

Travaux dirigés de Physique

Parlons Haut Parleur

Exercice 1

Un haut-parleur est constitué d'un moteur relié à une membrane plane que l'on considérera comme un plan indéformable. Ce moteur génère un déplacement oscillant $u(t)$ de cette membrane, d'amplitude u_0 et de pulsation ω . On considérera la surface de la membrane comme nulle dans ce problème.

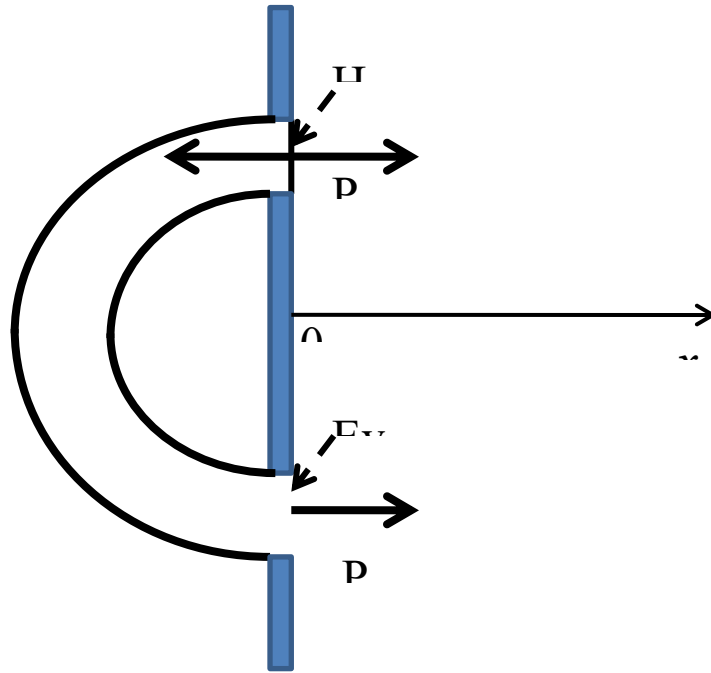
1. On considère dans un premier temps la propagation orientée selon la direction perpendiculaire à la surface. On choisit comme origine spatiale la position au repos de la membrane et on fixe l'origine du temps tel que $u(0)=0$. Exprimer l'équation temporelle de $u(t)$ en notation complexe. On rappelle que le déplacement est la partie réelle de cette expression.
2. Ce mouvement induit dans l'atmosphère deux ondes de surpression de même amplitude P_0 qui se propagent respectivement de chaque côté de la membrane et dans des directions opposées. Ecrire l'équation de chacune de ces ondes. On fixera l'origine de l'axe de propagation à la position de la membrane au repos.
3. Calculer la surpression totale $P(0,t)$ à l'origine.
4. Discuter ce résultat.

1^{ère} solution : l'enceinte acoustique

5. Pour éviter ce problème de « court-circuit acoustique », il importe d'empêcher la communication entre les deux ondes. On fixe alors le haut-parleur au centre d'une surface rigide de rayon R (Baffle). En supposant que l'air est un milieu isotrope et que la dépression générée par le haut-parleur, considéré comme source ponctuelle, se propage en onde sphérique sur une demi-sphère, calculer en fonction de k, ω et R le temps nécessaire à la perturbation pour atteindre la périphérie du baffle.
6. L'auditeur a besoin d'entendre une période complète pour identifier le son. Cependant, l'onde émise par la face avant du haut-parleur n'est plus perceptible dès que le court-circuit acoustique se produit. On suppose que ce dernier a lieu quand la dépression produite par l'onde arrière atteint la périphérie du baffle. Calculer la fréquence critique en-dessous de laquelle ce montage ne produit plus le son correctement.
A.N. $c=330$ m/s, $R=25$ cm
7. Que faut-il faire pour étendre le spectre du système vers les graves ?

2^{ème} solution : l'évent

8. Une autre solution consiste à installer un « évent ». On peut le représenter comme un tuyau coudé sur 180° récupérant la totalité de l'onde arrière pour la rediriger vers l'avant (vers les x croissants). Calculer la nouvelle équation de l'onde générée par la face arrière du haut-parleur si l'évent est un tuyau de longueur L dont la sortie est située dans le même plan que le haut-parleur.
9. Calculer la condition sur L pour que les deux ondes soient en phase.
10. Calculer la condition sur L pour que les deux ondes soient en opposition de phase
11. Quel est l'avantage et l'inconvénient de ce montage
12. Décrire le spectre d'efficacité d'un évent t.q. $L=1$ m.



Exercice 2

- On suppose l'amplitude de vibration constante. Calculer le rapport des vitesses maximum de déplacement de la membrane d'un haut-parleur quand elle produit un son de 40 Hz et un son de 20 KHz. Quelle est la valeur de ce déplacement quand la vitesse de la membrane est maximale ?
- Pour des raisons mécaniques, la masse des haut-parleurs (HP) reproduisant les fréquences élevées est donc plus faible que celle des haut-parleurs reproduisant les basses fréquences. On considère donc une enceinte acoustique comprenant deux HP, chacun adapté à la reproduction d'une partie du spectre de fréquence. Un dispositif électronique (passif) oriente le signal sur chaque haut-parleur avec une « fréquence de coupure » de 2,5 kHz ; les fréquences inférieures à 2,5 kHz sont donc orientées vers le HP de basses fréquences et celles supérieures à 2,5 kHz vers le second. Cependant, ce dispositif électronique induit une avance temporelle du haut-parleur de basses fréquences qui se traduit par un déphasage de $\pi/2$ à la fréquence de coupure. Poser l'équation de l'onde émise par chaque HP à 2,5 kHz.
- Comment peut-on corriger ce déphasage ? (A.N., $c = 330$ m/s)
- Quel est l'inconvénient de ce système ?

Exercice 3 directivité d'un haut-parleur

- Calculer la longueur d'onde d'un son de fréquence 100 Hz et 20 kHz ($c = 330$ m/s)
- On se propose d'évaluer l'évolution de la pression acoustique émise par un HP quand on s'écarte de l'axe perpendiculaire à la membrane. On se limite à un calcul simplifié et réduit à un espace bidimensionnel. Une membrane de diamètre L devient alors un segment de droite de largeur L . On considère l'onde émise par les deux extrémités de cette membrane (situées à $\pm L/2$). Calculer $P_M(r, \theta, t)$, la pression résultante en un point M , distant de r du centre de la membrane et dévié d'un angle θ de la direction perpendiculaire à cette membrane.
- Refaire le calcul en considérant l'ensemble des ondes émises par chaque point de la membrane
- On se place à r fixé. Comment évolue cette pression quand θ augmente ?
- On se place à r et θ fixés. Comment évolue cette pression quand la fréquence augmente ?

