

Travaux dirigés 1

Exercice 1

Dans une salle, le bruit de fond est de 62 dB. Ce bruit a deux origines indépendantes : une ventilation et le bruit en provenance de la rue. Si on stoppe la ventilation, le niveau du bruit de circulation seul est de 57 dB. En déduire le bruit de la ventilation.

Exercice 2

Soit une source ponctuelle 3D engendrant, en champ libre et dans l'air, le champ de pression $p(r, t) = \text{Re}(p(r)e^{-i\omega t})$ avec

$$p(r) = A \frac{e^{ikr}}{4\pi r} \quad (1)$$

On suppose que le niveau sonore est de $L = 80\text{dB}$ à 1m de la source.

1. Calculer le champ de vitesse particulaire du fluide.
2. Donner l'amplitude de la vitesse particulaire pour 100Hz et pour 1000Hz à la même distance de 1m . On prendra la vitesse du son $c = 340\text{m/s}$ et la masse volumique de l'air $\rho = 1.29\text{kg/m}^3$.

Exercice 3

Soient les champs de pression donnés par (avec la convention $e^{-i\omega t}$)

$$p_1(r) = A \frac{e^{ikr}}{4\pi r}, \quad p_2(r) = B \frac{e^{-ikr}}{4\pi r} \quad (2)$$

1. Déterminer les moyennes sur une période des vecteurs intensité normaux à une sphère de rayon r .
2. Quelles sont les ondes sortantes ?
3. Le champ de pression est maintenant donné par

$$p(r) = A \frac{e^{ikr}}{4\pi r} + B \frac{e^{-ikr}}{4\pi r} \quad (3)$$

Déterminer le vecteur intensité normal à une sphère de rayon r .

Exercice 4

Vous assistez à une projection de cinéma en plein air. Le son est diffusé par une enceinte située au milieu de la scène. La largeur du parterre est de 15 m. Considérons un spectateur M situé à 15m de l'écran comme sur la figure 1.

1. Pour ce spectateur, quel est le retard entre l'arrivée du son et celle de l'image ?
2. Le son est copié à coté de la piste image et la pellicule défile à 24 images par seconde. Pour que le son parvienne en même temps que l'image au point M, on décale, sur la pellicule, la piste sonore par rapport à la piste image. A combien d'images doit correspondre ce décalage ?
3. On place deux haut-parleurs à la hauteur du point M, de part et d'autre du parterre (voir figure 2a). La piste sonore de ces deux haut-parleurs est synchrone avec la piste image. Calculer, en M, le retard entre le son émis par les haut-parleurs frontaux et celui émis par les haut-parleurs latéraux. Est-il nécessaire de retarder électroniquement (en utilisant une ligne à retard) le son des haut-parleurs latéraux ? (On considérera que l'oreille humaine distingue deux sons si la différence entre leurs temps d'arrivée excède 50 ms.)

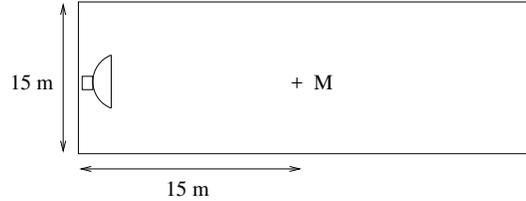


FIGURE 1 – Spectateur à 15m de la scène.

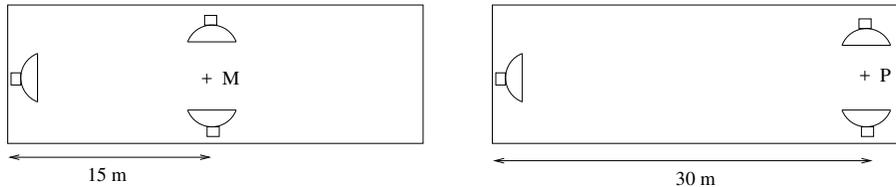


FIGURE 2 – Deux configurations de spectateur.

4. Même question que 3, mais pour un point P situé à 30m de la scène (figure 2b).

Exercice 5

On veut démontrer que le champ de pression engendré par une source ponctuelle en dimension 3 est $\frac{e^{ikr}}{4\pi r}$, c'est à dire que cette solution vérifie $\Delta p + k^2 p = -\delta(\mathbf{x})$. Le Laplacien en coordonnées sphériques est

$$\Delta p = \frac{1}{r} \frac{\partial^2}{\partial r^2}(rp) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta}(\sin \theta \frac{\partial p}{\partial \theta}) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} p$$

1. Supposer que la solution est à symétrie sphérique et écrire l'équation vérifiée en dehors de l'origine.
2. En déduire la forme des solutions.
3. Simplifier cette forme avec la condition de radiation.
4. Appliquer le théorème de la divergence pour trouver la solution.

Exercice 6

A la suite du tremblement de terre du 28 mars 1968 en Alaska, des ondes de Rayleigh se sont propagées dans le sol à 10 fois la vitesse du son dans l'air à travers les USA. Dans le Colorado des infrasons près du sol avaient une amplitude de 2 Pa et se propageaient par onde plane.

1. Estimer l'amplitude de la vitesse transverse du mouvement du sol.
2. Quelle était l'amplitude de l'intensité moyenne de l'onde acoustique ?
3. Supposons que toute l'énergie se propage jusqu'à la ionosphère sans réflexion ou atténuation quelle est l'amplitude de la vitesse particulaire à une altitude où la densité ambiante est de 10^{-8} fois celle de la surface de la terre ? Pour simplifier, on supposera que la vitesse du son est la même à toutes les altitudes.