

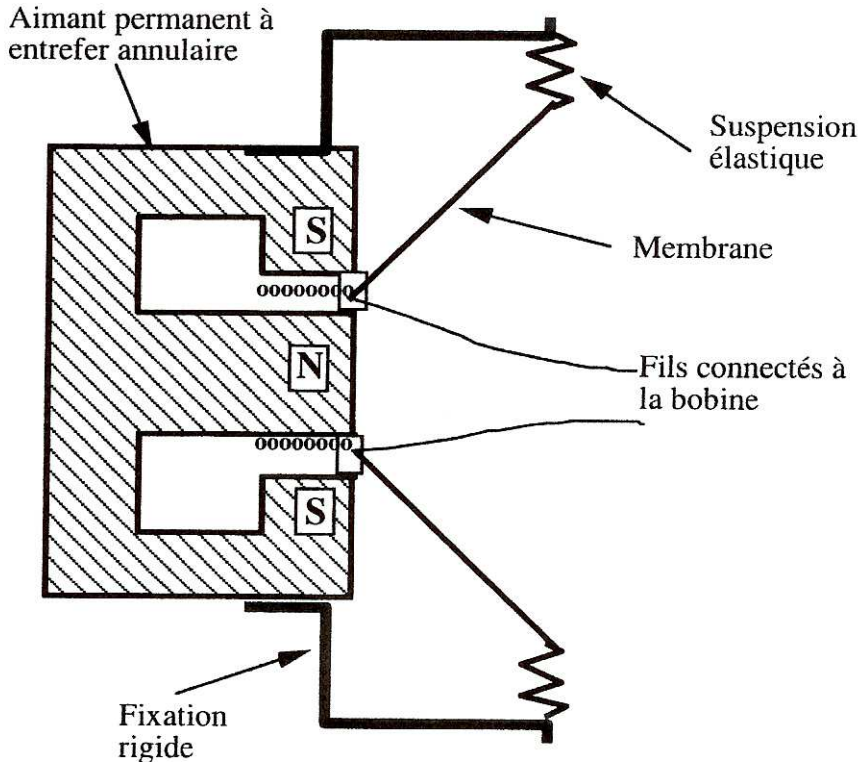
TP DE VIBRATIONS - TP n°4

Etude du Haut Parleur Electrodynamique

Le but de la manipulation est la modélisation et la mesure des différents paramètres du H-P.

0 - Généralités :

Vu de profil, un haut-parleur est ainsi constitué :



Le Haut-parleur est un oscillateur électrodynamique qui transforme une vibration électrique en vibration mécanique : il y a couplage hybride entre un système mécanique et un système électrique. Il y a formation d'une onde acoustique.

Le système est constitué de trois parties : une partie magnétique centrale (une bobine), une partie électrique (circuit RLC) et enfin une partie mécanique (système oscillant).

L'équipage mobile (bobine + membrane) est rappelé par une suspension de raideur k . Cet équipage se déplace en translation.

La force de Laplace qui s'exerce sur la bobine est $B.l \times I$. Lorsqu'elle se déplace à la vitesse v , elle est le siège d'une fem induite donnée par la loi de Lenz : $e = -Blv = -Bl \frac{dx}{dt}$

Equation du mouvement :

Appliquons une tension E aux bornes de la bobine mobile, il vient :

$$E = R_e I + L \frac{dI}{dt} + Bl \frac{dx}{dt} \text{ et } M \frac{d^2 x}{dt^2} + f \frac{dx}{dt} + kx = Bl.I$$

En régime sinusoïdal, on a x s'élimine, il vient :

$$Z = \frac{E}{I} = R_e + jL\omega + \frac{(Bl)^2}{f + j\left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)} = Z_e + Z_m$$

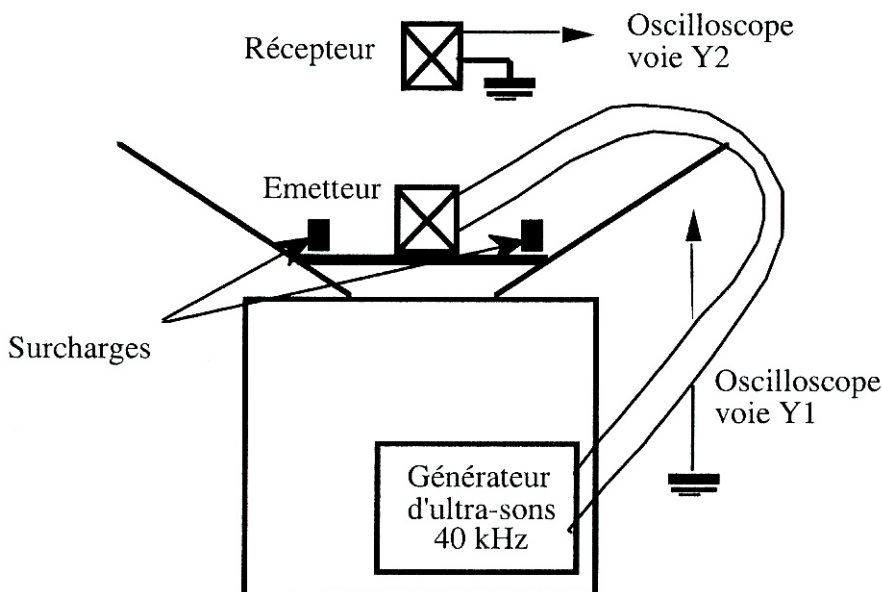
Z_e est l'impédance électrique et Z_m est l'impédance motionnelle, impédance cinétique due aux couplages.

A basse fréquence, c'est l'impédance motionnelle qui prédomine tandis qu'à haute fréquence, c'est l'impédance électrique qui prédomine.

1 - Mesure de la raideur k :

La mesure de k nécessitant la mesure précise du déplacement de la bobine, on place sur le diaphragme du haut parleur un émetteur d'ultrasons. Le récepteur est placé au-dessus de l'émetteur.

Le schéma du montage est le suivant :



Le haut parleur satisfait à l'équation $\mu g - kx = 0$ (1), où μ est la masse placée sur le haut parleur, g la constante de gravité, k la raideur du ressort et x le déplacement de la bobine. Le déphasage est donné par : $\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 2\pi \frac{x}{\lambda}$ où $\lambda = cT = 8,50$ mm on obtient ainsi $x = \lambda \frac{\Delta t}{T}$ (2)

De (1) et (2), on tire : $k = \frac{\mu g}{x} = \frac{\mu g T}{\lambda \Delta t}$. On mesure k sans avoir besoin de calculer le déphasage entre les signaux émis et reçus.

Application numérique : pour $\mu = 200$ g, $\Delta t = 3,2\mu$ s, on obtient $k = 1875$

2 - Mesure du produit Bl :

Le principe de la manipulation est d'appliquer sur la bobine une masse m , et de mesurer le courant nécessaire qu'il faut injecter dans la bobine, via un générateur de courant continu, pour que celle-ci revienne à sa position initiale.

D'après l'équation vérifiée par la membrane $\mu g - Bli = 0$, on tire $Bl = \frac{\mu g}{i}$

Il est préférable d'utiliser un voltmètre branché aux bornes de la résistance afin de mesurer l'intensité qui traverse le circuit, dans un souci de précision des mesures.

De plus il est préférable de faire la mesure avec plusieurs masses. Il faut également soustraire le courant résiduel (lorsque aucun courant n'est débité).

Pour 100g : $I = 209$ mA

Pour 150g : $I = 364$ mA

Pour 200g : $I = 502$ mA

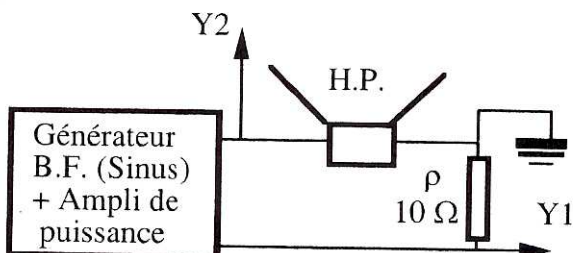
Les différentes mesures du produit Bl sont les suivantes : 4,7 ; 4,08 ; 3,9

Il est préférable d'utiliser des masses relativement importantes. Le produit Bl vaut environ 4.

3 - Mesure de l'impédance électrique Z_e :

Pour effectuer cette mesure, il faut utiliser un haut parleur bloqué (dont la membrane ne bouge plus). On alimente le haut parleur avec une fréquence élevée (2 kHz),

On réalise le circuit suivant :



On visualise à l'oscillo la tension aux bornes de la résistance (et donc l'intensité qui traverse le circuit) ainsi que la tension aux bornes du H.P. bloqué. Le H-P étant bloqué, l'impédance présentée par celui-ci devient $Z = Z_e$, avec $|Z_e| = \sqrt{R_e^2 + L^2\omega^2}$ et $\varphi = \text{Arctg} \frac{L\omega}{R_e}$

A l'oscillo, on mesure V_{Y1} , V_{Y2} et φ : les valeurs sont $V_{Y1} = 0,6V$, $V_{Y2} = 0,56V$ et $\varphi = 26^\circ$.

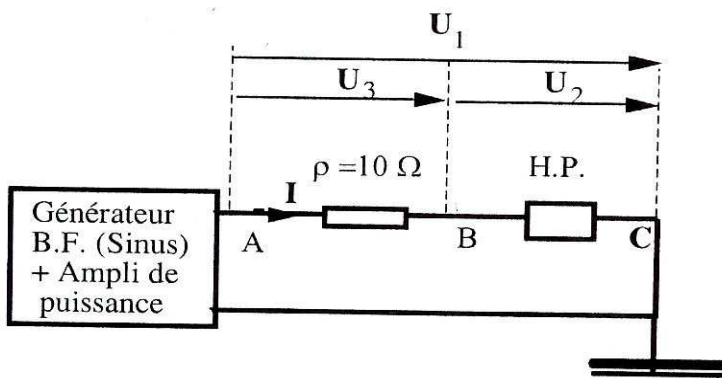
On calcule Z_e : $Z_e = \frac{V_{Y1} \times \rho}{V_{Y2}}$ Soit : $Z_e = \frac{0,6 \times 10}{0,56} = 9,3\Omega$

Puis $R_e = \frac{Z_e}{\sqrt{1 + \text{tg}^2\varphi}}$ Soit : $R_e = \frac{9,3}{\sqrt{1 + (\text{tg}26)^2}} = 8,36\Omega$

Enfin $L = \frac{r_e \times \text{tg}\varphi}{\omega} = \frac{\sqrt{Z_e^2 - R_e^2}}{\omega}$ Soit : $L = \frac{\sqrt{9,3^2 - 8,36^2}}{2\pi \times 2.10^3} = 0,32\text{mH}$

3 - Etude du H-P en fonctionnement :

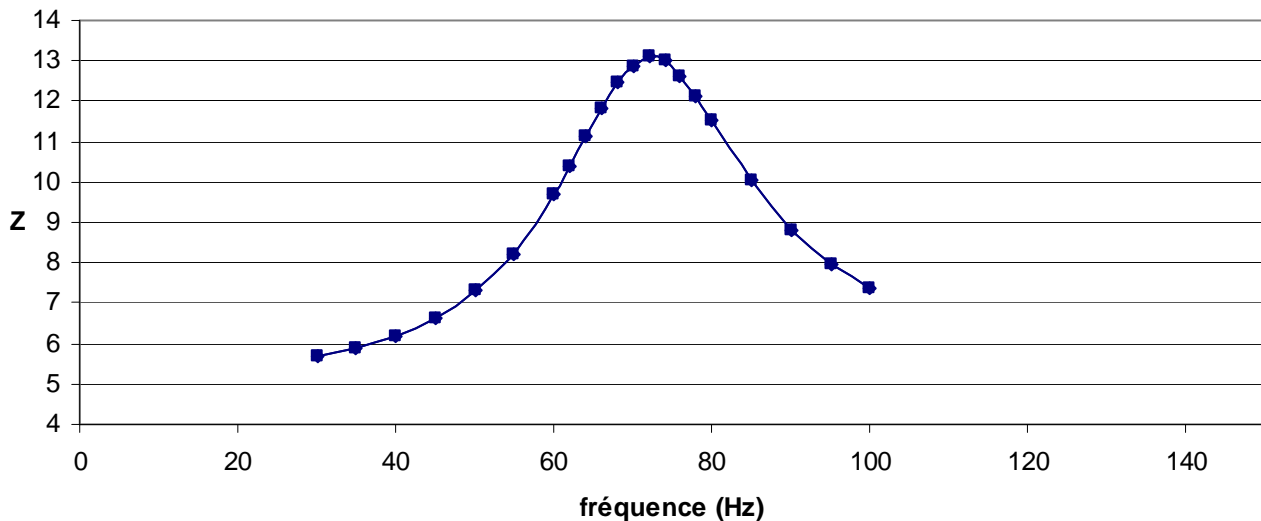
On réalise le circuit suivant :



L'impédance du haut-parleur est donnée par $Z = \frac{U_2}{I}$ Or $|U_3| = \rho I$

On obtient donc : $|Z| = \rho \frac{U_2}{U_3}$

On va pouvoir ainsi calculer le module de Z , en mesurant (grâce au voltmètre, dans un souci de précision) les valeurs des tensions aux bornes de la résistance et du H-P. Le module de Z en fonction de la fréquence est représenté ci-dessous :



Z, impédance du circuit, est donné par :
$$Z = \frac{E}{I} = R_e + jL\omega + \frac{(Bl)^2}{f + j\left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)} = Z_e + Z_m$$

Il est aisé de calculer (théoriquement) la valeur de la pulsation pour laquelle on aura une impédance maximale, à basse fréquence.

La pulsation de coupure est telle que : $m\omega - \frac{k}{\omega} = 0$ soit : $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$k = 1875 \text{ (Q}^2\text{)}$

$m = 13\text{g}$

D'où : $\omega = \sqrt{\frac{1875}{0,013}} = 380 \text{ rad/s}$, ce qui correspond à une fréquence de coupure $f = \frac{\omega}{2\pi} = 60\text{Hz}$

Cette valeur correspond bien (aux erreurs de mesure près) à la valeur expérimentale.

On peut ainsi définir la bande passante de ce H-P : la bande passante est l'intervalle de fréquence pour lequel $Z > \frac{Z_{\max}}{\sqrt{2}}$ c'est-à-dire $Z > 9,2$.

Par lecture graphique, on trouve que la bande passante de ce H-P est l'intervalle **[60 Hz - 90 Hz]**