

Chapitre 2

Éléments d'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.

Coefficient d'absorption d'un matériau

Le coefficient d'absorption d'un matériau est le rapport énergie absorbée à l'énergie incidente, il est fonction de la nature du matériau, l'angle d'incidence et de la fréquence de l'onde incidente sur la paroi. Souvent on prend le coefficient moyen du matériau.

$$\alpha = \frac{\text{énergie absorbée}}{\text{énergie incidente}} \quad (1)$$

Coefficient d'absorption moyen d'un local

Si les parois d'une salle sont constituées de « n » surfaces (S1 , S2, S3, Sn) recouvertes de matériaux différents de coefficients d'absorptions respectifs ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$) le coefficient d'absorption moyen de la salle est :

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \alpha_3 \cdot S_3 + \dots + \alpha_n \cdot S_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n} \quad (2)$$

Surface d'absorption équivalente

La surface d'absorption équivalente, est la surface parfaitement absorbante ($\alpha = 1$) qui a globalement la même absorption que le local de surface : $S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$

D'après la relation (1) nous avons :

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

Donc :

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times S_i$$

A est exprimée en « m² »

Remarques:

1. Pour un local de grande dimensions et de volume « V » la surface équivalente d'absorption est enrichie d'un terme supplémentaire dû à l'atténuation de l'air.

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times S_i + 4. m. V$$

m est la constante d'atténuation de l'air.

2. α moyen ($\bar{\alpha}$) 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 : $\bar{\alpha} = 0.05$ pour un local nu.

$\bar{\alpha} = 0.3$ pour un local bien meublé.

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 sonore « Id » rayonnée directement par la source de directivité « Q » : relative au champ direct.

$$I_d = \frac{Q.P}{4.\pi.d^2}$$

- l'intensité sonore réverbérée, « Ir » qui ne dépend pas de la distance « d » : relative au champ réverbéré ou champ diffus.

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

S : surface totale des parois (m²)

R_L : constante d'absorption du local (m²)

$$R_L = \frac{S \cdot A}{S - A}$$

$$R_L = \frac{S \cdot \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$$

Négligeons le terme d'atténuation de l'air, l'intensité sonore résultante s'écrit :

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

Le niveau sonore dans le local est alors égal à :

$$L_I = 10 \log \frac{1}{I_0} \times \left(\frac{Q \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot d^2} + \frac{4 \cdot P}{R_L} \right)$$

Soit :

$$L_I = L_W + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot d^2} + \frac{4}{R_L} \right)$$

Avec :

$$L_W = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

L_w est le niveau de puissance de la source.

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

$$\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4}{R_L}$$

Soit :

$$d_c = \sqrt{\frac{Q \cdot R_L}{16 \cdot \pi}}$$

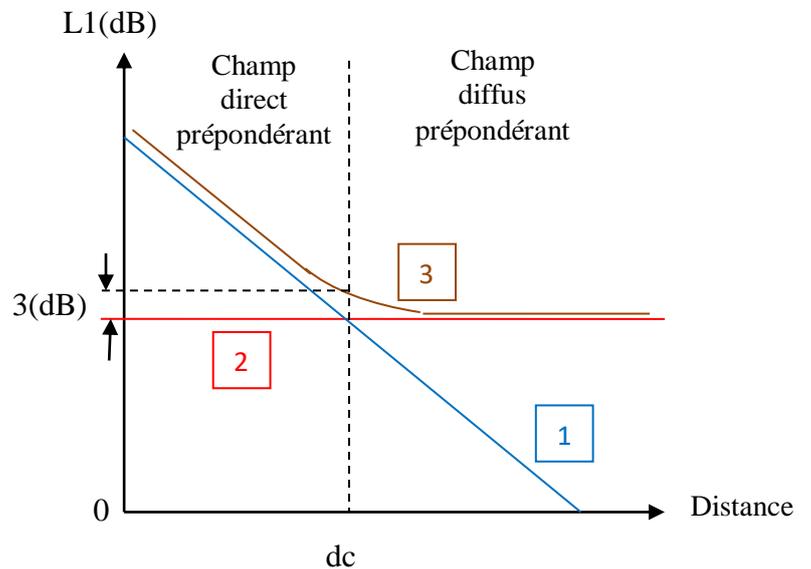
Au-delà de cette distance l'intensité sonore résultante provient essentiellement de la réverbération, en deçà, le son direct est prépondérant.

Légende :

1 : niveau sonore dû au champ direct

2 : niveau sonore dû au champ diffus

3 : niveau sonore résultant



Remarque

Le coefficient « α » est souvent déterminé de façon indirecte, en mesurant le temps de réverbération de celui-ci.

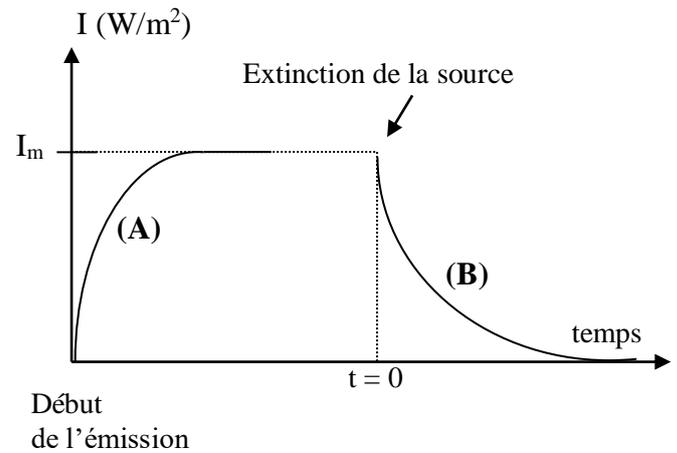
Évolution temporelle de l'intensité sonore après arrêt de l'émission

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.

**Temps de réverbération**

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.

Théorie de Sabine

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

$$T_r = 0.16 \times \frac{V}{S \times \bar{\alpha}} \cong 0.16 \times \frac{V}{A}$$

S : surface totale des parois (m^2)

V : volume du local (m^3)

A : surface d'absorption équivalente (m^2)

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

Remarque:

Suivant 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. Elle est nuisible quand elle masque des sons successifs.

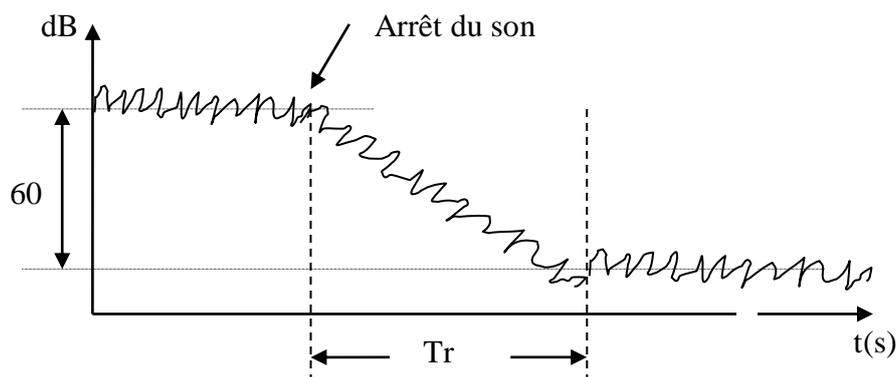
-Selon la destination du local, on sera donc amené à augmenter ou diminuer le temps de réverbération en jouant sur la constante d'absorption « R_L » du local.

Quelques ordres de grandeurs

	Salle de concert	Pièce vide	Pièce meublée	Grand hall
Tr (seconde)	0.8 à 1.5	2 à 2.5	0.5	8 à 12

Définition de l'octave

L'octave est l'intervalle de fréquence de deux vibrations dont l'une a une fréquence double de l'autre.



NB

-La réverbération dépend en fait de la hauteur 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 (établis 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...etc...). Ce critère est toute fois 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 :

$$A = \sum \alpha_i \times S_i + 4 \times m \times V$$

Coefficient d'absorption d'un matériau (α_m)

L'une des méthodes consiste à introduire une certaine surface (S_m) du matériau étudié dans une chambre réverbérante de surface réfléchissante (S), ce matériau modifie le temps de réverbération du local qui passe de « T_0 » à « T_1 » (avant et après introduction du matériau).