

Modélisation du haut-parleur électrodynamique

Nouveaux programmes de seconde

par Guy CATROUX

Lycée Le Mans-Sud - 128, rue Henri Champion
72000 Le Mans

PRÉSENTATION

Le but de cet article est de montrer la réalisation simple de deux maquettes expliquant le fonctionnement d'un haut-parleur électrodynamique à bobine :

- une maquette pour les expériences de cours,
- une maquette réalisable par chaque groupe d'élèves en travaux pratiques.

Ces maquettes utilisent le matériel disponible dans tout laboratoire.

LE HAUT-PARLEUR DU COMMERCE (Figure 1)

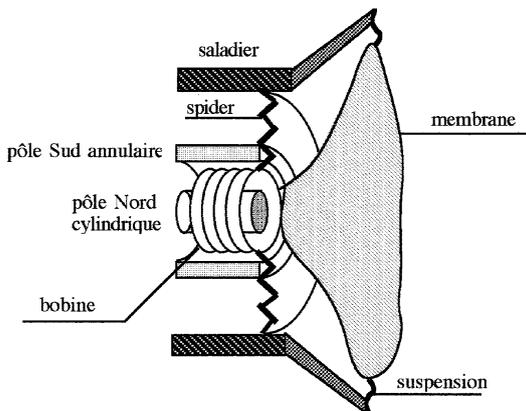


Figure 1

1 - Des pièces polaires (ou un aimant convenablement façonné) créent un champ magnétique radial de valeur constante B en Tesla :

Expérience 1 : Découper et poser une feuille transparente sur l'aimant circulaire d'un H.P. démonté et saupoudrer de limaille de fer. Observer les lignes de champ.

2 - La bobine circulaire subit les forces de rappel du spider qui sert de guidage dans l'entrefer de l'aimant. Le solide de référence est l'enveloppe métallique sur laquelle est attaché le spider : c'est le saladier.

Expérience 2 : Localiser le spider sur un haut-parleur non alimenté. Appuyer doucement sur la membrane et constater le guidage et le rappel à la position d'équilibre initial.

3 - En alimentant la bobine, la force de Laplace est responsable du déplacement de l'équipage mobile : bobine + membrane elle-même guidée et amortie par des suspensions. La membrane doit être rigide et légère (papier, carton, kevlar, ...). Elle augmente le rayonnement acoustique du H.P.

Expérience 3 : Alimenter avec une pile de 4,5 V puis inverser. Constater alors le changement de sens du déplacement de l'équipage mobile. Brancher ensuite un générateur de signaux sinusoïdaux (éviter le carré) à très basse fréquence (de 1 à 10 Hz) et ajouter deux DEL montées tête-bêche pour confirmer l'adéquation entre le mouvement de la membrane et le signe de la tension alternative. Ces vibrations ne deviennent audibles que pour une fréquence supérieure à environ 20 Hz.

MAQUETTE DE COURS (Figure 2)

1 - Construire un champ radial avec des aimants en U ou des aimants droits montés tête-bêche disposés circulairement :

Expérience : Visualiser les lignes de champ avec de la limaille de fer saupoudrée sur une plaque de Plexiglas^R ou avec des magnétomètres (petites boussoles).

2 - Fabriquer une bobine circulaire passant dans l'entrefer des aimants. Le guidage de la bobine est assuré par des élastiques («spider») qui la relie à une armature circulaire («saladier») fabriquée ou achetée (une armature d'abat-jour convient).

3 - Fixer le cercle (saladier) et alimenter la bobine. Les forces de Laplace sont à l'œuvre :

Expérience : Vérifier l'inversion du déplacement avec le sens du courant et l'émission d'un son (à 1000 Hz par ex.). Le modèle est bien un transducteur électro-acoustique.

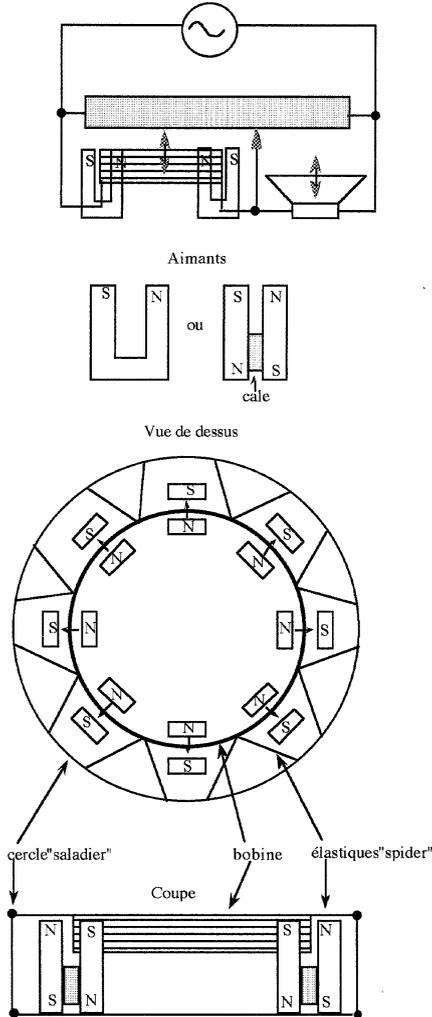


Figure 2

4 - Comparer le modèle avec un haut-parleur :

Expérience : Alimenter la maquette de cours et un haut-parleur par un montage potentiométrique. En très basse fréquence ($N \approx 1$ Hz), on peut suivre les mouvements conjoints de la membrane du H.P. et de la bobine de la maquette.

MAQUETTE DE T.P.

1 - On réalise le champ radial avec un seul aimant : c'est possible avec un aimant droit muni de pièces polaires cylindriques (boîtes de fer blanc) (figure 3).

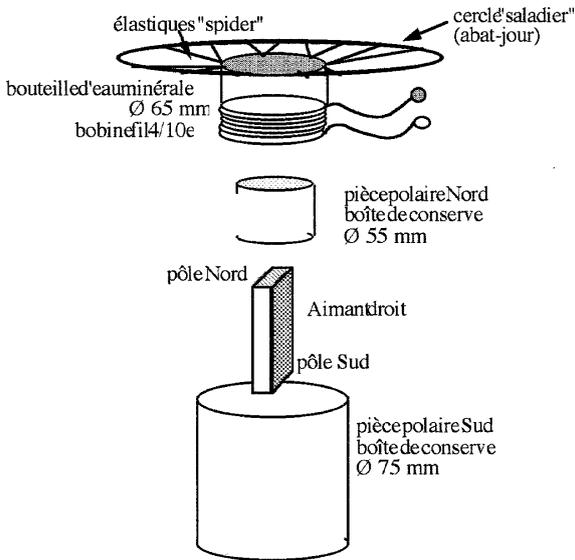


Figure 3

2 - La bobine confectionnée devra se déplacer dans l'entrefer annulaire des pièces polaires. Le spider est constitué d'un fil élastique reliant la bobine à une armature circulaire (saladier) fabriquée ou achetée (armature d'abat-jour).

3 - Il ne reste plus qu'à essayer ce modèle de haut-parleur sans membrane.

PROTOCOLE PROPOSÉ

1 - Positionner l'aimant droit, pôle Sud en bas, au centre de la boîte en fer de plus grand diamètre : elle constitue une pièce polaire Sud. Le vérifier en approchant un magnétomètre (boussole) tout autour.

2 - Coiffer alors fermement le pôle Nord avec la boîte de plus faible diamètre : un champ radial est créé. Le vérifier en posant sur le tout, une plaque transparente supportant des magnétomètres.

3 - Vérifier l'inversion du sens de déplacement de la bobine avec celle du signe de la tension appliquée (pile de 4,5 V).

4 - Choisir une fréquence telle que l'on observe les oscillations de la bobine et tenir fermement le cercle, bobine dans l'entrefer : sentir les forces de Laplace en action.

5 - Alimenter la bobine avec une tension alternative sinusoïdale de fréquence 1000 Hz et plongez-là dans l'entrefer annulaire aménagé par les pièces polaires en tenant le cercle rigider (saladier). Conclure. Enfin, faire varier la fréquence et lui associer la hauteur du son (aigu, médium, grave).

CONCLUSIONS

D'un coût très faible, ces maquettes sont très didactiques pour la compréhension du fonctionnement d'un haut-parleur.

La construction par l'élève d'un système transformant une tension variable en son peut déboucher sur la mesure de l'intensité des forces de Laplace : la bobine doit être alimentée par des fils souples et suspendue à un dynamomètre. En déduisant le poids de la bobine, la relation $F = K \times I$ est simple à établir avec un générateur de courant comme les alimentations ELC.

MATÉRIEL

Pour le modèle de cours :

- 1 générateur basse fréquence (possibilité < 1 Hz),
- 1 haut-parleur en bon état et 1 autre démonté,
- 1 bobine, un cercle rigide (abat-jour) et des élastiques,

– 6 aimants en U ou 12 aimants droits et 6 cales en acier doux (1 cm d'épaisseur).

Matériel pour chaque groupe (binôme) de T.P. :

- 1 aimant droit,
- 2 boîtes en fer blanc de diamètres différents (par exemple 45 mm et 75 mm). Ces boîtes seront ébavurées et, éventuellement, recouverte d'une toile adhésive pour l'esthétique et la reconnaissance des pôles,
- 1 bobine fabriquée avec du fil de $4/10^e$ mm, un cercle rigide et des élastiques,
- 1 pile de 4,5 V,
- 1 générateur basse fréquence.