CHAPITRE 4

4. ISOLATION DES PAROIS AUX BRUITS AERIENS

INTRODUCTION

Ce chapitre traite de la transmission des bruits aériens à travers les parois. D'un point de vue théorique, ces transmissions des ondes dans un solide (la paroi) sont régies par les équations aux dérivées partielles de déformation des plaques sollicitées par une onde de pression.

Ne pas confondre Isolation et Isolement acoustique :

- l'isolation acoustique, c'est l'action d'isoler, c'est-à-dire l'action de réduire les transmissions d'énergie vibratoire vers les lieux à protéger grâce à des dispositifs appropriés ;
- l'isolement acoustique, c'est le résultat de l'action consistant à isoler.

Ex : on réalisera une bonne isolation acoustique entre deux locaux grâce à un mur très lourd dont l'isolement acoustique est de 50 dB.

4.1 Coefficient de transmission τ et indice d'affaiblissement R

Lorsqu'une onde aérienne rencontre une paroi, il y a mise en vibration de cette dernière. Ainsi la paroi en état de vibration génère des compressions et dépressions sur les particules d'air au contact de la paroi et se propagent dans les milieux environnants.

Considérons une onde aérienne plane d'intensité Ii atteignant une paroi sous une incidence θ . De part la mise en vibration de la paroi il en résulte une onde rayonné par l'autre frontière d'intensité It émergeant sous un même angle θ .

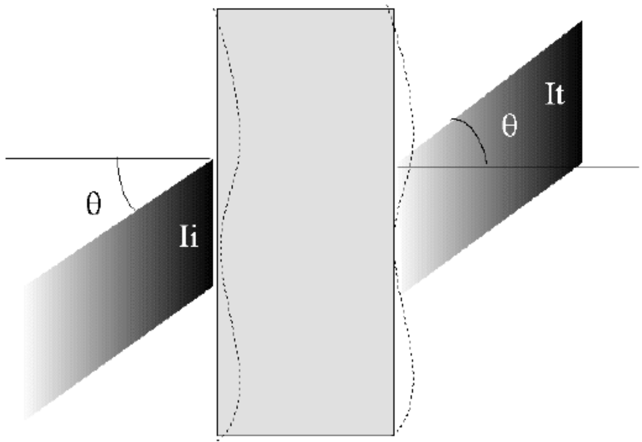

Figure 4.1

Le facteur de transmission d'une paroi est le rapport avec les intensités transmise et incidente.

$$\tau(\theta) = \frac{I_t}{I_i} \qquad (4.1)$$

Ce coefficient de transmission dépend de l'incidence θ, ainsi que des propriétés mécaniques du matériau constituant la paroi .

L'indice d'affaiblissement acoustique R (θ) d'une paroi représente dix fois le logarithme décimal de l'inverse du facteur de transmission :

$$R\,(\theta) = 10 \log\left(\frac{I_i}{I_t}\right) = 10 \log\left(\frac{1}{\tau}\right) \quad \text{(dB)} \qquad (4.2)$$

Il s'exprime en décibels.

Cette grandeur caractérise l'amortissement en terme de niveau de pression d'une onde à la traversée d'une paroi. Le pouvoir d'isolation d'une paroi est d'autant plus important que son indice d'affaiblissement est élevé.

4.2. Evaluation théorique de l'indice d'affaiblissement des parois simples

On entend par parois simples, des parois homogènes constituées d'un matériau isotrope.
L'indice d'affaiblissement d'une paroi dépend de nombreux facteurs dont les plus importants sont :

- la masse surfacique de la paroi m_s
- la rigidité B
- les pertes internes η
- ses dimensions,
- la fréquence des ondes aériennes incidentes
- la perméabilité,
- ses liaisons avec les parois adjacentes.

Dans les démonstrations qui suivent on supposera que les parois sont de dimensions infinies pour éliminer l'influence des liaisons avec d'autres parois, de même on ne tiendra pas compte des transmissions parasites dû à la perméabilité .

4.2.1 Fréquence de coïncidence et fréquence critique

Soit une onde plane de fréquence f atteignant une paroi sous une incidence θ (figure 3.1)

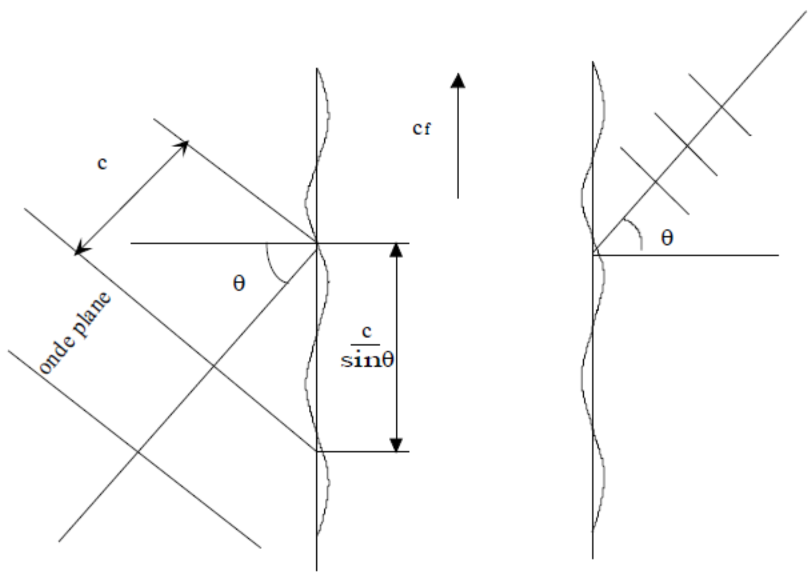

Figure 4.2 : Mise en vibration d'une paroi par une onde plane d'incidence θ

Figure 4.2 : Mise en vibration d'une paroi par une onde plane d'incidence θ

La déformation locale de la paroi au point d'impact de l'onde se propage au sein de la paroi et donne naissance à des ondes dites de flexion de vitesse c_f

$$c_f = (1{,}8.h.f)^{\frac{1}{2}}.\sqrt[4]{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}} \qquad (4.3)$$

avec :

- h épaisseur de la paroi (m)
- E module de YOUNG (N/m^2)
- ρ masse volumique (kg/m^3)
- ν coefficient de POISSON (ν # 0.3 pour les matériaux de construction)

Ainsi la vitesse de propagation des ondes de flexion le long de la paroi est fonction de la fréquence de l'onde aérienne incidente.

On dit qu'il y a phénomène de coïncidence lorsque la vitesse de la trace de l'onde aérienne sur la paroi (soit : $\frac{c}{\sin\theta}$) est égale à la vitesse c_f des ondes de flexion le long de la paroi ($\frac{c}{\sin\theta} = c_f$).

Pour une incidence θ donnée, la coïncidence se produit pour une fréquence f_θ tel que :

$$\frac{c}{\sin\theta} = (1{,}8.h.f)^{\frac{1}{2}}.\sqrt[4]{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}$$

$$f_\theta = \frac{c^2}{1{,}8.h.\sin^2\theta}.\sqrt{\frac{\rho}{E}.(1-\nu^2)} \qquad \sim \qquad (4.4)$$

La plus basse fréquence de coïncidence est dite fréquence critique f_c de la paroi. Elle est obtenue pour θ = 90° ($c=c_f$) à partir de la relation 4.4

Soit : $f_c = \frac{c^2}{1{,}8.h}\sqrt{\frac{\rho}{E}(1-\nu^2)}$ $\qquad$ $f_\theta = \frac{f_c}{\sin^2\theta}$ $\qquad$ (4.5)

Pour cette fréquence, la paroi présente une perte d'isolement .

Exemples :

- pour un verre de 5 mm : f_c = 2 500 Hz
- pour une paroi de brique de 11 cm : f_c = 190 Hz
- pour une paroi de béton de 20 cm : f_c = 90 à 180 Hz suivant la densité
- pour un panneau de plâtre de 5 cm : f_c = 516 Hz

Le tableau (1) indique les fréquences critiques des matériaux de construction.
Remarque : *Certaines fréquences critiques sont mal situées sur l'échelle des fréquences audibles. C'est le cas notamment pour les matériaux tel que le verre dont la fréquence critique se situe autour de 2000Hz pour laquelle l'oreille est particulièrement sensible.*

Caractéristiques mécaniques des matériaux de construction

Matériau	Masse volumique (kg/m^3)	Célérités des ondes longitudinales C_l(m/s)	Module d'élasticité E(N/m^2)	Facteur de perte η	Fréquence critique pour 1cm d'épaisseur
Acier	7780	5450	$210*10^9$	$2*10^{-4}$	1200
Aluminium	2700	5500	$70*10^9$	10^{-4}	1200
Amiante ciment	1400-2200	3300-3750	$14.28*10^9$	0.007-0.02	1730-1960
Asphalte	1800-2300	1900-3200	$7.7*10^9$	0.0055-0.38	2000-3400
Béton(dense)	2300	3300	$23*10^9$	0.005-0.02	-
Béton(léger)	1300	1800	$3.8*10^9$	0.012	-
Béton cellulaire	600	1900	$2*10^9$	0.015	-
Bois(fibres compressées)	600-700	2700-2900	$4.6*10^9$	0.01-0.03	2200-2400
Brique	1800-2100	1250-3100	$3.16*10^9$	0.01-0.02	-
Bronze	8500	3540	$95*10^9$	$2*10^{-4}$	1830
Caoutchouc	1000-1250	30-200	$0.3*10^9$	0.1-0.8	-
Chêne	700-1000	1500-3500	$5*10^9$	0.008-0.01	1900-4200
Contreplaqué	600	3150	$5.4*10^9$	0.01-0.04	2000
Cuivre	8900	3700	$125*10^9$	0.002	4000
Liège expansé	120-250	360-480	$0.025*10^9$	0.1-0.4	-

Matériau	Masse volumique (kg/m^3)	Célérités des ondes longitudinales C_l(m/s)	Module d'élasticité E(N/m^2)	Facteur de perte η	Fréquence critique pour 1cm d'épaisseur
Pin-Sapin	400-550	1650-3200	$1.5*10^9$	0.04	2000-3900
Platre(alvéolé)	650	2100	$2.6*10^9$	0.005-0.03	-
Plâtre(cartonné)	1200	2500	$7*10^9$	0.005-0.009	2600
Plexiglas		2300	$5.6*10^9$	0.02-0.04	2800
Plomb		1350	$17*10^9$	0.015	4800
Polychlorure de vinyle		150	$0.03*10^9$	0.04	-
Polystyrène expansé		310-440	$0.0026*10^9$	0.01-0.025	-
Sable sec		150	$0.03*10^9$	0.06-0.12	-
Verre		5135	$60*10^9$	0.001-0.01	1260
Zinc		1435	$13.1*10^9$	$3*10^{-4}$	4500

Tableau 4.1

4-2-2 : Définition de l'indice d'affaiblissement R

La capacité isolante d'une paroi s'exprime à l'aide d'un indice d'affaiblissement acoustique noté R déterminé par la relation suivante :

$$\boxed{R = 10\log\frac{1}{\tau} \quad (dB)}$$

Les parois qui séparent deux locaux sont rarement homogènes. Si la paroi n'est pas homogène (cloison contenant une porte par exemple), il faut dans ce cas calculer le coefficient de transmission moyenne :

$$\boxed{\tau_{moy} = \frac{\tau_1.S_1 + \tau_2.S_2 + \cdots\cdots + \tau_n}{S_1 + S_2 + \cdots\cdots + S_n}}$$