

Acoustique architecturale

Intensité réverbérée

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 ce qui modifie les relations vues au chapitre précédent.

► Coefficient d'absorption d'un matériau

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

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

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 (S_1, S_2, S_3, \dots) recouvertes de matériaux différents de coefficients d'absorption respectifs ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$), le coefficient d'absorption moyen de la salle est :

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} \quad (\bar{\alpha} \text{ est sans dimension})$$

► Surface d'absorption équivalente

Le terme $A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots$ 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 $S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots$:

$$A \times 1 = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots = \bar{\alpha} (S_1 + S_2 + S_3 + \dots)$$

$$A = \sum_i \alpha_i S_i \quad A \text{ est parfois exprimée en « m}^2 \text{ Sabine »}$$

Remarque 1 : 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.

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

$\bar{\alpha}$ dépend de l'état d'occupation ou d'agencement du local puisque **toutes** les surfaces contenues dans ce local entrent en jeu dans le calcul de $\bar{\alpha}$:

Exemples : $\bar{\alpha} \cong 0,05$ pour un local nu

$\bar{\alpha} \cong 0,3$ pour un local bien meublé

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 !

► 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 :

$$I_d = \frac{Q P}{4 \pi d^2} \quad (\text{intensité relative au « champ direct »})$$

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

$$I_r = \frac{4 P (S - A)}{S A} = \frac{4 P}{R_L} \quad \text{C'est l'intensité relative au champ réverbéré souvent appelé « champ diffus »}$$

S : surface totale des parois (m^2)

R_L : Constante d'absorption du local (m^2) ; $R_L = \frac{S A}{S - A}$

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

L'intensité sonore résultante s'écrit :

$$I = \frac{Q P}{4 \pi d^2} + \frac{4 P}{R_L}$$

Le niveau sonore dans le local est alors égal à : $L_I = 10 \log \frac{1}{I_0} \left(\frac{Q P}{4 \pi d^2} + \frac{4 P}{R_L} \right)$

soit : $L_I = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi d^2} + \frac{4}{R_L} \right)$ avec : $L_w = 10 \log \frac{P}{P_0}$ (niveau de puissance de la source)

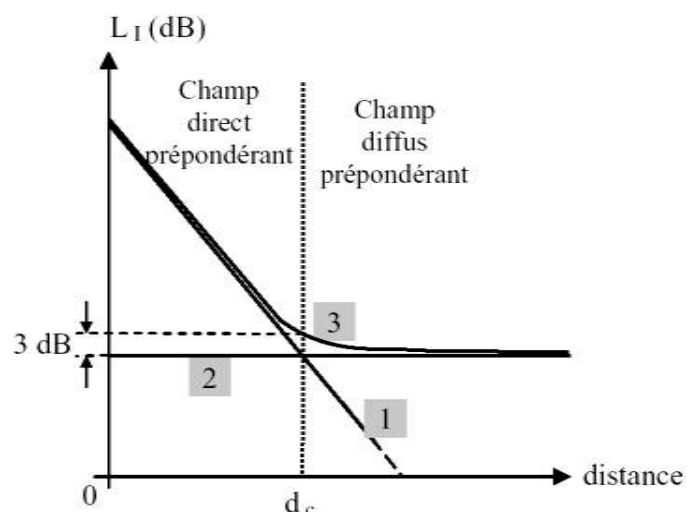
Remarque : Il est intéressant de connaître, pour chaque local, la distance critique d_c (ou « rayon acoustique » du local) pour laquelle l'intensité directe est égale à l'intensité réverbérée :

$$\frac{Q}{4 \pi d_c^2} = \frac{4}{R_L} \quad \text{soit : } d_c = \sqrt{\frac{Q R_L}{16 \pi}}$$

Au-delà de cette distance, l'intensité sonore résultante provient essentiellement de la réverbération ; en-deçà, le son direct est prépondérant.

Légende :

- 1 : niveau sonore dû au champ direct
- 2 : niveau sonore dû au champ diffus
- 3 : niveau sonore résultant

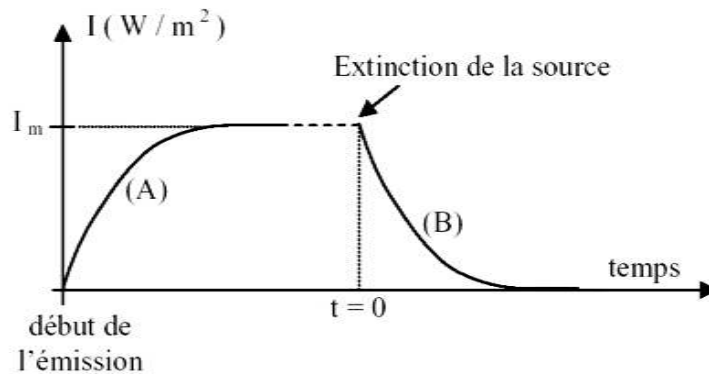


Temps de réverbération

Le coefficient d'absorption moyen d'un local est souvent déterminé de façon indirecte en mesurant le temps de réverbération de celui-ci.

► Evolution temporelle de l'intensité sonore après arrêt de l'émission

Dans un local de forme régulière et ayant une absorption uniforme, l'établissement de l'intensité sonore (A) comme sa décroissance après arrêt de la source (B) obéissent à des lois exponentielles :



Légende :

(A) : l'intensité sonore s'établit de façon exponentielle, après le début de l'émission, en suivant un régime transitoire puis un régime permanent.

(B) L'intensité sonore, décroît de façon exponentielle, après l'extinction de la source sonore.

► Définition

On appelle « temps de réverbération » du local la durée T_r nécessaire pour que l'intensité sonore diminue de 60 dB après extinction de la source.

Remarque : Le temps de réverbération est noté RT60, dans les publications anglo-saxonnes (RT pour Reverberation Time)

► Théorie de Sabine

Si le coefficient d'absorption moyen de la salle est faible ($\bar{\alpha} < 0,2$), le temps de réverbération s'écrit :

$$T_r = 0,16 \frac{V}{S \bar{\alpha}} \cong 0,16 \frac{V}{A} \quad T_r \text{ en s}$$

S : surface totale des parois (m^2) ; V : volume du local (m^3)

$A = S \bar{\alpha}$: surface d'absorption équivalente (m^2) (si on admet qu'il n'y a pas d'atténuation due à l'air)

$\bar{\alpha}$: facteur d'absorption moyen du local (sans unité)

► Remarques sur la formule de Sabine

- On constate que le temps de réverbération est indépendant de la position de la source dans le local et de la position d'écoute.

- La réverbération est utile lorsqu'elle contribue à renforcer l'intensité acoustique et nuisible quand elle masque des sons successifs ! Selon la destination du local, on sera donc amené à augmenter ou diminuer ce temps de réverbération en jouant sur la constante d'absorption R_L du local.

Quelques ordres de grandeur :

	Salle de concert	Pièce vide	Pièce meublée	Grand hall
T_r (en s)	0,8 à 1,5	2 à 2,5	0,5	8 à 12 s

- La réverbération dépend, en fait, du timbre du son utilisé. Il est donc fréquent de relever le temps de réverbération par bandes d'octave pour établir le temps de réverbération global.
- Il existe des abaques (établies de façon empirique) pour déterminer le temps de réverbération optimal d'un local en fonction de son volume et de son utilisation (salle de concert, grand hall,...). Ce critère est toutefois insuffisant pour traduire la qualité acoustique du local.
- Si le local est vaste, on ne peut plus négliger l'atténuation due à l'air ; dans ce cas, la surface d'absorption équivalente et le temps de réverbération s'écrivent :

$$A = \sum_i \alpha_i S_i + 4 m V \quad \text{et} \quad T_R = 0,16 \frac{V}{\sum_i \alpha_i S_i + 4 m V}$$

► Détermination du coefficient d'absorption α_m d'un matériau

L'une des méthodes consiste à introduire une certaine surface S_m du matériau étudié dans une chambre réverbérante de surface réfléchissante S .

L'introduction du matériau modifie le temps de réverbération du local qui passe de T_0 (avant l'introduction du matériau) à T_1 (après introduction du matériau).

$$\text{On a : } T_0 = 0,16 \frac{V}{S \bar{\alpha}} \quad \text{et} \quad T_1 = 0,16 \frac{V}{(S - S_m) \bar{\alpha} + S_m \alpha_m}$$

L'élimination de $\bar{\alpha}$ entre les deux relations permet d'obtenir le coefficient d'absorption moyen α_m du matériau.

Quelques ordres de grandeur pour les coefficients moyens : α_m (marbre) $\cong 0,01$; α_m (béton) $\cong 0,03$

Remarque : Le coefficient d'absorption d'un matériau dépend, en réalité, de la fréquence de l'onde sonore (exemple ci-dessous). Il faudra en tenir compte pour réaliser une étude plus fine.

Bandes d'octave	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficient d'absorption de la laine de verre	0,11	0,19	0,41	0,54	0,60	0,75

► Autre expression du temps de réverbération

Si la salle a un coefficient d'absorption important, la formule de Sabine donne de mauvais résultats et il est préférable d'employer la relation empirique d'Eyring pour calculer le temps de réverbération :

$$T_r = -0,16 \frac{V}{S \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

Acoustique dans les bâtiments

Introduction

L'acoustique du bâtiment ou l'acoustique des salles traite de tous les phénomènes sonores présents dans un local fermé ou semi-fermé. Son but est très souvent de parvenir *in fine* à ce que l'ambiance sonore d'une salle ou d'un bâtiment soit adaptée à l'activité de ce lieu. On recherchera par exemple à obtenir une très bonne isolation aux bruits extérieurs et une ambiance très 'mat' pour une salle de cinéma, tandis qu'une ambiance un peu plus réverbérante est généralement souhaitée pour une salle de spectacle.

Deux thématiques importantes se détachent en acoustique du bâtiment : l'isolement acoustique et la correction acoustique d'une salle.

Une étude d'isolement acoustique consiste à réduire dans une pièce, une salle ou un bâtiment les bruits provenant de l'extérieur à cette salle. De part les très nombreuses voies de transmissions possible du bruit (parois, ouvertures, plancher, plafond, murs, ...) une étude spécifique est très souvent nécessaire pour déterminer les composantes du bâtiment à traiter.

Une étude de correction acoustique consiste à modifier les configurations d'une salle afin d'adapter l'ambiance sonore au type d'activité prenant place dans cette salle. On peut être ainsi amener à disposer des matériaux absorbants dans une pièce pour réduire les niveaux sonores à l'intérieur de la salle lorsque cela est nécessaire, ou bien à modifier la géométrie de la salle lorsque cela est possible (lors d'étude de projets par exemple).

La recherche en acoustique du bâtiment

La recherche en acoustique du bâtiment est très liée à l'évolution de la société en terme :

- de confort acoustique (renforcement des isolements vis-à-vis de l'espace extérieur (infrastructures de transport) mais aussi au regard de ces voisins, amélioration de l'acoustique interne...)
- d'une prise de conscience environnementale très liée à l'aspect thermique (matériaux bio-sourcés et à changement de phase, mise en place de nouveaux principes constructifs (rupteurs thermiques, maisons à ossature bois), choix du collectif plutôt que de l'individuel, pompes à chaleur...)

La notion d'isolement acoustique vise à quantifier l'atténuation acoustique apportée par l'enveloppe d'un espace vis-à-vis de son environnement. Deux cas de figure doivent être distingués selon les phénomènes physiques mis en jeu :

- isolement au bruit aérien, c'est-à-dire vis-à-vis de bruits se propageant par l'intermédiaire de l'air (par exemple paroles, sonorisation, etc.).
- isolement au bruit solidien, c'est-à-dire vis-à-vis de bruits se propageant par l'intermédiaire des fondations, planchers et parois.

Isolement au bruit aérien

Les performances d'isolement acoustique au bruit aérien d'un matériau sont mesurées en laboratoire ; on définit une quantité notée R , appelée "indice d'affaiblissement acoustique", comme la différence des niveaux sonores mesurables dans les locaux de test situés de part et d'autre d'une paroi échantillon constituée de ce matériau et exposée à un champ acoustique diffus, pondérée par la superficie de cet échantillon. En général, les performances d'isolement acoustique d'un matériau sont d'autant meilleures que sa masse surfacique est élevée.

L'isolement brut au bruit aérien entre deux locaux, noté D , se définit comme la différence entre les niveaux sonores régnant dans ces deux locaux lorsqu'une source sonore est placée dans l'un d'entre eux (alors dénommé local émetteur). Plus la valeur de D est élevée et plus l'isolement au bruit aérien est grand. Cet isolement dépend essentiellement :

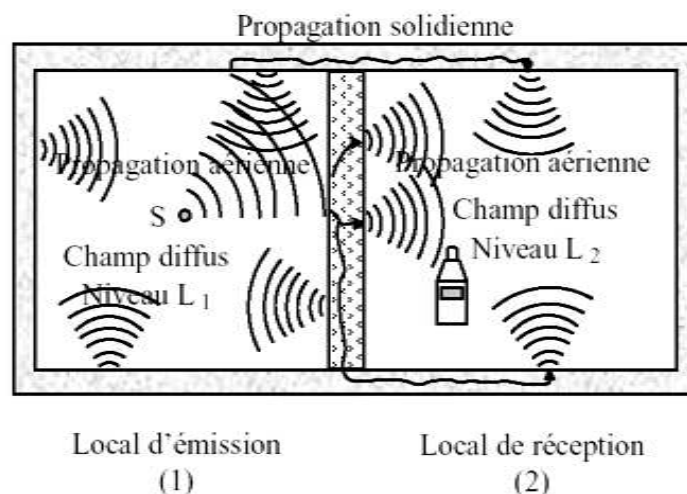
- de la superficie et de l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi séparatrice ;
- de la superficie et de l'indice d'affaiblissement acoustique des parois latérales qui y sont raccordées ;
- de l'absorption acoustique et du volume du local récepteur.

Il convient d'avoir à l'esprit que la sélection d'une paroi séparative d'indice R_0 supérieur ou égal à l'isolement D_0 recherché n'est pas une condition suffisante pour garantir cet objectif. Une mise en œuvre défectueuse, le traitement imparfait des joints et la présence éventuelle de faux plafond, faux plancher, gaines de ventilation etc..., peut réduire considérablement l'isolement acoustique final.

Afin de pouvoir comparer les valeurs mesurées dans de telles conditions, il est d'usage de pondérer (normaliser) ces résultats par le temps de réverbération du local récepteur (ce qui revient donc à tenir compte de l'absorption acoustique du local) ramené à une valeur de référence de 0,5 seconde. On parle alors d'isolement standardisé, noté D_nT . Les valeurs figurant dans les textes réglementaires correspondent à une valeur standardisée.

Attention ! Ne pas confondre les valeurs d'isolement au bruit de trafic routier et d'isolement au bruit rose, le premier étant fréquemment inférieur de 3 à 5 dB au second !

► Isolement brut entre deux locaux



Soient deux locaux, séparés physiquement par un obstacle (cloison, mur, ...).

Une source sonore rayonne dans le local (1) appelé, alors, local d'émission et parvient dans le second local appelé local de réception, après propagation aérienne puis solidienne suivie d'une nouvelle propagation aérienne.

Les niveaux de pression acoustique dans ces locaux sont respectivement L_1 et L_2 ($L_1 > L_2$).

Les niveaux mesurés ne dépendent pas de la position de la source sonore (local 1) ou du sonomètre (local 2) puisque le champ réverbéré est prépondérant dans les deux locaux.

L'isolement brut D_b entre les deux locaux s'écrit : $D_b = L_1 - L_2$

Cet isolement brut dépend de la fréquence ; il est donc préférable de le mesurer dans des bandes d'octave normalisées.

► Isolement normalisé entre deux locaux

Le niveau de pression mesuré dans chaque local dépend bien entendu de la réverbération que présente ce local. Par exemple, si un local de réception est très sonore (son temps de réverbération est alors important), le bruit transmis dans ce local apparaît « renforcé » par la réverbération et le niveau de pression mesuré s'en trouve plus élevé.

L'acousticien a donc été amené à retrancher du niveau sonore mesuré dans le local de réception un terme correctif égal à $10 \log \frac{T_2}{T_1}$ où T_2 représente le temps de réverbération du local de réception et T_1 le temps de

réverbération moyen d'un local d'habitation soit $T_1 \cong 0,5$ s. On définit alors l'isolement normalisé entre les deux locaux :

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T_2}{0,5} \quad D_n \text{ en dB (pour une fréquence donnée)}$$

Cette normalisation permet de comparer l'isolement donné par diverses parois même si elles sont placées dans des conditions différentes.

Remarque : En anglais Noise Reduction (NR)

Affaiblissement d'une paroi

Au laboratoire, le fabricant d'un matériau isolant se doit de mesurer de façon **intrinsèque** la capacité isolante d'une paroi, c'est-à-dire indépendamment de son environnement.

► Coefficient de transmission d'une paroi

Soit τ le coefficient de transmission d'une paroi homogène ; on a :

$$\tau = \frac{\text{énergie transmise par unité de surface}}{\text{énergie incidente par unité de surface}}$$

(pour une fréquence donnée)

► Indice d'affaiblissement d'une paroi

La capacité isolante d'une paroi s'exprime à l'aide d'un indice d'affaiblissement acoustique noté R (sans dimension).

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau} \quad R \text{ en dB}$$

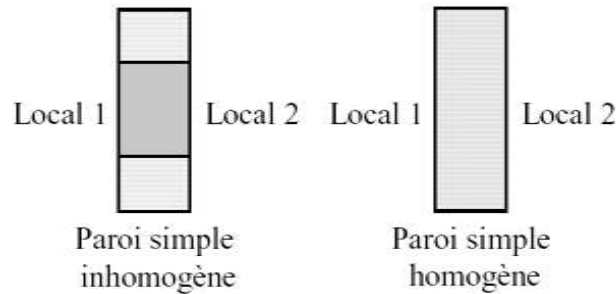
R dépend également de la fréquence et doit, de préférence, être analysé dans des bandes d'octave normalisées.

► Cas d'une paroi simple ou composée

Les parois séparant des locaux sont rarement homogènes. Si la paroi est inhomogène (cloison percée d'une porte par exemple), il faut remplacer τ par le coefficient de transmission moyen calculé de la façon suivante :

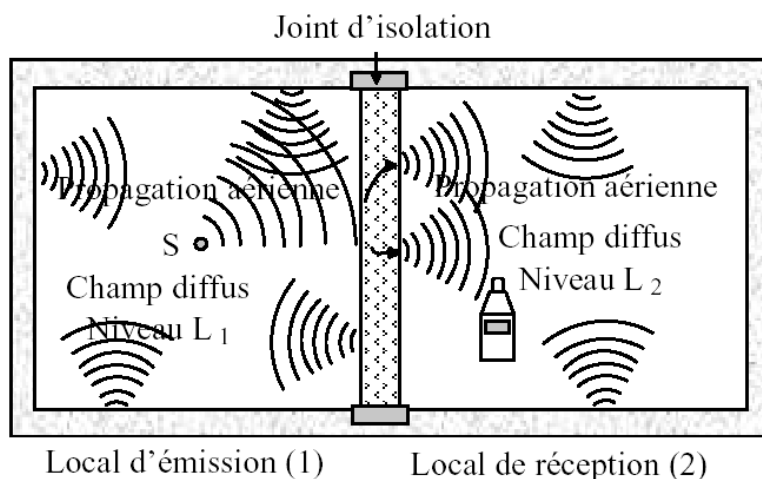
$$\tau_{\text{moy}} = \frac{S_a \tau_a + S_b \tau_b + \dots}{S_a + S_b + \dots} \quad (\text{pour une fréquence donnée})$$

S_a, S_b, \dots étant les surfaces des parties de la paroi composée de matériaux de coefficients de transmission τ_a, τ_b, \dots



► Relation entre R et l'isolement brut

Cet indice se mesure entre deux chambres réverbérantes séparées par la paroi à étudier. Pour éviter les transmissions latérales, on fixe cette paroi à l'aide de joints d'isolation.



Si on se place en des lieux suffisamment éloignés de la paroi, on peut négliger le champ direct au profit du champ réverbéré dans les deux locaux.

Si le son est diffus dans le local d'émission, on démontre que le flux d'énergie arrivant sur la paroi s'écrit : $\frac{I_{R1}}{4}$.

Le flux d'énergie transmis par la paroi s'écrit alors : $\tau \frac{I_{R1}}{4}$ qui se comporte alors, pour le local de réception comme une source secondaire de bruit de puissance $\tau \frac{I_{R1}}{4} \times S_p$ (S_p est la surface de la paroi)

τ : coefficient de transmission de la paroi

Le champ réverbéré, dans le local de réception, s'écrit alors : $I_{R2} = \frac{4 P'}{A_2}$ (si le coefficient d'absorption moyen ne dépasse pas 0,2).

avec $A_2 = S_2 \bar{\alpha}$: surface d'absorption équivalente du local de réception.

D'autre part, on a : $D_b = 10 \log \frac{I_{R1}}{I_{R2}}$ avec : $\frac{I_{R1}}{I_{R2}} = \frac{A_2}{S_p \tau}$

$$D_b = L_1 - L_2 = R + 10 \log \frac{A_2}{S_p} \quad (\text{pour une fréquence donnée}) \text{ en posant : } R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

A_2 : surface équivalente du local réception ; S_p : surface de la paroi

Remarque : Lorsqu'il n'y a pas de paroi entre les deux locaux mais seulement un rétrécissement de surface S , on peut encore utiliser cette relation :

$$L_1 - L_2 = 10 \log \frac{A_2 + S_r}{S_r} \quad (S_r : \text{surface du rétrécissement})$$

Remarque : Sur un chantier, les transmissions latérales ne permettent pas de mesurer R mais seulement D_n . Cette dernière grandeur est dépendante des deux locaux contigus alors que R est intrinsèquement lié à la paroi étudiée.

La formule de Sabine permet de relier l'isolement normalisé D_n mesuré sur le chantier et l'indice d'affaiblissement acoustique R d'une paroi.

On a, en effet, une relation entre T_2 et A_2 grâce à la formule de Sabine : $T_2 = \frac{0,16 V_2}{A_2}$ de sorte que l'on obtient dans le cas « usuel » où $T_2 = 0,5 \text{ s}$:

$$D_n = R + 10 \log \frac{0,32 V_2}{S_p}$$

Loi des masses et des fréquences

► Expression théorique

Le coefficient de transmission d'une paroi dépend bien entendu de la fréquence de l'onde sonore incidente. Si l'onde incidente est normale à la paroi, on montre que τ s'écrit :

$$\tau = \frac{1}{1 + \left(\frac{\mu f}{\rho_0 c_0} \right)^2}$$

μ : masse surfacique de la paroi (en kg.m^{-2})

f : fréquence de l'onde incidente arrivant sur la paroi (en Hz).

$\rho_0 c_0$: impédance acoustique de l'air (en $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)

Compte tenu de l'expression de τ , on obtient : $R = 10 \log \left(1 + \left(\frac{\mu f}{\rho_0 c_0} \right)^2 \right)$

Comme le terme $\frac{\mu f}{\rho_0 c_0}$ est grand devant 1, on peut admettre que $\log \left(1 + \left(\frac{\mu f}{\rho_0 c_0} \right)^2 \right) \cong \left(\frac{\mu f}{\rho_0 c_0} \right)^2$

On obtient, alors :
$$R = 10 \log \left(\frac{\mu f}{\rho_0 c_0} \right)^2 = 20 \log \mu f - C^{te} \quad (\text{Loi des masses et des fréquences})$$

Maths : $\log(1 + \varepsilon) \approx \varepsilon$ si $\varepsilon \ll 1$

Cette relation établit la loi dite « loi de masse et de fréquence » pour une paroi simple.

Remarque : Dans la pratique, l'onde incidente n'étant pas normale à la paroi, on prend plutôt :

$$R = 20 \log(\mu f) - 47 \text{ dB} \quad (\text{relation empirique})$$

Si la fréquence de l'onde sonore double ou si la masse surfacique de la paroi double, l'indice d'affaiblissement s'accroît de 6 dB.

► Diagramme d'atténuation d'une paroi homogène

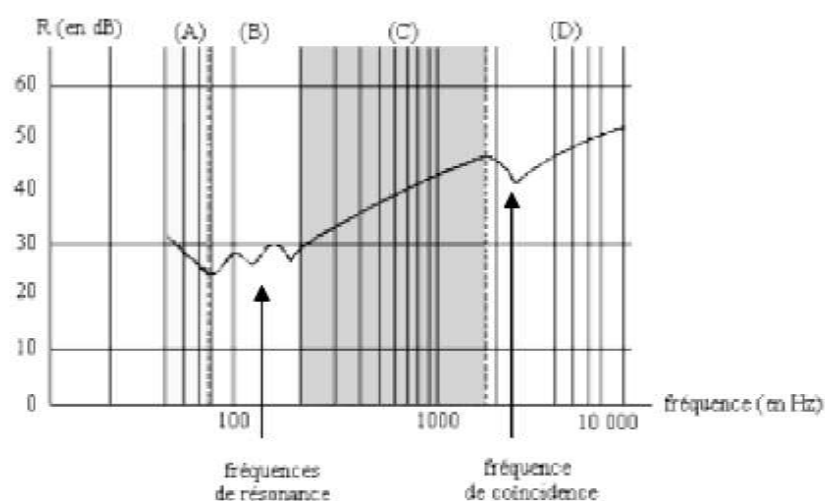
Les calculs précédents sont insuffisants car une paroi possède, comme un ressort, une certaine raideur; elle se comporte aussi comme un résonateur à certaines fréquences. De plus, son élasticité entraîne l'existence d'une fréquence critique (encore appelée fréquence de coïncidence) pour laquelle l'indice d'affaiblissement présente un minimum bien marqué.

La courbe donnant l'indice d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence présente souvent l'allure indiquée sur la figure ci-dessous.

La loi des masses et des fréquences est bien respectée dans la zone (C) :

on gagne 6 dB d'atténuation en passant d'un octave à l'autre

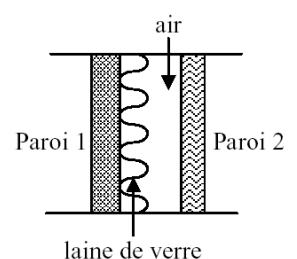
on gagne 6 dB d'atténuation chaque fois que l'on double la masse surfacique de la paroi (à une fréquence donnée)



Pour diminuer le défaut d'isolement qui apparaît à certaines fréquences, on est parfois conduit à utiliser une paroi double de préférence à une paroi simple.

La double paroi

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.



► 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.

► 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 seconde paroi

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 isollements s'additionneraient !

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

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

Remarque : On peut généraliser ce que l'on obtient pour deux parois à un nombre quelconque de parois.

☞ La fréquence de résonance f_0 de la double paroi est parfois gênante car l'affaiblissement acoustique, à cette fréquence, présente un minimum assez marqué.

$$f_0 = 84 \sqrt{\left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) \frac{1}{d}}$$

μ_1 et μ_2 sont les masses surfaciques des deux parois.

d : distance entre les deux parois.

On s'arrange pour choisir des distances d et des masses surfaciques telles que f_0 soit rejetée vers les fréquences basses (hors de la zone d'audibilité).

Rappel : A intensité égale et à durée égale, un son pur est plus traumatisant qu'un son complexe.

Isolement au bruit de choc

L'isolement au bruit de choc d'un plancher se caractérise par une grandeur notée L_n , qui correspond au niveau sonore relevé dans le local récepteur lorsque le plancher du local émetteur est excité par une machine à chocs normalisée. Cet isolement est donc d'autant meilleur que la valeur de L_n est faible. Les performances d'isolement au bruit de choc d'un matériau dépendent essentiellement :

- de sa masse,
- de sa raideur,
- du comportement acoustique des parois sur lesquelles il est raccordé.

Afin de pouvoir comparer les valeurs mesurées dans de telles conditions, il est d'usage de pondérer (normaliser) ces résultats par le temps de réverbération du local récepteur (ce qui revient donc à tenir compte de l'absorption acoustique du local) ramené à une valeur de référence de 0,5 seconde. On parle alors de niveau de bruit de choc standardisé, noté L_{nT} . Les valeurs figurant dans les textes réglementaires correspondent à une valeur standardisée.

Un plancher peut être muni d'un revêtement de sol susceptible d'améliorer ses performances globales au bruit d'impact ; cette amélioration est décrite au moyen d'un indice dénommé "indice d'amélioration au bruit d'impact", noté L .

- Niveau de bruit de choc L_n

C'est le niveau de pression acoustique mesuré sous un plancher soumis aux sollicitations d'une machine à chocs normalisée. Il peut être mesuré par bandes de fréquences ou directement en dB(A).

Plus le niveau mesuré est faible, meilleur est le comportement du plancher. Il se mesure en laboratoire ou sur site.

- Niveau de bruit de choc normalisé L_{nAT}

C'est le niveau de bruit de chocs corrigé de la durée de réverbération du local de réception qui simule les conditions ultérieures d'utilisation. Il est donné par la formule :

$$L_{nT} = L_n - 10 \log (T/T_0)$$

où :

- L_n est le niveau de bruit de choc mesuré, exprimé en dB ou dB(A)
- T_0 est la durée de réverbération de référence ($T_0 = 0.5$ s à toutes les fréquences) exprimée en seconde.
- T est la durée de réverbération du local de réception exprimée en seconde.

- Efficacité au bruit d'impact **L**

Elle est caractérisée par la diminution du niveau de bruit de choc apportée par un revêtement de sol ou une chape flottante, posé sur un plancher béton de 14 cm (plancher de référence).

$$DL = L_{no} - L_n$$

où

- L_{no} = niveau de bruit de choc normalisé mesuré en l'absence de revêtement de sol
- L_n = niveau de bruit de choc normalisé mesuré avec revêtement de sol

Il s'exprime en dB à une fréquence donnée ou en dB(A) (global) et se mesure en laboratoire.

Correction acoustique

La correction acoustique vise à :

- réduire (voire éliminer) les éventuels échos susceptibles de survenir dans un espace clos ;
- ajuster la durée de réverbération de cet espace à la valeur souhaitée pour son usage ;
- augmenter ou diminuer la valeur du taux de décroissance spatiale par doublement de distance.

Cette correction est généralement réalisée au moyen de matériaux de revêtement de plafond, parois et sol, dont les performances d'absorption acoustique sont définies par leur coefficient d'absorption α , qui représente le rapport de l'énergie acoustique absorbée à l'énergie acoustique incidente. La valeur de α est donc théoriquement comprise entre 0 (matériau non absorbant) et 1 (matériau absorbant) : plus la valeur de α est élevée, plus le matériau pourra être considéré comme absorbant.

Note : Attention, contrairement à la Thermique, l'Acoustique ne permet pas de superposer impunément les couches de matériaux ; une laine minérale (matériau absorbant) placée derrière un panneau de bois plein ne jouera plus de rôle significatif dans la correction acoustique de l'espace (ce n'est pas le cas pour les performances d'*isolement acoustique*).