

Chapitre 3 - Couplages et transductions

Hervé Lissek

Electroacoustique (BA5)

Exercice 1. Efficacité de rayonnement

Soit un piston de rayon $a = 5$ cm encastré dans un écran infini, que l'on considère comme une source idéale de débit volumique q . On rappelle que l'impédance de rayonnement d'un piston encastré vaut :

$$Z_{ar}(\omega) = R_{ar}(\omega) + jX_{ar} = R_{ar}(\omega) + j\omega m_{ar},$$

$$\text{où } R_{ar} \approx \frac{\rho_0 c_0}{\pi a^2} \left(\frac{1}{2} (ka)^2 \right) \text{ et } m_{ar} = \frac{8\rho_0}{3\pi^2 a}.$$

On définit la puissance acoustique $\mathcal{P}_a = R_{ar} q^2$, ainsi que la puissance cinétique $\mathcal{P}_c = X_{ar} q^2$.

1. En considérant que le rendement acoustique est le rapport de la puissance acoustique (puissance active, ou puissance réelle) sur la puissance apparente définie comme $\mathcal{P}_t^2 = \mathcal{P}_a^2 + \mathcal{P}_c^2$, exprimer le rendement acoustique du piston encastré en fonction de la fréquence.
Calculer le rendement acoustique pour $f = 100$ Hz, $f = 500$ Hz et pour $f = 1000$ Hz.
2. Un haut-parleur circulaire plan peut-il être un bon "radiateur" acoustique ?

Exercice 2. Force de Laplace

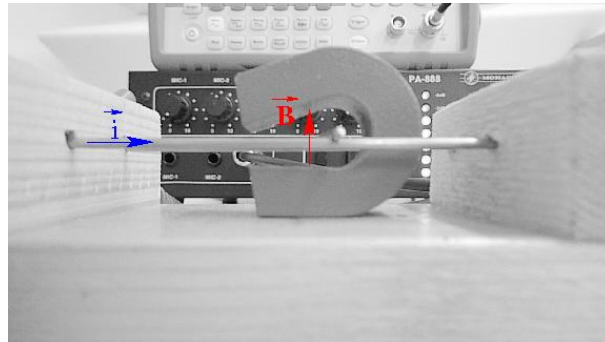


Figure 1 – force de Laplace

1. Sur la figure ??, représenter la direction et le sens de la force électromotrice appliquée sur le barreau.
2. On donne $i = 1$ A, $B = 1 \text{ N.m}^{-1}.\text{A}^{-1}$ et la largeur de l'aimant est 1 cm. Quelle est l'amplitude de la force électromotrice F ?
3. Le barreau en cuivre (masse volumique : 8960 kg.m^{-3}) a un diamètre de 2.5 mm et une longueur de 2 cm. A quel accélération est soumis ce barreau sous l'effet de la force électromotrice (le barreau est supposé rouler sans frottement sur les rails)

Exercice 3. Excursion d'un haut-parleur

On considère un moteur électrodynamique, dont les propriétés mécaniques sont dénotées R_m , M et C_m , et dont le facteur de force est noté Bl . Du côté électrique, on ne tiendra compte que de la résistance R_e . Le moteur électrodynamique est alimenté par une source de tension idéale U_g délivrant des signaux sinusoïdaux d'amplitude constante U_{g0} de fréquence variable f .

1. Exprimer la fonction de transfert entre la vitesse v de la membrane du haut-parleur et la tension d'entrée U_g , en fonction de la fréquence f et des paramètres électromécaniques du moteur électrodynamique. Quelle est la nature de cette fonction ?
2. A quelle fréquence cette vitesse est-elle maximale ? Que vaut-elle alors ?
3. Exprimer l'élongation ξ de la membrane en fonction de la fréquence. Quelle est la fonction correspondante ?
4. Quelle est l'élongation maximale de la membrane (on fait l'hypothèse ici qu'il s'agit de la limite de ξ lorsque f tend vers 0 Hz) ?

Application numériques : $U_{g0} = 2.83$ V, $R_e = 8\Omega$, $R_m = 1$ kg.s.m⁻¹, $M = 13$ g, $C_m = 1$ mm.N⁻¹, $Bl = 6$ N.A⁻¹

Exercice 4. Caractérisation du facteur de force d'un haut-parleur

On considère un haut-parleur électrodynamique, dont la membrane a un rayon a et des paramètres mécaniques R_m , M et C_m . La bobine mobile du haut-parleur a une résistance électrique R_e et une inductance électrique L_e . On considèrera que le haut-parleur est utilisé en capteur et branché sur un oscilloscope d'impédance d'entrée très grande ($R_i = 1$ M Ω). On notera $U_s(t)$ la tension électrique mesurée sur l'oscilloscope.

A l'aide d'un pot vibrant (moteur électrodynamique), on peut exercer sur la membrane du haut-parleur une force sinusoïdale $F_e(t) = F_{e0}\sin(\omega t)$ à différentes fréquences. Le pot vibrant est ainsi considéré comme une source de force idéale. On règle le pot vibrant de manière à fournir une force d'amplitude (crête) $F_{e0} = 1$ N à toutes les fréquences.

1. Ecrire les 2 lois de comportement du haut-parleur utilisé en capteur (soumis à une force F_e et branché sur l'oscilloscope du côté électrique).
2. Dessiner le schéma du système, en considérant l'analogie inverse du côté mécanique et en représentant le moteur du haut-parleur par un transformateur. Le pot vibrant est un générateur idéal de force.
3. Calculer la fonction de transfert $H = \frac{U_s}{F_e}$.
4. A quelle fréquence la tension de sortie est-elle en phase avec la force F_e imposée par le pot vibrant ?
5. A cette fréquence, on observe sur l'oscilloscope une amplitude $U_{s,max} = 5$ V. Déduisez-en la valeur du facteur de force Bl .

Application numériques : $R_e = 8\Omega$, $L_e = 0.8$ mH, $R_m = 1.2$ kg.s.m⁻¹, $M = 20$ g, $C_m = 0.8$ mm.N⁻¹, $a = 10$ cm.