

TP 12 Bobines et induction

Dans ce TP, les courants électriques sont de l'ordre de l'ampère. Il conviendra donc de ne pas laisser les expériences sous tension trop long : une fois votre mesure faite, éteindre le générateur. Utilisez la borne A de l'ampèremètre (et non la 400 mA).

1 Champ magnétique créé par des bobines de Helmholtz

Le dispositif des bobines de Helmholtz est constitué de deux bobines identiques de même rayon R , de même axe, distantes de R et parcourues par la même intensité I de manière à obtenir les deux champs magnétiques dans le même sens. Le champ résultant entre les deux bobines est alors quasi-constant et vaut

$$B(|x| \leq R) \simeq \frac{8}{5\sqrt{5}} \frac{\mu_0 N I}{R}$$

1. Réaliser le montage des bobines de Helmholtz, en les mettant en série avec un ampèremètre et un rhéostat de façon à limiter le courant.
2. Vérifier qualitativement que le champ est quasi-constant entre les deux bobines.
3. Utiliser le Teslamètre en dehors de l'espace entre les bobines afin d'en déduire la forme qualitative des lignes de champ, les reproduire sur votre copie.
4. Se placer en un point fixé entre les deux bobines, faire varier I et mesurer les valeurs de B correspondantes. Rentrer les valeurs dans un tableur et tracer une droite pour remonter à la valeur de N . Comparer à la valeur affichée, calculer le z-score et conclure.

Aide pour les incertitudes :

- Si l'appareil de mesure affiche une valeur a qui ne fluctue pas, l'incertitude type $u(a)$ est égale à la précision indiquée sur la notice, divisée par $\sqrt{3}$. A priori, utiliser cette méthode pour obtenir l'incertitude sur la mesure de courant.
- Si la valeur affichée fluctue, ou dépend beaucoup de l'expérimentateur, on peut réaliser plusieurs mesures. L'incertitude-type correspond à l'écart type des mesures. A priori, utiliser cette méthode pour obtenir l'incertitude sur le champ magnétique mesuré au teslamètre.
- Composition d'incertitudes types (remplace le tableur habituel) : x , y et z sont des grandeurs physiques ayant les incertitudes types $u(x), u(y), u(z)$, et α est une constante.

$$\text{pour } y = \alpha x; \quad u(y) = \alpha u(x)$$

$$\text{pour } y = \frac{1}{x}; \quad \frac{u(y)}{y} = \frac{u(x)}{x}$$

$$\text{pour } z = xy; \quad \frac{u(z)}{z} = \sqrt{\left(\frac{u(x)}{x}\right)^2 + \left(\frac{u(y)}{y}\right)^2}$$

2 Bobines couplées

La bobine de petit rayon est appelée bobine 1, et celle de grand rayon est appelée bobine 2. Faire les schémas des montages associées aux deux expériences.

1. A l'aide du multimètre en mode ohm-mètre, directement branché sur les bobines, mesurer les résistances internes r_1 et r_2 des deux bobines et les comparer. Etes-vous surpris.e ?
2. Mesurer la fréquence f de la tension d'alimentation alternative de puissance, avec le multimètre. Commenter.
3. On alimente la bobine 2 avec le générateur, sur les bornes d'alimentation alternative 24 V. Mesurer le courant efficace I_2 (ampèremètre en mode AC, placé en série) qui circule dans le montage, ainsi que la valeur efficace de la tension induite U_1 aux bornes de la bobine 1 laissée en circuit ouvert (Brancher directement le multimètre en mode voltmètre en parallèle sur la bobine 1).
4. En déduire le coefficient d'induction mutuelle $M = U_1 / (I_2 2\pi f)$. Justifier cette dernière relation à l'aide de la relation de Faraday passée en régime sinusoïdal, et des rappels ci-dessous.
5. On alimente à présent la bobine 1 avec le générateur alternatif. **IMPORTANT** : On place en série un rhéostat de 10Ω pour limiter le courant. Mesurer le courant I_1 et la tension induite U_2 . En déduire une nouvelle mesure de M .
6. Conclusion : les deux valeurs de M sont-elles compatibles ?

Rappel de cours : loi de Faraday

Lorsqu'un circuit fixe est soumis à un champ magnétique dépendant du temps, tout se passe comme si le circuit fixe comportait une source de tension supplémentaire, de force-électromotrice

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \text{avec } \Phi \text{ le flux du champ magnétique à travers le circuit}$$

Il faut se placer en convention générateur pour e . Le courant i sert également à orienter le circuit, et à définir le bon signe pour le flux.

Rappel de cours : inductance mutuelle

Un circuit 1 est parcouru par un courant i_1 et crée un champ magnétique \vec{B}_1 dépendant du temps. Un circuit 2 situé à proximité reçoit les lignes de champ magnétique \vec{B}_1 . Le flux de \vec{B}_1 à travers le circuit 2 est alors proportionnel à i_1 :

$$\Phi_{1 \rightarrow 2} = Mi_1 \quad \text{avec } M \text{ le coefficient d'inductance mutuelle entre les deux circuits.}$$

Si les deux circuits gardent la même position, et si on fait le contraire : alimentation du circuit 2 qui crée un champ magnétique \vec{B}_2 à travers le circuit 1, on a

$$\Phi_{2 \rightarrow 1} = Mi_2 \quad \text{avec le même coefficient } M$$