Travaux dirigés 4

Exercice 1

On souhaite calculer la transmission d'une onde acoustique à travers un double vitrage comme celui de la figure 1 pour une pulsation ω. Il est constitué de deux vitres minces séparées par un troisième milieu. On note m la masse surfacique des vitres supposées égales.

1. Ecrire les équations du problème.
2. Monter que le coefficient de transmission, défini comme le rapport de l'amplitude de l'onde transmise sur l'amplitude de l'onde incidente, est donné par

$$T = \frac{Z_1 Z_2}{(Z_1 - i\omega m)Z_2 cos(k_2 L) - isin(k_2 L)((Z_2^2 + Z_1^2 - m^2\omega^2)/2 - im\omega Z_1)}$$

   avec $Z_i = \rho_i c_i$.
3. Que se passe-t-il si le matériau central est un air très raréfié ?
4. Lorsque l'épaisseur de la couche centrale tend vers 0, comparer avec le cas d'une seule vitre.
5. Comparer au cas où le milieu central est aussi de l'air, soit $Z_2 = Z_1$.

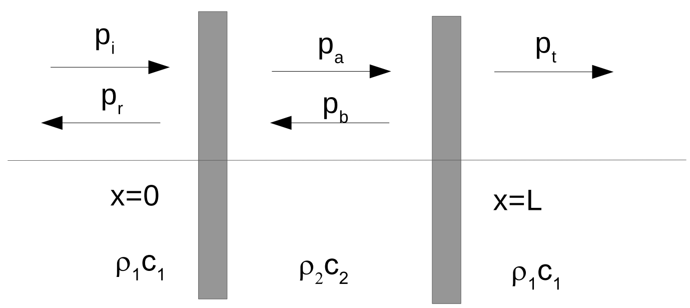

FIGURE 1 – Double vitrage.

Exercice 2

On souhaite calculer l'atténuation apportée par une paroi épaisse telle que présentée sur la figure 2. On supposera que le premier milieu et le dernier sont identiques et composés d'air.

1. Ecrire les équations dans chaque milieu.
2. En déduire le facteur de transmission à travers la paroi.
3. Est-ce que la paroi peut être transparente pour certaines fréquences ? Regarder le cas d'un mur en béton de $30cm$ d'épaisseur avec $\rho_{béton} = 2200kg/m^3$ et $E_{béton} = 30GPa$.
4. Lorsque la paroi est mince montrer que l'on retrouve la formule du cours.

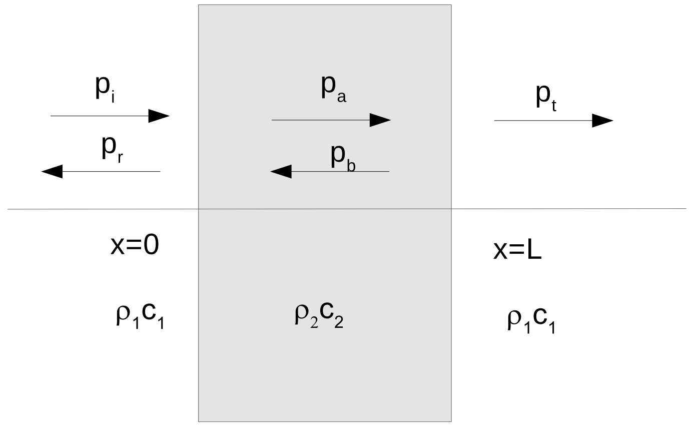

FIGURE 2 – Paroi épaisse.

Exercice 3

On s'intéresse à la transparence acoustique d'une paroi souple sous une onde d'incidence oblique comme sur la figure 3. De l'air occupe chaque coté de la plaque. L'équation de la plaque est avec (y, z) le plan de la plaque et x suivant la normale

$$\rho_s h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + D(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + 2\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial z^4}) = \sum_n p_n \tag{1}$$

où les p_n sont les pressions s'appliquant sur la plaque, w la flèche de la plaque, h l'épaisseur et la rigidité de la plaque en flexion est

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

1. Ecrire les équations aux deux interfaces et pour la plaque.
2. En déduire le coefficient de transmission de la paroi.
3. Que se passe-t-il pour les basses fréquences ? Comparer avec la loi de masse.
4. A quelle condition la paroi est-elle transparente ?

Exercice 4

Deux pièces sont connectées par une cloison de surface $S = 12m^2$. Chaque pièce a pour dimensions $4m \times 4m \times 3m$ et une absorption de 1.5%.

1. Rappeler la formule donnant l'isolement acoustique de la paroi.
2. Quel doit être l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi pour avoir un niveau sonore de 60dB dans la seconde pièce quand une source sonore dans la première pièce y crée un niveau sonore de 90dB ?

Exercice 5

Deux salles sont couplées par une paroi. La première salle a pour dimensions $10m \times 6m \times 5m$ et la seconde salle a pour dimensions $4m \times 6m \times 5m$. La salle 1 a une absorption moyenne $\alpha_1 = 0.2$ alors que celle de la salle 2 est $\alpha_2 = 0.15$. Le couplage se fait à travers une surface $S_c = 30m^2$ et son indice d'affaiblissement acoustique est $R = 35dB$.

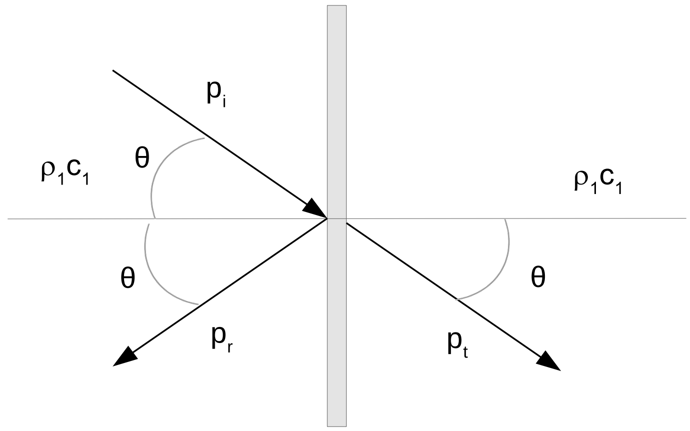

FIGURE 3 – Paroi souple.

1. Comparer $S_c\tau$ et $\alpha_2 S_2$.
2. Quelle est l'atténuation du son entre les salles 1 et 2 ?
3. Quelle est cette atténuation quand la salle 2 a maintenant pour dimensions $15m \times 10m \times 5m$ et pour coefficient d'absorption $\alpha_2 = 0.15$? Commentaire ?

Exercice 6

Une sphère rigide oscille suivant l'axe des z avec une pulsation ω et son centre évolue comme $v\cos(\omega t)\mathbf{e}_z$.

1. Ecrire l'équation de Helmholtz en coordonnées sphériques.
2. On cherche le champ de pression sous la forme $p(r, \theta, \varphi) = f(r)cos\theta$. Ecrire l'équation vérifiée par la fonction $f(r)$.
3. Donner la solution de cette équation qui vérifie la condition de radiation à l'infini.
4. En déduire le champ de pression rayonné par la sphère oscillante.
5. Déterminer la puissance rayonnée par cette sphère. Comparer au cas d'une sphère pulsante.