

Mesure d'un champ magnétique et de son action

Matériel

- ◇ Teslamètre
- ◇ Banc de Helmholtz
- ◇ Bobines
- ◇ Boussole sur support à hauteur du centre des bobines.
- ◇ Matériel d'électronique habituel

Utilisation
du matériel

- Ne pas brancher l'alimentation de courant des solénoïdes sur le teslamètre !!! Cela semble évident si on y réfléchit !!!
- Ne pas dépasser la valeur de l'intensité du courant notée sur les solénoïdes.

Au programme

Notions et contenus

Action d'un champ magnétique extérieur uniforme sur un aimant. Positions d'équilibre et stabilité.
Auto-induction
Cas de deux bobines en interaction
Inductance mutuelle entre deux bobines.

Capacités exigibles

Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'action d'un champ magnétique uniforme sur une boussole.

Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.
Déterminer l'inductance mutuelle entre deux bobines de même axe de grande longueur en « influence totale ». *Le système expérimental utilisé dans ce TP est donc différent de ce cas.*

Objectif

- Utiliser un capteur de champ magnétique.
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'action d'un champ magnétique uniforme sur une boussole.
- Vérifier les propriétés de la configuration de Helmholtz pour former un champ uniforme.
- Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.
- Mettre en évidence le couplage magnétique entre deux bobines.

Il serait judicieux de vous répartir le travail entre plusieurs groupes pour faire l'ensemble du TP en temps limité. Proposer de l'aide aux autres groupes pour mettre en place les protocoles et les séries de mesures rapidement avant de passer à une autre expérience.

Travail

Répondre directement ci-dessous au point suivants :

- Représenter des lignes de champs associées à une bobine, orienter le courant et les lignes de champs.
- Préciser comment évolue l'intensité du champ magnétique dans l'espace.

1 Champ magnétiques des bobines (1h)

1.1 Champ créé par une bobine sur l'axe - dépendance en courant (30 min)

Proposer un protocole pour vérifier la loi $B = N \frac{\mu_0 I}{2R}$ valable au centre d'un petit bobinage de N spires de rayon R ($\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ s.i.}$). Mettre en oeuvre le protocole. Reportez vos résultats dans un tableau dans l'espace ci-dessous et estimer N par régression linéaire. En déduire la valeur de l'inductance en utilisant : $L = \frac{\mu_0 \pi R N^2 I}{2}$. Commenter.

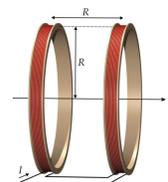
Travail

1.2 Champ créé par des bobines en configuration de Helmholtz (30 min)

Des bobines de Helmholtz sont des bobines de rayon R , de même axe et espacées d'une distance R , parcourues par un courant **de même sens**. On peut montrer qu'au voisinage du centre du dispositif, $B(x) = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 N I}{R}$, et ce à l'ordre 4 près en x où $x = 0$ est le centre du dispositif.

Vérifier que le champ magnétique est quasiment uniforme entre les bobines avec le teslamètre.

Notez ci contre les résultats des points suivants : Mesurer l'intensité du champ magnétique au centre du dispositif en fonction du courant. Établir par régression linéaire un coefficient λ permettant de convertir le courant mesuré en valeur de champ magnétique : $B = \lambda I$ et vérifier la formule proposée. Commenter



2 Déviation d'une boussole par un champ magnétique uniforme

Cette expérience peut être effectuée plus simplement avec un portable et une application de mesure d'angle magnétique.

Le champ magnétique terrestre n'est pas négligeable et des sources électriques inévitables créent également des champs magnétiques non négligeables.

On notera \vec{B}_a la somme de la composante horizontale de tous ces champs.

On positionne l'axe des bobines en configuration Helmholtz perpendiculairement à la direction pointée par la boussole (l'axe Nord-Sud) et d. vers le nord, lorsque le courant ne n'est pas parcourue par un courant (figure 1).

Lorsqu'un courant I circule dans la spire, elle crée un champ magnétique \vec{B} qui vient s'ajouter vectoriellement au champ \vec{B}_a . Il en résulte un champ \vec{B}_T qui fait un angle α avec le nord (avec le champ \vec{B}_a).

Telle que la boussole a été placée initialement (sans courant), les champs \vec{B}_a et \vec{B}_T sont perpendiculaires. On peut ainsi écrire : $\tan \alpha = \frac{B_T}{B_a}$. Cet angle est mesurable en utilisant un rapporteur (si vous utilisez votre téléphone, il directement affiché).

Comme $B = \lambda I$ alors $\tan \alpha = \frac{\lambda I}{B_a}$. En déduire que le champ magnétique terrestre est mesurable par cette méthode et proposer une valeur. Comparer à la valeur mesurée au Teslamètre. Commenter

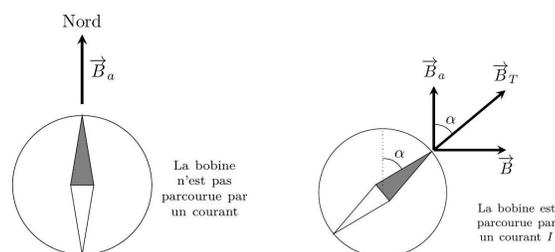


FIGURE 1 – Évaluation du champ avec une boussole

3 Étude quantitative du couplage entre deux bobine (1h)

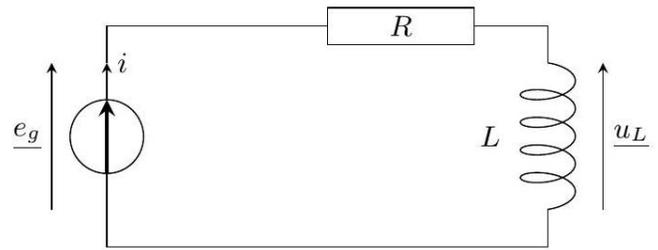
3.1 Mesure de l'inductance propre

On utilise deux bobines partageant le même axe, et on cherche à déterminer le coefficient de couplage entre ces bobines en fonction de la distance les séparant.

On utilise le circuit ci-contre avec $R \sim 100\Omega$. On rappelle que la loi des mailles, en notation complexe, conduit à

$$\frac{u_L}{e_g} = \frac{j\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}} \text{ avec } \omega_0 = \frac{R}{L}$$

Utiliser ce circuit pour mesurer L_1 , puis L_2 . Mettre en place un protocole. Comparer à la valeur estimée en 1.1.



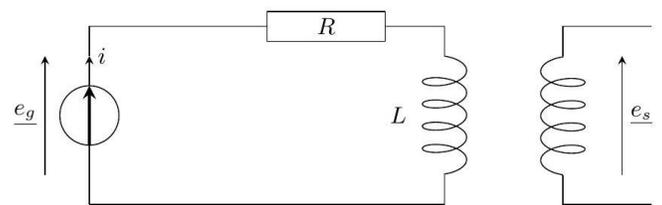
3.2 Mesure de du coefficient de couplage

On réalise à présent le circuit ci-contre avec $R \sim 100\Omega$. La tension e_s est observée à l'oscilloscope, soit une sortie de très grande impédance. Cela permet de considérer que $i_2 = 0$, et on peut alors montrer que

$$\frac{e_s}{e_g} = \frac{M}{L_1} \frac{j\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

Proposer un protocole pour mesurer M à partir de ce résultat.

Le coefficient de couplage k est défini comme le rapport entre l'inductance mutuelle et la moyenne géométrique des inductances propres. En déduire le coefficient de couplage k en fonction de L_1, L_2 et du rapport $\left| \frac{e_s}{e_g} \right|$. Pour plusieurs distances d entre les deux bobines, effectuer la mesure de M . Les reporter dans Regressi et proposer une loi empirique pour $k(d)$. On utilisera la mise en équation adaptée et on soignera les incertitudes de mesure.



Nom :

Prénom :

Présentez les limites et les difficultés rencontrées lors de cette expérience à la vue de vos résultats.