

Propagation sonore en espace clos

3.4- Mesure d'un coefficient de Sabine α_s

On utilise à cet effet une salle à géométrie complexe dont les parois sont très réfléchissantes. On peut ainsi considérer que le champ sonore résultant de l'émission d'une source S est diffus.

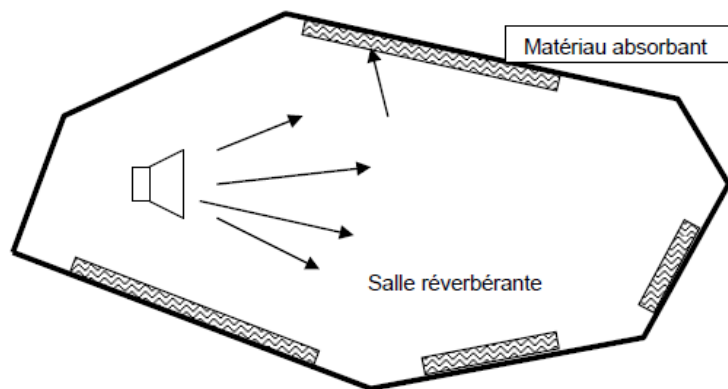


Figure 3.6

Le coefficient d'absorption moyen des parois est de l'ordre de 0,04 à toutes fréquences. Pour des salles réverbérantes de volume $\cong 100 \text{ m}^3$ les temps de réverbération sont de l'ordre de 3 à 4 secondes.

On dispose ensuite sur les parois de la chambre réverbérante une certaine surface de matériau. On mesure alors en différents points de la salle la nouvelle valeur du temps de réverbération et ceci pour différentes valeurs de la fréquence émise par la source.

On procède ensuite à l'évaluation du temps de réverbération moyen pour chaque fréquence à partir des résultats recueillis aux différents points de mesure.

Pour la salle nue le temps de réverbération à une fréquence f est Tr_i avec $Tr_i = \frac{0,161V}{S_i \cdot \alpha_i}$.

$S_i \cdot \alpha_i$: Aire d'absorption équivalente de la chambre réverbérante.

Pour la salle en partie recouverte du matériau étudié, le temps de réverbération à la même fréquence f s'écrit :

$$Tr_f = \frac{0,161V}{(S_i - S_m)\alpha_i + S_m\alpha_s}$$

S_m : surface de matériau disposé sur les parois de la chambre réverbérante.

On en déduit le coefficient de Sabine du matériau.

$$\alpha_s = \alpha_i + \frac{0,161V}{S_m} \left(\frac{1}{Tr_f} - \frac{1}{Tr_i} \right) \quad (3.9)$$

3.5 Traitement acoustique des salles

Le traitement acoustique d'une salle consiste à lui donner une forme et une durée de réverbération favorables à une bonne diffusion et écoute sonore. On obtiendra une durée de réverbération optimale en mettant en œuvre sur les parois de la salle des matériaux de coefficients d'absorption appropriés. Ce traitement est précédé en général d'une étude comportant plusieurs étapes que nous allons analyser.

3.5.1. Etude de la forme d'une salle

Pour déterminer la forme optimale de la salle à traiter, l'acousticien dispose de plusieurs outils. Pour un avant projet sommaire, il peut utiliser l'épure géométrique. Pour des salles dont l'acoustique est un élément de conception déterminant, il a recours à des logiciels d'acoustique architecturale. Pour des projets de très grande envergure, il est envisageable de valider des choix de conception à l'aide de modèles réduits.

L'épure géométrique

L'épure géométrique consiste, pour un emplacement de la source donné, à étudier le cheminement des rayons sonores. Les points d'impact des rayons réfléchis du premier ordre sont alors déterminés sur la surface représentant le lieu des points d'écoute. Les points d'impact doivent être bien répartis sur cette surface et les différences de trajet entre onde réfléchie et onde directe doivent être les plus courts possibles. Ceci impose parfois de placer des surfaces réfléchissantes proches des sources. L'épure sera utilisée pour étudier la forme du plafond en traçant les rayons issus de la source dans un plan vertical de symétrie de la salle. On peut aussi procéder de la même façon pour étudier la forme des parois verticales en réalisant des tracés analogues dans un plan horizontal. Cette étude présente quelques restrictions :

- elle est limitée à la première réflexion sur les parois
- elle ne prend pas en compte l'absorption des parois, ce qui rend impossible le calcul de l'énergie sonore produite aux différentes réflexions
- elle ne considère pas les effets de diffraction du son sur les obstacles pouvant exister à l'intérieur de la salle.

Logiciel d'Acoustique Architecturale

A partir d'une description de la géométrie 3D de la salle, des propriétés d'absorption des matériaux des parois et de la définition des sources (localisation, niveau de puissance), ces logiciels permettent de déterminer les niveaux de pression dans la salle, les temps de réverbération et les principaux critères caractérisant la qualité acoustique d'une salle (chapitre 3.6).

Les méthodes numériques utilisées sont dérivées d'un algorithme de lancer de rayon. L'onde acoustique est représentée par une série de rayons émis depuis la source et qui sont suivis dans leur multiple réflexion dans le volume de la salle. Chaque rayon apporte sa contribution énergétique sur chaque maille du plan récepteur.

Le modèle réduit

Il sera en général préférable de procéder à une étude sur maquette (échelle 1/10^e à 1/30^e) en laboratoire. On place sur le sol des produits absorbants pour simuler l'absorption des sièges et des occupants de la salle. En un point à l'intérieur de cette maquette, une suite d'impulsions sonores est produite à une fréquence élevée (parfois ultrasonore) pour vérifier des conditions de similitude. Ces impulsions sont captées en différents points et leur forme est observée sur oscilloscope.

Si l'amplitude des impulsions ne varie pas de façon régulière et décroissante en fonction de la distance par rapport à la source, il faut rechercher l'origine du défaut en plaçant ou déplaçant certains éléments absorbants sur les parois, ou bien en corrigeant la forme du local.

3.5.2. Phénomène de résonances liées à la forme

Dans les salles apparaissent des résonances généralement aux basses fréquences. Ceci tient au fait qu'un volume vibre selon des modes propres. Pour une salle rectangulaire les fréquences propres sont déduites de la relation.

$$f_{n,m,p} = \frac{c}{2} \left[\frac{n^2}{l_x^2} + \frac{m^2}{l_y^2} + \frac{p^2}{l_z^2} \right] \quad (3.10)$$

où $c = 343$ m/s à 20°

l_x, l_y, l_z sont les dimensions de la salle et n, m, p des nombres entiers $1, 2, \dots, \infty$

Lorsqu'une source émet un son dont une des composantes à une fréquence égale à celle d'un mode propre, cette composante est mise en relief par rapport aux autres composantes fréquentielles.

La résonance apparaît d'autant plus nettement que le mode propre considéré est écarté des autres modes. Cela ne pourra se produire que dans les basses fréquences et d'autant plus basses que la salle est grande.

La régularité des modes propres sur l'échelle des fréquences sera une condition de bonne acoustique, les dimensions les plus favorables sont données dans le tableau ci-dessous :

l_x/l_z	l_y/l_z
1.223	1.114
1.223	1.076
1.477	1.201
1.435 (1)	1.202 (1)
1.536	1.402
1.610	1.416
1.670	1.412
1.55	1.110
1.863	1.404 (1)
2.112	1.596
2.291	1.811
2.418	1.287
3.28	1.880

(1) rapports considérés comme excellents.

On voit d'après la relation (3.10) que le nombre de modes propres est infini et que les intervalles entre fréquences vont en se resserrant au fur et à mesure que l'on monte dans l'échelle des hauteurs.

Ainsi pour un son émis au voisinage d'un assez grand nombre de fréquences propres, l'énergie vibratoire se répartit de manière uniforme sur les différents modes, de sorte qu'aucun d'entre eux ne prédomine.

3.5.3. Choix des durées de réverbérations optimales

La deuxième phase du traitement consiste à retenir une durée optimale de réverbération.

Dans le cas de salles de volume compris entre 100 et 1.000 M3 l'expérience a montré qu'une valeur optimale du temps de réverbération peut être obtenue de la relation

$$T_{opt} = 0,5 \sqrt[3]{\frac{V(m^3)}{30}} \text{ (seconde)} \quad (311)$$

Cette durée de réverbération pourra être sujette à variations selon la destination de la salle.

Ainsi pour un studio d'enregistrement on aura plutôt tendance à diminuer quelque peu cette valeur. Au contraire pour un auditorium on cherchera à l'accroître légèrement.

On peut tenter aussi dans certains cas de prendre des durées de réverbération différentes selon les fréquences et aussi prendre en compte la destination de la salle. Ces valeurs seront déduites des figures 3.7 et 3.8.

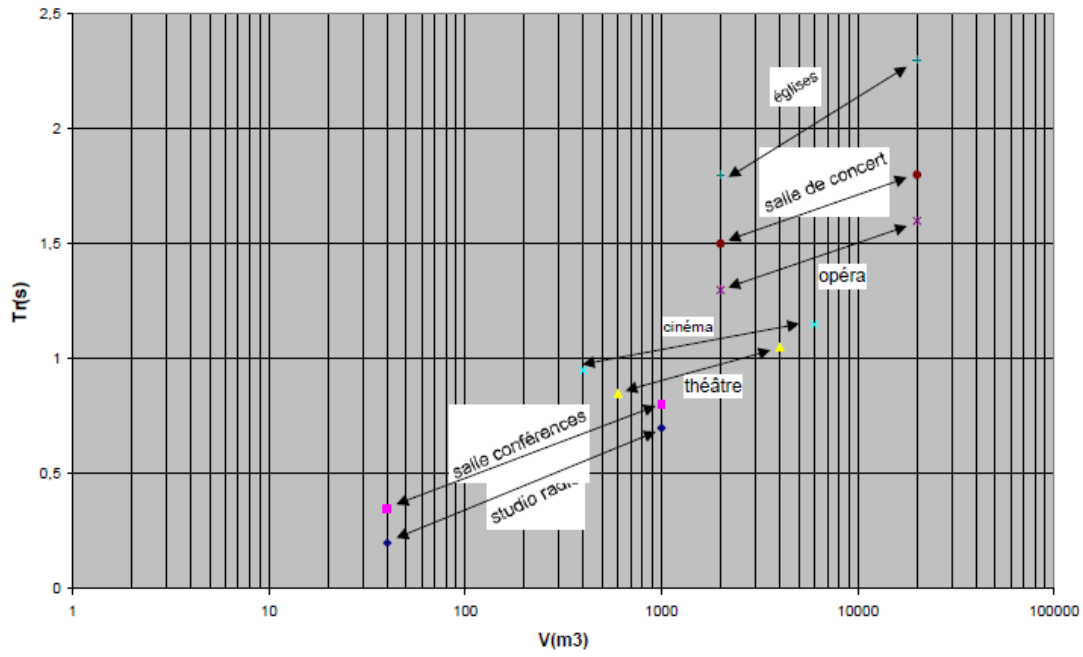


Figure 3.7 : Temps de réverbération optimale aux fréquences moyennes (500-1000Hz)

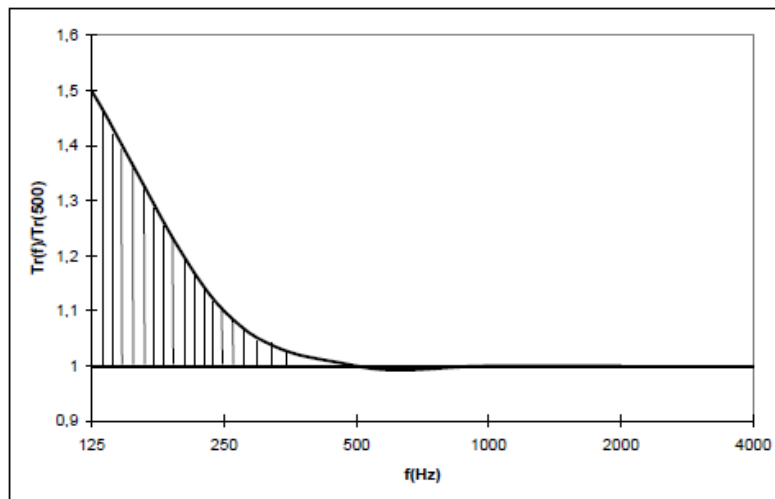


Figure 3.8 : Variation souhaitée du temps de réverbération par rapport à la valeur à 500 Hz.