

Lois de l'induction

I. INTRODUCTION.

On se propose dans cette manipulation d'illustrer la loi de MAXWELL-FARADAY :

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d}{dt} (BS \cos \alpha)$$

Pour obtenir une force électromotrice induite aux bornes d'une bobine de surface S , il faut que, soit B , soit α dépendent du temps. Dans le cas particulier d'une variation sinusoïdale en fonction du temps, on peut avoir :

a) $\alpha = \omega t$, B constant.

$$e = B \omega S \sin \omega t = V_m \sin \omega t$$

où : $V_m = B \omega S$

b) α constant, $B = B_m \cos \omega t$.

$$e' = B_m \omega' S \cos \alpha \sin \omega' t = V'_m \sin \omega' t$$

où : $V'_m = B_m \omega' S \cos \alpha$.

II. APPAREILLAGE.

II.1. Schéma.

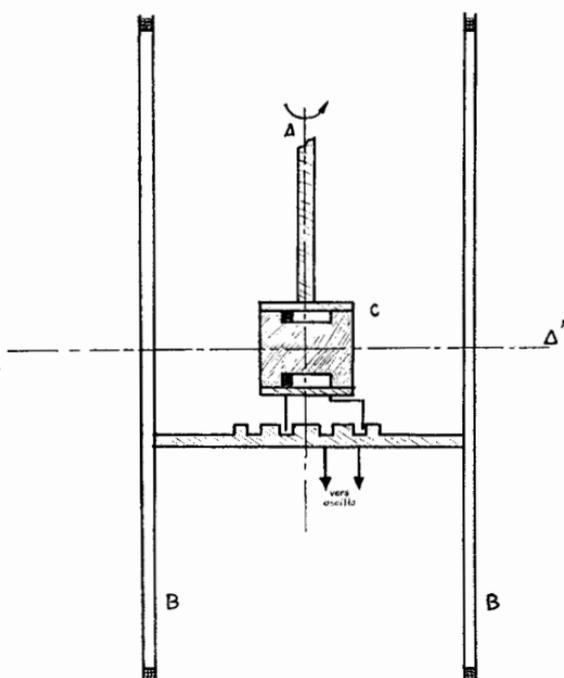
Les deux bobines B placées en position de HELMOLTZ, alimentées en courant continu ou alternatif, produisent dans les deux cas un champ d'induction magnétique instantané B , pratiquement constant au voisinage du centre où est placée la bobine réceptrice C .

La bobine C peut tourner autour de l'axe (Δ) perpendiculaire à celui des bobines. Les deux bornes de C sont soudées à deux fils rigides dont les extrémités plongent dans du mercure contenu dans deux gorges concentriques d'axe (Δ) . On visualise au moyen d'un oscilloscope connecté aux bornes de C la force électromotrice e induite.

II.2. Caractéristiques et performances.

II.2.1. Alimentation des bobines B en courant continu.

Les bobines B sont constituées de 71 spires (n) de rayon moyen (R) 192 mm (fil de diamètre 0,9 mm) et donnent pour un



courant continu $I = 2$ A une induction magnétique $B = 6,64 \cdot 10^{-4}$ Tesla au voisinage du centre. La bobine réceptrice, de longueur 30 mm est constituée de 15 000 spires (N spires en fil de diamètre 0,1 mm) dont le rayon (r) varie entre 15 (r_0) et 22,5 mm (r_1). La quantité $\overline{N\pi r^2}$ (S) est de 16,8 m² environ (*).

Dans ces conditions, la valeur théorique de V_m est de 350 mV pour une vitesse de rotation de la bobine C égale à 5 tours par seconde (mesure à l'aide des figures de LISSAJOUS). La vérification expérimentale a été obtenue à 5 % près.

II.2.2. Alimentation des bobines B en courant alternatif.

Aux bornes de la bobine C et pour $\alpha = 0^\circ$ (flux maximal), V_m théorique est à 50 Hertz de 5 Volt pour une intensité efficace de 2 Ampères.

II.3. Remarques concernant la mise au point.

II.3.1. Régularité de la rotation de C.

Le support de la bobine C est taillé dans un cylindre de laiton d'axe (Δ) pour diminuer les vibrations.

II.3.2. *Elimination des parasites.*

Pour obtenir une visualisation sans parasite sur l'oscilloscope, nous avons dû :

- mettre l'ensemble à la masse ;
- éloigner le moteur d'entraînement de la bobine C (2 m) ;
- shunter la bobine C par une capacité pour éliminer les parasites dus au secteur (une correction des résultats est alors nécessaire).

II.3.3. *Influence du champ terrestre.*

Dans notre cas, la composante horizontale du champ terrestre B_H n'est pas négligeable devant B (le dixième environ) ; on a disposé l'axe des bobines B dans la direction Nord-Sud afin de conserver sinusoïdale la force électromotrice induite e . La demi-somme des mesures de V_m obtenues pour les deux sens de parcours du courant dans les bobines B donne la valeur de V_m corrigée de l'influence du champ terrestre.

III. MANIPULATION.

Etude des bobines de HELMOLTZ.

Vérification des lois de l'induction (variations possibles des paramètres I , ω et $\cos \alpha$).

Mesure approchée de la composante horizontale du champ terrestre. Cette mesure peut se faire directement en l'absence de courant dans les bobines B, ou par différence en inversant le sens du courant dans les bobines B.

IV. CONCLUSION.

Lors de cette manipulation, l'étudiant prend conscience de l'importance de facteurs exogènes (champ terrestre, parasites) habituellement peu observables. Son intérêt est renforcé par la possibilité qu'il a de vérifier avec une bonne précision par les calculs théoriques tous ses résultats expérimentaux.

A. RICHARD, *Maitre-Assistant*,

L. VAUGIN, *Assistant*,

*Laboratoires de Travaux Pratiques
de Physique de P.C. II.*

Faculté des Sciences, Rabat (Maroc).

* APPENDICE : Calcul de la surface totale de la bobine (S).

Un bobinage de n couches de n' spires de rayons r_i variant

de r_0 à r_1 est équivalent au bobinage de $N = nn'$ couches de une spire dont les rayons varient dans les mêmes limites.

$$S = \sum_{r_i = r_0}^{r_i = r_1} \pi r_i^2$$

Posons :

$$\varepsilon = \frac{r_1 - r_0}{(n - 1) r_0}$$

$$S = \pi r_0^2 [1 + (1 + \varepsilon)^2 + (1 + 2\varepsilon)^2 + \dots + [1 + (n - 1)\varepsilon]^2]$$

$$S = \pi r_0^2 [N + 2\varepsilon [1 + 2 + \dots + (n - 1)] + \varepsilon^2 [1 + 2^2 + \dots + (n - 1)^2]]$$

$$S = \pi r_0^2 \left[N + 2\varepsilon \frac{n(n-1)}{2} + \varepsilon^2 \frac{n(n-1)(2n-1)}{6} \right]$$

Pour $N \gg 1$

$$S = N \pi \left[r_1 r_0 + \frac{1}{3} (r_1 - r_0)^2 \right]$$

Avec la bobine utilisée, l'erreur relative systématique que l'on ferait en prenant pour surface S la quantité $N \pi \left(\frac{r_1 + r_0}{2} \right)^2$

dépasse 1 % $\left(\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{3} \left[\frac{r_1 - r_0}{r_1 + r_0} \right]^2 \right)$.
