

Chapitre 6: son et architecture

La réverbération

Document 1

Dans un local, un son parvient à l'auditeur tout d'abord directement, puis après avoir été réfléchi une ou plusieurs fois sur les parois. Si le son parvenant à l'auditeur après réflexion est distinct du son lui parvenant directement, il y a écho. Si le son parvenant à l'auditeur après réflexion n'est pas distinct du son lui parvenant directement, le son semble prolongé: il y a réverbération. La réverbération est donc la persistance d'un son dans un espace clos (ou semi-clos) après interruption brusque de la source sonore. L'oreille devrait percevoir successivement le son en provenance directe de la source, puis le son s'étant réfléchi une fois, puis le son s'étant réfléchi une deuxième fois, puis le son s'étant réfléchi une troisième fois, etc. Si le premier son paraît prolongé, c'est parce que l'oreille humaine est incapable de distinguer deux sons successifs quand ils sont trop proches dans le temps. De la même manière, l'œil est incapable de distinguer deux images successives quand elles sont trop rapprochées dans le temps qui a permis la naissance du cinéma.

Il est aisé de percevoir la différence entre l'écho et la traînée sonore d'un son en claquant des mains en plein air devant un mur. Le son émis par le claquement des mains parvient à l'oreille de l'auditeur tout d'abord directement puis après réflexion sur le mur. Près du mur, le son paraît bref; plus l'auditeur s'éloigne du mur, plus le son lui paraît prolongé; à plus de 17 m du mur, deux sons distincts sont perçus: il y a écho. La différence de parcours entre le son direct et le son réfléchi est supérieure à 34 m, ce qui correspond à un décalage de plus de 1/10 s puisque la vitesse du son dans l'air est de l'ordre de 340 m/s. Un second mur et, a fortiori, un troisième mur donneraient l'impression d'un son encore plus prolongé. Dans un espace clos, avec le même type de mur, cette prolongation du son, ou « réverbération », est encore plus importante.

La durée de réverbération T_r (ou T_{f60} , ou T) d'un local, également appelée temps de réverbération, est le temps (en s) que met le son pour que son niveau d'intensité diminue de 60 dB après interruption de la source sonore (document 2). Autrement dit, c'est le temps que met le son pour que son intensité acoustique I_2 devienne le millionième de ce qu'elle était au départ (intensité acoustique I_1).

I_0 : intensité sonore de référence égale à $10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

I : intensité sonore

L_1 : niveau sonore en dB

Document 2



Durée de réverbération théorique

Document 3

Tableau 4.1. Exemples de durées de réverbération de bâtiments publics.

| Bâtiment | Fréquences médianes d'octave (Hz) | Durée de réverbération T_r (s) |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| Notre-Dame de Paris | 125 | 8,5 |
| | 250 | 8 |
| | 500 | 7,5 |
| | 1000 | 6 |
| | 2000 | 4,5 |
| | 4000 | 2,7 |
| Opéra de la Bastille, à Paris (salle vide) | 125 | 1,8 |
| | 250 | 1,7 |
| | 500 | |
| | 1000 | |
| | 2000 | 1,5 |
| 4000 | | |

Texte et figure p 54,55,56 du livre « l'acoustique des bâtiment » de loïc Hamayon (ed Le moniteur)

- 1) Donner la définition de la durée de réverbération d'une salle.
- 2) Quelle est la différence entre la réverbération et l'écho ?
- 3) Quels sont les inconvénients d'une pièce présentant une durée trop grande de réverbération ?
- 4) A partir de quelle taille une salle peut présenter théoriquement une réverbération gênante ? Pourquoi ?
- 5) Comparer les durées de réverbération de Notre de Dame de Paris et de l'opéra de la Bastille et argumenter en tenant compte de l'utilisation de chacune des deux salles.
- 6) A l'aide de la formule du temps de réverbération, démontre l'affirmation suivante: 'autrement dit, c'est le temps que met le son pour que son intensité

acoustique I_2 devienne le millionième de ce qu'elle était au départ (intensité acoustique I_1).

On notera L_1 le niveau sonore que la source émet à l'instant $t = 0$ s et L_2 l'intensité sonore au bout de la durée de réverbération.

7. On a déterminé expérimentalement la durée de réverbération d'une salle de spectacle.

a) Déterminer graphiquement cette durée de réverbération. On admettra qu'à $t = 0$ s le niveau d'intensité sonore est $L_1 = 90$ db.

Echelle du graphique

Axe vertical : 1 carreau correspond à 20 dB

Axe horizontal : 1 carreau correspond à 1 seconde



b) Cette salle est-elle adaptée à un instrument de musique comme l'orgue? Justifier votre réponse.

8) La formule de Sabine $T_R = 0,16 \times V/A$ permet de calculer la durée de réverbération T_R en fonction du volume V de la pièce et de la surface d'absorption équivalente A de la pièce. La surface A est calculée par rapport aux surfaces S_i des parois et aux coefficients d'absorption acoustique α_i de celles-ci, par la formule:

$A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i$. Soit une salle de cinéma de largeur $l = 10$ m

de longueur $L = 15$ m et de hauteur $H = 3,0$ m. On néglige l'absorption du son par le sol par rapport aux absorptions par les murs et le plafond.

a) Déterminer les valeurs de $\sum_i S_i$ et de V .

b) Déterminer le coefficient d'absorption α du matériau à employer de manière à obtenir un temps de réverbération $T_R = 1,5$ s.