification de chacun des termes et préciser leur unité.

1.2) La mesure donne $TR = 2,2 \text{ s}$. En déduire la surface d'absorption équivalente de chacune de ces salles neuves.

2) On veut adapter une de ces salles en salle de concert et l'autre en salle de classe. On doit, pour ce faire, ramener le TR à 0,5 s pour l'une, et 1,5 s pour l'autre.

2.1) Affecter les deux valeurs à chaque usage.

2.2) Les murs sont recouverts d'un matériau de coefficient d'absorption $\alpha_0 = 0,20$. Le plancher n'intervient pas dans le calcul. On recouvre le plafond avec un matériau de coefficient d'absorption α_1 pour amener le TR d'une salle à la valeur 1,5 s. Calculer la valeur de α_1 .

Corrigé de l'exercice 01

1.1). Signification de chaque paramètre :

TR : temps de réverbération en second,

0,16 : coefficient,

V : volume de la salle en (m^3),

A : aire d'absorption équivalente de la salle en (m^2).

1.2). La surface d'absorption équivalente de chacune de ces salles neuves est :

$$TR = 0,16.V/A \rightarrow A = 0,16.V/ TR \rightarrow A = 0,16. (10.15.3,2)/2,2 \rightarrow A = 34,9 \text{ m}^2$$

2.1). valeur 0.5 s \rightarrow pour salle de classe

valeur 1.5 s \rightarrow salle de concert

2.2). Calculer la valeur de α_1 :

$$A' = 0,16.V/ TR \quad \text{avec : } A' = \sum \alpha_i . S_i \quad \text{Dans notre cas : } A' = \alpha_0 . S_{mur} + \alpha_1 . S_{plafond}$$

$$S_p = 15 . 10 \rightarrow S_p = 150 \text{ m}^2$$

$$S_m = ((3,2 . 10) + (3,2 . 15)) . 2 \rightarrow S_m = 160 \text{ m}^2$$

$$\text{Donc : } 0,16.V/ TR = \alpha_0 . S_m + \alpha_1 . S_p \rightarrow \alpha_1 = \frac{0,16 \frac{V}{TR} - \alpha_0 . S_m}{S_p}$$

$$\alpha_1 = 0,128$$

Exercice 02

La paroi de séparation d'une pièce avec l'extérieur est composée de 20 % de vitrage, et pour le reste, d'un mur en briques. Le facteur de transmission acoustique des briques est : $\tau_b = 4,3 \times 10^{-3}$.

Le vitrage existant est composé de vitrages simples de 4,0 mm d'épaisseur, et il conduit à un affaiblissement acoustique $R_v = 26 \text{ dB(A)}$.

1. Quel est le facteur de transmission acoustique τ_v du vitrage ?
2. a) Exprimer le facteur de transmission acoustique total τ de la paroi composée, en fonction des facteurs de transmission τ_b et τ_v , de la surface S_b du mur de briques, et de celle du vitrage S_v .
b) Calculer τ .
3. a) Quel est l'affaiblissement acoustique total de la paroi ?
b) La réglementation indique, pour l'isolation minimum aux bruits routiers extérieurs, la valeur de 30 dB(A).

La pièce étudiée répond-elle à cette exigence ?

- c) Le changement du vitrage par un double vitrage feuillet, de qualité maximum d'affaiblissement acoustique 38 dB(A) serait-il suffisant ? Justifier la réponse par un calcul.
4. mur de briques est recouvert d'un matériau dont les propriétés acoustiques permettront, dans le cas d'un double vitrage, d'atteindre l'isolation minimum réglementaire (30 dB(A)). Quel doit être le facteur de transmission τ''_b de la partie non vitrée ?

On donne : $R = 10 \log \frac{1}{\tau}$

Corrigé de l'exercice 02

1. Le facteur de transmission acoustique τ_v est relié à l'affaiblissement acoustique R_v par la relation : $R_v = 10 \log \frac{1}{\tau_v}$. On en déduit :

$$\tau_v = 10^{-\frac{R_v}{10}}$$

A.N. : $\tau_v \approx 2,51 \times 10^{-3}$

Maths : $R_v = 10 \log \frac{1}{\tau_v} = -10 \log \tau_v$

2. a) On note $S = S_b + S_v$ la surface totale de la paroi composée. Le facteur de transmission τ de cette paroi s'écrit :

$$\tau = \frac{S_b \times \tau_b + S_v \times \tau_v}{S_b + S_v} \text{ avec } S_b = \frac{80}{100} S \text{ et } S_v = \frac{20}{100} S$$

b) L'expression précédente devient : $\tau = \frac{\frac{80}{100} \times S \times \tau_b + \frac{20}{100} \times S \times \tau_v}{S}$

puis, enfin : $\tau = \frac{80}{100} \times \tau_b + \frac{20}{100} \times \tau_v$

A.N. : $\tau \approx 3,94 \times 10^{-3}$

3. a) L'affaiblissement acoustique total R de la paroi s'écrit :

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

A.N. : $R \approx 24 \text{ dB(A)}$

b) L'affaiblissement acoustique de la paroi est inférieur à celle préconisée par la réglementation ; il faut donc améliorer l'isolation de cette paroi.

c) Les calculs précédents sont repris avec $R'_v = 38 \text{ dB(A)}$:

$$\tau'_v = 10^{-\frac{R'_v}{10}} \text{ puis } \tau' = 0,8 \times \tau_b + 0,2 \times \tau'_v \text{ et } R' = 10 \log \frac{1}{\tau'}$$

On obtient : $\tau'_v \cong 0,15 \times 10^{-3}$ puis : A.N. : $R' \cong 24,6 \text{ dB(A)}$

L'amélioration est médiocre et insuffisante !

4 On doit obtenir : $R'' = 10 \log \frac{1}{\tau''} = 30 \text{ dB(A)}$ ce qui donne, pour le facteur de transmission total de la

paroi : $\tau'' = 10^{-\frac{R''}{10}} = 10^{-3}$.

Soit τ''_b le nouveau facteur de transmission de la partie non vitrée :

$$\tau'' = 0,8 \times \tau''_b + 0,2 \times \tau'_v \text{ avec } \tau'_v \cong 4,3 \times 10^{-3}$$

On a : $0,8 \times \tau''_b = \tau'' - 0,2 \times \tau'_v$ puis : $\tau''_b = \frac{\tau'' - 0,2 \times \tau'_v}{0,8}$ A.N. : $\tau''_b \cong 1,21 \times 10^{-3}$

Exercice 03

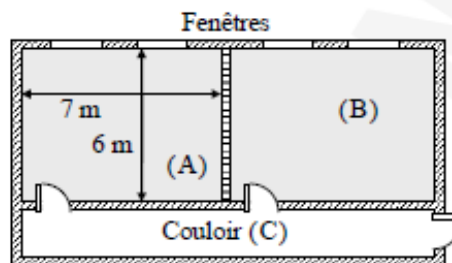
Acoustique d'une salle de classe

Deux salles de classe (A) et (B), identiques sont séparées par un mur homogène dont l'indice d'affaiblissement est de 48 dB, à la fréquence de 500 Hz.

Ces deux salles ouvrent sur un couloir de volume $V_C = 84 \text{ m}^3$. Les séparations entre (A) et (C) et entre (B) et (C) sont identiques et constituées de 26 m^2 de cloison d'indice d'affaiblissement 30 dB à 500 Hz et de 2 m^2 de porte d'indice d'affaiblissement 20 dB pour toutes les fréquences.

Déterminer l'isolement brut entre les deux salles de classe, à 500 Hz, dans chacun des cas, quand les portes et fenêtres sont closes :

1. Premier cas : on ne s'intéresse qu'à la transmission directe du son de (A) vers (B) par exemple.
2. Deuxième cas : on ne s'intéresse qu'à la transmission indirecte du son (A) → (C) → (B).



3. Conclusion.

Données :

Durées de réverbération :

d'une salle de classe : $T_A = T_B = 1 \text{ s}$

du couloir : $T_C = 2 \text{ s}$

Les trois locaux ont la même hauteur sous plafond : 4 m.

Corrigé de l'exercice 03

1. Transmission directe A → B

- On désigne par D_b^{dir} l'isolement brut entre les deux locaux (A) et (B).

$$D_b^{dir} = R + 10 \log \frac{A_B}{S} \text{ avec :}$$

A_B : aire d'absorption équivalente du local de réception (B)

S : surface de la paroi séparant les deux locaux ; $S = 24 \text{ m}^2$

R : Indice d'affaiblissement acoustique de la paroi de séparation : $R = 28 \text{ dB}$.

- La formule de Sabine donnant le temps de réverbération d'une salle permet de calculer $A_B : T_r = 0,16 \frac{V_B}{A_B}$

soit : $A_B = 0,16 \frac{V_B}{T_r} \cong 26,9 \text{ m}^2$ (V_B : volume d'une salle : $V_B = 168 \text{ m}^3$)

- L'isolement brut est : **A.N. : $D_b^{dir} \cong 48,5 \text{ dB}$**

2. Transmission indirecte A → C → B

♦ Transmission A → C :

- On désigne par τ_m le coefficient de transmission moyen de la cloison de séparation (inhomogène) entre les deux locaux, τ_1 le coefficient de transmission de la cloison (hors porte) et τ_2 celui de la porte.

$$\text{On a : } \tau_m = \frac{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2}{S_1 + S_2} \text{ avec : } R_2 = 10 \log \frac{1}{\tau_2} \text{ et } R_1 = 10 \log \frac{1}{\tau_1}$$

On obtient, alors : $\tau_1 = 10^{-\frac{R_1}{10}} \cong 1 \times 10^{-3}$ et $\tau_2 = 10^{-\frac{R_2}{10}} \cong 1 \times 10^{-2}$

On en déduit : $\tau_m \cong 1,64 \times 10^{-3}$ puis l'indice d'affaiblissement de la cloison :

$$R_m = 10 \log \frac{1}{\tau_m} \quad \text{A.N. : } R_m \cong 27,8 \text{ dB}$$

- L'isolement brut entre (A) et (C) s'écrit : $D_b^{AC} = R_m + 10 \log \frac{A_C}{S_{AC}}$

S_{AC} : surface de la cloison entre les deux locaux ; $S_{AC} = 28 \text{ m}^2$

A_C : surface d'absorption équivalente du local C (local de réception)

et, en faisant intervenir la formule de Sabine pour exprimer A_C :

$$D_b^{AC} = R_m + 10 \log 0,16 \frac{V_C}{S_{AC} \times T_r} \quad \text{A.N. : } D_b^{AC} \cong 21,6 \text{ dB}$$

♦ Transmission C → B :

La paroi qui sépare C de B est identique à celle qui sépare A de C ; on a donc le même indice d'affaiblissement acoustique pour la cloison séparative. Par contre le local de réception (salle de classe) n'a pas les mêmes dimensions que le couloir :

L'isolement brut entre (C) et (B) s'écrit : $D_b^{CB} = R_m + 10 \log \frac{A_B}{S_{CB}}$

$S_{AC} = S_{CB}$: surface de la cloison entre les deux locaux ; $S_{CB} = 28 \text{ m}^2$

A_B : surface d'absorption équivalente du local B (local de réception)

et, en faisant intervenir la formule de Sabine pour exprimer A_B :

$$D_b^{CB} = R_m + 10 \log 0,16 \frac{V_B}{S_{CB} \times T_r}$$

$$\text{A.N. : } D_b^{CB} \approx 27,6 \text{ dB}$$

3. Conclusion : L'isolement brut global pour la transmission indirecte s'écrit :

$$D_b^{\text{ind}} = D_b^{AC} + D_b^{CB}$$

$$\text{A.N. : } D_b^{\text{ind}} \approx 49,2 \text{ dB}$$

La cloison entre le couloir et une salle de classe n'est pas de très bonne qualité, sur le plan phonique. La présence du couloir permet une isolation phonique correcte pour les transmissions indirectes lorsque les portes des salles de classe sont fermées.