

Haut-parleur électrodynamique

- ◇ Haut-parleur de récupération avec aimant collé et sans aimant,
- ◇ Écran avec papier millimétré.
- ◇ Compas

- Attention au laser : ne pas manipuler avec une surface réfléchissante comme une montre, des bracelets, des bagues, un portable, etc.
- Bien centrer les masses sur le haut-parleur, faire passer le laser sur un bord du miroir ou en dessous des masses.

Notions et contenus

Loi de Faraday

Courant induit par le déplacement relatif d'une boucle conductrice par rapport à un aimant ou un circuit inducteur. Sens du courant induit.

Capacités exigibles

Décrire, mettre en œuvre et interpréter des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday.

Le but de ce TP est de modéliser le comportement d'un haut-parleur. Pour cela, on étudie les déformations de la membrane, tout d'abord en régime statique, puis en régime libre. On étudie ensuite le comportement électrique d'un haut-parleur en fonction de la fréquence d'excitation.

1 Analyse mécanique (1h)

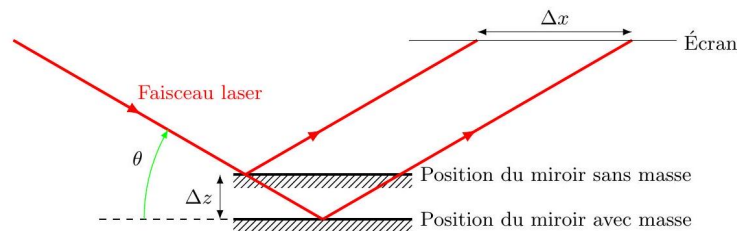
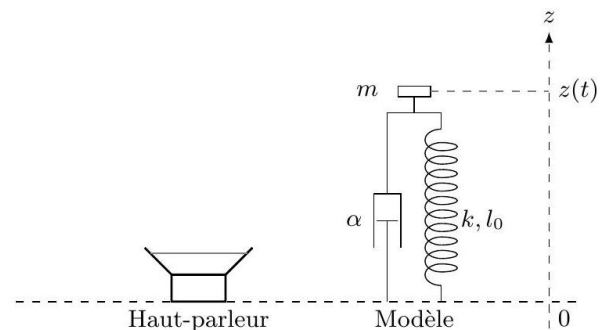
1.1 Modélisation mécanique du haut parleur

Le haut-parleur est destiné à créer des variations de pression par déplacement mécanique d'une membrane afin de transmettre une onde sonore. La membrane est solidaire d'une bobine placée dans un champ magnétique constant. Un courant, proportionnel au signal à émettre, traverse la bobine qui se déplace en entraînant la membrane.

D'un point de vue mécanique, le haut-parleur est un système oscillant que nous modéliserons par une masse m reliée à un ressort de raideur k et de longueur à vide l_0 . Les frottements de l'air sont décrits par une force de frottement fluide : on note α son coefficient. En circuit ouvert, il n'y a pas de terme supplémentaire traduisant le couplage électro-mécanique.

En ajoutant une masse supplémentaire M sur la membrane du haut parleur débranché, on constate un déplacement Δz de la membrane. La membrane se comportant comme un ressort de raideur k , on peut écrire $Mg = k\Delta z$.

La détermination de k se fait alors par des mesures de déplacements de la membrane en connaissant la masse ajoutée. Les déplacements Δz sont très faibles (pour $M = 50 \text{ g}$, $\Delta z < 1 \text{ mm}$). On utilise donc le dispositif optique ci-contre qui permet de visualiser le déplacement. On mesure le déplacement Δx du faisceau laser dans un plan horizontal lorsque l'on ajoute sur le haut-parleur la masse M .



1.2 Travail préparatoire

Répondre directement ci-dessous au point suivants :

- Par des considérations géométriques, montrer que $\Delta x = 2\Delta z / \tan \theta$.
- En déduire que ce dispositif permet entre autre d'amplifier le déplacement en choisissant un angle θ faible.
- En déduire la loi $\Delta x = f(M)$. Attention de ne pas confondre Δx et Δz .

1.3 Mise en oeuvre expérimentale

Réaliser le dispositif expérimental précédent en respectant les étapes suivantes :

- Placer le haut parleur sur lequel un miroir a été fixé sur deux boys, en vérifier l'horizontalité.
- Allumer le laser et l'orienter de manière à ce que la lumière incidente frappe le miroir en faisant un angle θ voisin de 10° (valeur à relever à l'aide du rapporteur).
- Placer horizontalement un écran muni de papier millimétré sur le trajet de la lumière réfléchi et repérer la position du faisceau.
- Placer sur le miroir une masse M (on fera attention de placer cette masse de manière la plus centrale possible pour ne pas déséquilibrer le dispositif). Relever Δx sur l'écran.
- Oter la masse et vérifier que le faisceau reprend bien sa position initiale.

À l'aide d'une série de mesure, déterminer la valeur de k . Déterminer les sources d'incertitude et en donner une estimation.

1.4 Étude des oscillations libres, détermination des autres paramètre

En laissant tomber une bille sur la membrane, lors du choc, la bille impose une vitesse v_0 à la membrane et on étudie sa réponse en régime libre en relevant la tension induite U aux bornes de la bobine. On peut montrer que $U = -vBl$, où v est la vitesse de déplacement de l'ensemble mobile, l la longueur du fil de la bobine et B le champ magnétique. Ainsi la tension U mesurée sera une image de la vitesse du haut-parleur.



Répondre ci-dessous aux points suivants :

- Quel est le régime de l'oscillateur dans ces conditions ?
- Proposer une méthode pour déterminer la masse m et le coefficient d'amortissement α à partir d'un relevé expérimental.
- Mettre en œuvre votre méthode et proposer une valeur de α . Comparer votre résultats avec les autres groupes et expliquer les origines probables des différences constatées.

- On rappelle que ce type d'oscillateur vérifie l'équation $m\ddot{z} + \alpha\dot{z} + kz = kz_e$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ et $Q = \frac{\sqrt{km}}{\alpha}$.
- Le temps caractéristique d'amortissement T_a d'un tel dispositif ainsi que la pseudo-pulsation Ω peuvent permettre d'exprimer les coefficients α et m recherchés par

$$m = \frac{kT_a^2}{1 + (\Omega T_a)^2}; \alpha = \frac{2kT_a}{1 + (\Omega T_a)^2}$$

- Un régime pseudo-périodique peut être décrit par une fonction sinusoïdale amortie de la forme $e^{-t/T_a} \sin(\Omega t + \phi)$.

Déclenchement LatisPro

On peut choisir un déclenchement sur une source de son choix ainsi que la valeur du niveau de déclenchement. C'est à dire que l'acquisition débutera quand le signal reçu par la source passe par la valeur sélectionnée. De plus il est possible de déclencher sur le front montant (signal croissant) ou sur le front descendant (signal décroissant). Utilisez les paramètres suivants :

- Temps d'acquisition total 100 ms
- Seuil 10mV.
- Pré-Trig 25%, ce paramètre permet de récupérer une partie du signal avant le déclenchement de l'acquisition.

2 Analyse électrique (1h)

Modélisation électrique du haut parleur

La bobine possède une résistance R et une inductance L . Lorsqu'elle est traversée par un courant i , une force de Laplace $F_L = Bli$ s'exerce sur la bobine. Celle-ci est mise en mouvement et se déplace dans un champ magnétique constant. Il se produit alors un phénomène d'induction et la bobine est le siège d'une force électromotrice $e = -Blv$. L'équation électrique du haut-parleur, soumis à une tension u , s'écrit donc :

$$u - Blv = Ri + L \frac{di}{dt}$$

En régime sinusoïdal forcé, l'utilisation de l'équation mécanique pour exprimer v conduit à l'expression de l'impédance \underline{Z} du haut-parleur :

$$\underline{Z} = R + jL\omega + \frac{(Bl)^2}{\alpha + j(m\omega - \frac{k}{\omega})}$$

Le deuxième terme traduit le couplage électro-mécanique et est appelé "impédance motionnelle". Le produit Bl est la constante de couplage électro-mécanique du haut-parleur.

L'étude du haut-parleur se fera en régime sinusoïdal forcé. Le haut-parleur étudié ne sera pas forcément le même que celui étudié mécaniquement. Les valeurs de l'amortissement sont du même ordre de grandeur mais n'ont pas de raison d'être identiques.

Mesures :

- Mesurer la résistance R du haut-parleur.
- Connecter le haut parleur (sans miroir) au GBF et à une résistance R_1 de quelques centaines d'Ohms.
- Relier le GBF et les bornes du haut-parleur à l'oscilloscope (on note U_m l'amplitude de la tension $u(t)$ aux bornes du hautparleur).
- Choisir R_1 pour que $R_1 \gg |Z|$. Dans ce cas, $U_m \propto |Z|$
- Analyser qualitativement l'évolution de U_m avec la fréquence. Commenter.
- Mesurer U_m pour différentes valeurs de la fréquence f du GBF judicieusement choisies et noter les valeurs dans un tableau sous Régressi.

Exploitation :

- Faire un schéma du montage.
- Montrer que si $R_1 \gg |Z|$, alors $U_m = \frac{|Z|}{R_1} e_m$ avec e_m l'amplitude de la tension délivrée par le générateur.
- Tracer $|Z|$ en fonction de f . Analyser en particulier le comportement électrique du haut-parleur en basses fréquences et en hautes fréquences.
- En déduire la fréquence de résonance électrique f_0 du haut-parleur. Comparer avec la valeur théorique en utilisant les résultats précédents.
- Vérifier que la méthode de mesure est correcte en comparant R_1 et Z_{\max} .

Nom :

Prénom :

 S'approprier  Analyser/Raisonner  Réaliser  Valider  Communiquer

Note :