

A propos du haut-parleur en classe de Seconde

par J.-C. PIVOT

Lycée Le Castel - 21000 Dijon

L'étude de la force électromagnétique s'exerçant sur la bobine d'un haut-parleur qui aboutit à $F = kI$ ne fait que vérifier une partie de la loi de Laplace lorsque la membrane du haut-parleur est dans sa position de repos.

La «formule» ne donne aucun renseignement sur le déplacement de la membrane pendant le fonctionnement normal du haut-parleur.

Il me semble absolument impératif de montrer expérimentalement - au moins pour de très basses fréquences - que la membrane effectue un mouvement alternatif de même nature que le courant qui circule dans sa bobine (condition nécessaire pour respecter une oreille musicale).

Qualitativement cette vérification est assez facile à réaliser à l'aide du montage ci-dessous si on ne veut pas sacrifier le haut-parleur à ce seul usage.

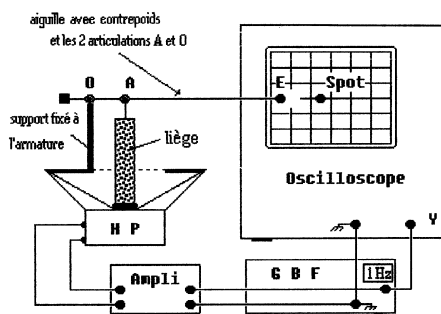


Figure 1 : l'amplificateur utilisé est celui qui est intégré dans le générateur de fonction BF - TBF de chez Matelco. Celui-ci conserve quelques qualités à une fréquence aussi basse dans la mesure où il est peu sollicité.

La plupart des amplificateurs ne sont acceptables qu'à partir de 20-25 Hz. En dessous de ces fréquences, la tension de sortie en charge est en créneaux ce qui est catastrophique pour le haut-parleur. Il produit alors une succession de «clocs» (à 2 Hz) d'une part et sa bobine risque de chauffer dangereusement d'autre part.

Un appel est lancé pour le schéma d'un amplificateur TBF de complexité raisonnable.

Un bouchon de liège auquel on a collé une rondelle de caoutchouc assez épaisse pour épouser le cône central est simplement posé au fond d'un haut-parleur récent qui autorise un débattement assez important. Il est relié par une articulation A à une aiguille articulée au point fixe O commodément lié à l'armature du haut-parleur. La présence d'un contrepoids laisse la membrane dans une position quasi neutre pour un courant nul.

La tension de sortie du GBF est visualisée à l'oscilloscope (spot S sans balayage) d'une part et est amplifiée d'autre part pour que la membrane du haut-parleur soit de quelques millimètres. Avec un peu de soin dans la réalisation, l'extrémité E de l'aiguille peut osciller avec une amplitude de 2 cm environ avec OA de l'ordre du centimètre et OE d'une vingtaine de centimètres.

Pour des raisons mécaniques évidentes et pour éviter toute illusion d'optique on choisira une fréquence de 1 Hz (ou un peu moins encore si le matériel le permet).

En jouant astucieusement sur la sensibilité de l'oscilloscope, sur le niveau de sortie du GBF et sur le gain de l'amplificateur, on peut amener l'extrémité E et le spot pour l'occasion très lumineux à être en exacte concordance de mouvement.

Après l'effet hypnotique certain de l'observation on peut alors demander les applications possibles (au moins théoriques) d'un haut-parleur ainsi équipé :

– si l'extrémité de l'aiguille se déplace devant une graduation (figure 2),

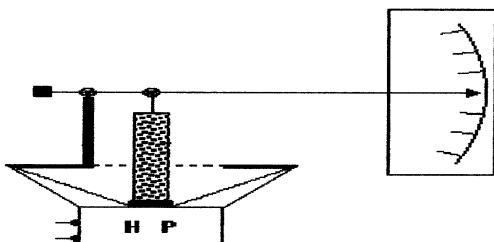


Figure 2

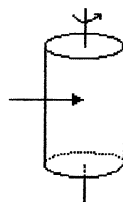


Figure 3

– lorsque l'extrémité de l'aiguille inscrit son mouvement sur un tambour tournant (figure 3) ou bien lorsque l'aiguille est équipée d'un

stylet vertical capable de graver sa position dans une galette (ou un cylindre) de cire molle en rotation uniforme adéquate (figure 4).



Figure 4

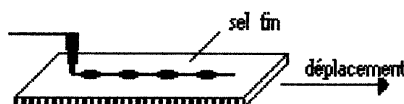


Figure 5

L'expérience d'enregistrement a été réalisée avec une pointe conique assez grosse (3 mm de diamètre) reposant sur du sel fin très sec. L'amplitude est réduite de l'ordre du millimètre en conservant la fréquence de 1 Hz, le déplacement se fait manuellement en glissant le support régulièrement dans la direction de l'aiguille (figure 5).

Bien que modeste, cette manipulation a engendré de l'intérêt car le sillon n'avait apparemment pas l'allure attendue. Si la représentation en coupe de sillon est simple, celle vue de dessus l'est moins ; l'examen des sillons d'un disque 45 tours stéréo au microscope confirmait la complexité de la gravure.

La tentation est grande alors de montrer que si l'on agite maintenant l'aiguille (le stylet) d'un mouvement alternatif créé par une came (ou le sillon gravé dans la cire durcie) la tension aux bornes du haut-parleur restitue une tension «identique» au mouvement de la membrane. Ce peut être l'occasion de retourner aux origines (gramophone) au CDI.

Aux questions : L'action d'une force constante sur la membrane engendre-t-elle un courant ?

A-t-on :

$$I = F/k ?$$

après quelques instants de réflexion, la réponse générale est heureusement non, le bon sens a eu raison de la formule.

Pour pouvoir observer la tension induite dans la bobine à l'oscilloscope ou mieux à l'ordinateur il convient d'entretenir un mouvement alternatif de la membrane assez rapide et donc de faible amplitude.

La première solution envisagée est réalisée avec un petit moteur sur l'axe duquel on a adapté une fiche banane qui se trouve légèrement excentrée. Celle-ci tourne dans un trou pratiqué dans une pièce solidaire de la membrane (capsule collée au fond du haut-parleur avec un écrou central qui permet de changer le dispositif à volonté pour réaliser les expériences suivantes et évidemment celle de la figure 1).

La transformation d'un mouvement circulaire en mouvement rectiligne alternatif n'est apparemment pas connue des élèves.

La réalisation pratique sommaire (figure 6) donne des résultats assez médiocres, les frottements engendrent des bruits parasites mais on constate que la valeur maximale de la tension induite augmente avec la fréquence de rotation du moteur. L'observation du système par un stroboscope étalonné confirme la mesure de la période à l'oscilloscope ou à l'ordinateur.

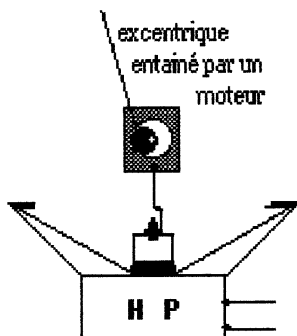


Figure 6

La meilleure solution pour la qualité de la tension est de réemployer l'acquit du début de l'étude du HP : l'électroaimant de nos traditionnels vibreurs (220 V) est placé à proximité (1 cm) d'un petit aimant récupéré d'un mini-écouteur bon marché (figure 7). La tension est alors bien sinusoïdale, à 50 Hz et son amplitude augmente lorsqu'on diminue la distance aimant-électroaimant.

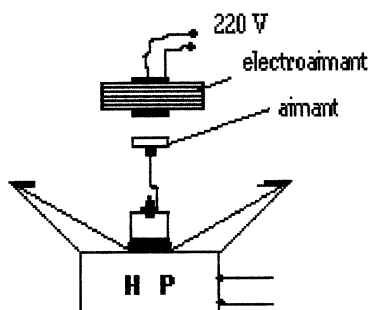


Figure 7

Cette présentation du principe de l'enregistrement et de la lecture analogique des disques «vinyles», ainsi que l'approche du microphone électrodynamique provoque une demande d'explication quant au fonctionnement des minicassettes et évidemment des compacts disques «laser» (voir article suivant).

L'attitude encourageante de la part d'une classe que l'on peut qualifier pudiquement d'hétérogène est à mettre au crédit des auteurs inspirés des nouveaux programmes de physique en Seconde.