

Poste 1 : Solénoïde

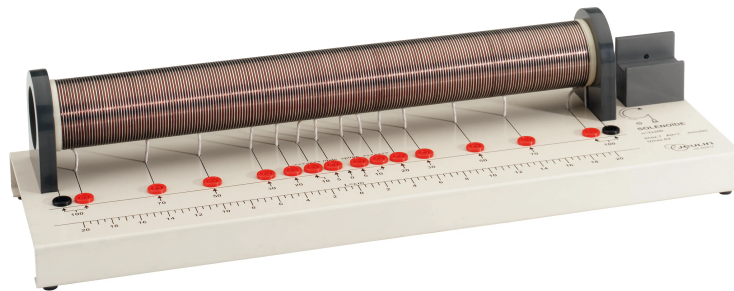
Matériel à disposition

- Solénoïde
- Alimentation stabilisée
- Ampèremètre
- Teslamètre

Nous disposons d'un solénoïde constitué d'un double enroulement :

- un bobinage gris de 200 spires sur une longueur de 40 cm ;
- un bobinage rouge de même nombre de spires par unité de longueur, mais dont on peut sélectionner une portion des spires.

Il est muni d'un support pour teslamètre, qui permet de mesurer le champ à l'intérieur du solénoïde (les graduations sur la sonde correspondent aux graduations extérieures).



- Choisir le calibre le plus faible pour le teslamètre. Fixer la sonde sur le support à la graduation 0 (centre du solénoïde) et tarer le teslamètre de manière à lire un champ nul en réglant les petites vis dans les trous de la sonde.
- Alimenter le bobinage rouge sur sa longueur totale avec un générateur réglé sur l'intensité maximale, en incluant un ampèremètre (calibre 10A) pour mesurer précisément l'intensité I du courant.
- Mesurer les composantes B_x (longitudinale) et B_z (verticale) du champ magnétique. Commenter.
- Vérifier que le champ est quasiment uniforme à l'intérieur du solénoïde.
- Éteindre le générateur puis diminuer le nombre de spires alimentées de façon symétrique (70-70). Rebrancher le générateur et mesurer le champ au centre. Que constate-t-on ? Recommencer avec 50-50.
- En remettant la longueur maximale, brancher les deux bobinages (rouge et gris) en série, ce qui revient à doubler le nombre N de spires sur une même longueur L . Alimenter l'ensemble et mesurer le champ au centre.
- En utilisant les observations des deux dernières expériences, dire quelle est la dépendance du champ créé par le solénoïde en fonction du nombre de spires N et de sa longueur L .
- Toujours dans la dernière configuration constituée de 400 spires au total sur 40 cm, faire varier l'intensité I du courant et mesurer le champ B_x pour une dizaine de valeurs comprises entre 0 et la valeur maximale. Tracer le graphe de B_x en fonction de I et le modéliser.
- Justifier que les résultats précédents sont compatibles avec l'expression :

$$B_x = \mu_0 n I$$

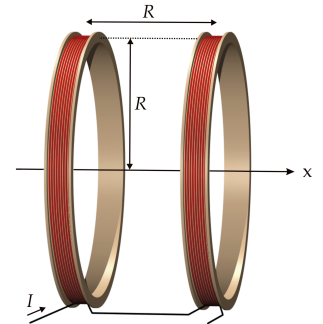
où n est le nombre de spires par unité de longueur. En déduire la valeur expérimentale de la perméabilité magnétique du vide et comparer à sa valeur théorique $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$.

Poste 2 : Bobines de Helmholtz

Matériel à disposition

Dispositif des bobines de Helmholtz
Alimentation stabilisée
Teslamètre
Aiguille aimantée
Rapporteur

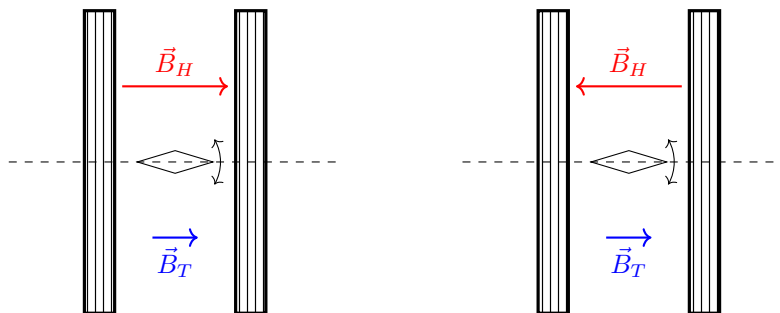
Le dispositif des bobines de Helmholtz est constitué de deux bobines identiques comportant N spires, de même axe \vec{e}_x , parcourues par le même courant d'intensité i (dans le même sens), et séparées d'une distance égale à leur rayon R . On montre (ex 4 du TD P19) que le champ entre les bobines est alors presque uniforme et dirigé dans l'axe des bobines. Les bobines à disposition ont $N = 95$ spires et un rayon $R = 6,5$ cm.



- Placer les bobines en configuration de Helmholtz avec un générateur éteint
- Fixer la sonde du teslamètre sur le support adapté. Choisir le calibre le plus faible pour le teslamètre. Tarer le teslamètre en jouant sur les petites vis dans les trous de la sonde, de manière à lire un champ nul.
- Alimenter les bobines avec un courant d'intensité environ 0,4 A et relever le champ magnétique longitudinal B_x au centre du dispositif. Vérifier sa quasi uniformité entre les bobines.
- Enlever la sonde et éteindre l'alimentation, sans changer les réglages.

Dans la suite, on va exploiter le mouvement oscillant d'un dipôle magnétique dans un champ magnétique B . On montre (ex 1 du TD P21) que la période T des petites oscillations est inversement proportionnelle à \sqrt{B} .

On peut se servir de ce résultat pour mesurer le champ magnétique terrestre en le superposant au champ magnétique des bobines de Helmholtz de même direction, dans le même sens puis dans le sens opposé :



On note B_H le champ des bobines de Helmholtz, et B_T le champ magnétique terrestre (sa composante horizontale).

(*) Exprimer la période d'oscillation T_+ quand les deux champs sont dans le même sens, puis T_- quand ils sont en sens opposé.

(*) En déduire l'expression de B_T en fonction de B_H et du rapport T_-/T_+ .

- Placer une aiguille aimantée sur une tête d'épingle au milieu des bobines de Helmholtz, en utilisant comme support un rapporteur circulaire. Les bobines n'étant pas alimentées, orienter le dispositif de sorte que l'aiguille pointe parallèlement à l'axe des bobines.
- Allumer le générateur avec le réglage précédent et faire osciller l'aiguille aimantée.
- Mesurer précisément la période des petites oscillations (on pourra filmer l'expérience).
Remarque : si l'oscillation est trop rapide pour être mesurée, ou qu'elle s'atténue trop vite, il faut changer l'intensité du courant. Penser à remesurer le champ magnétique si c'est le cas.
- Recommencer en inversant le branchement de l'alimentation, ce qui inverse le sens du champ magnétique créé par les bobines.
- En déduire la valeur du champ magnétique terrestre.

Poste 3 : Fil d'Ørsted et balance de Cotton

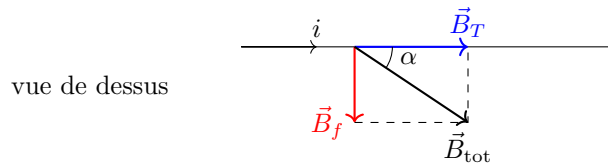
Matériel à disposition

Alimentation stabilisée
Ampèremètre
Fil d'Ørsted
Aiguille aimantée

Rapporteur
Balance de Cotton
Masses marquées
Aimant en U

Première expérience : fil d'Ørsted

Le but est de réaliser la mesure du champ magnétique terrestre \vec{B}_T en le superposant au champ \vec{B}_f créé par un fil rectiligne. On se place dans la situation de l'exercice ex 2 du TD P19. Le fil est initialement aligné avec l'aiguille placée à une distance d sous le fil. On alimente alors le fil avec un courant d'intensité I : l'aiguille tourne d'un angle α :

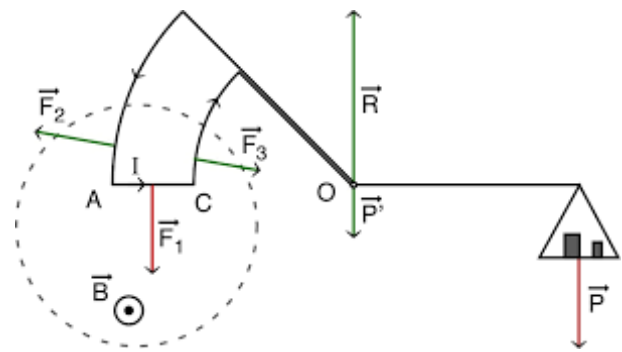


On a montré que $B_T = \frac{B_f}{\tan(\alpha)}$ où $B_f = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ est le champ magnétique créé par le fil et $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ est la perméabilité magnétique du vide.

- Réaliser l'expérience en posant l'aiguille aimantée sur un rapporteur placé sur un support permettant d'avoir l'aiguille à une distance d d'environ 2 cm sous le fil. Mesurer l'angle α avec un courant d'intensité maximale.
- En déduire la valeur de B_T .

Deuxième expérience : balance de Cotton

La balance de Cotton est constituée de deux fléaux. L'un, à gauche, comprend sur sa périphérie, un conducteur métallique qui sera parcouru par un courant et dont une partie sera placée dans le champ magnétique, uniforme et permanent, à mesurer. L'autre comporte un plateau sur lequel on peut déposer des masses marquées pour équilibrer la balance.



- Équilibrer la balance en l'absence de courant : déplacer le curseur coulissant le long du fléau du côté du plateau jusqu'à l'équilibre.
- Placer l'aimant en U dont on veut mesurer le champ magnétique au niveau du bas du bras arrondi, dans le sens indiqué sur le schéma.
- Placer une masse marquée de 5 cg sur le plateau ; faire passer le courant et l'ajuster afin de rétablir l'équilibre.
- (*) L'ensemble des forces exercées sur la balance sont représentées sur le schéma. Que peut-on dire des moments par rapport à l'axe de rotation des forces \vec{F}_2 , \vec{F}_3 , \vec{P}' et \vec{R} ?
- (*) Exprimer la force de Laplace \vec{F}_1 exercée sur la portion AC du conducteur. On donne la distance $AC = \ell = 20 \text{ mm}$.
- (*) Le bras de levier est identique pour le poids \vec{P} et pour \vec{F}_1 à l'équilibre. Exprimer la condition d'équilibre.
- En déduire le champ magnétique dans l'entrefer de l'aimant en U.

Poste 4 : Réalisation d'un champ magnétique tournant

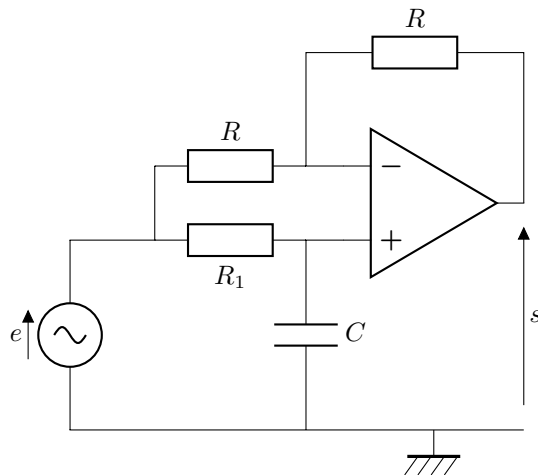
Matériel à disposition

Platine
 Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)
 Résistors $R = 10\text{ k}\Omega$ (2)
 Résistor $R_1 = 100\text{ k}\Omega$
 Condensateur $C = 0,5\text{ }\mu\text{F}$

GBF
 Oscilloscope
 Bobines (2)
 Aiguille aimantée

Première expérience : Réalisation d'un déphaseur

Un déphaseur est un filtre de gain nul mais dont la phase dépend de la fréquence. On peut en construire avec le montage suivant, qui contient un ALI.



La fonction de transfert de ce montage est :

$$\underline{H} = \frac{s}{e} = \frac{1 - j\omega R_1 C}{1 + j\omega R_1 C}$$

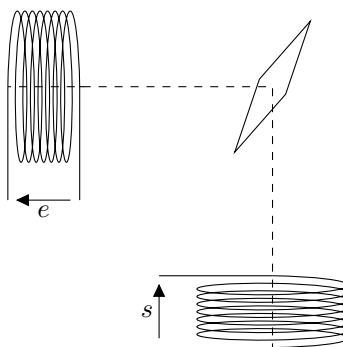
(*) Déterminer le gain et la phase du filtre.

(*) Pour quel fréquence la phase est-elle de $-\pi/2$?

- Réaliser le montage sur la platine, avec $R = 10\text{ k}\Omega$, $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ et $C = 0,5\text{ }\mu\text{F}$, et une tension d'entrée d'amplitude 1 V. Ne pas oublier d'alimenter l'ALI avec une alimentation symétrique 15 V / masse / -15 V.
- Brancher l'entrée et la sortie sur un oscilloscope, et afficher le déphasage (menu *Mesures*).
- Faire varier la fréquence entre 0 et 10 Hz et repérer la fréquence pour laquelle le déphasage vaut $-\pi/2$.
- Comparer à la valeur théorique.

Deuxième expérience : Réalisation et utilisation d'un champ tournant

Pour créer un champ magnétique tournant, on peut utiliser deux bobines parcourues par des courants sinusoïdaux de même amplitude mais déphasés de $\pi/2$. Pour réaliser ce déphasage, on alimente deux bobines avec les tensions e et s du circuit précédent :



- Alimenter les bobines et les disposer à angle droit. Placer l'aiguille aimantée à égale distance des bobines. Donner une petite impulsion à l'aiguille, et vérifier sa mise en rotation uniforme.
- Mesurer sa fréquence de rotation en filmant le mouvement. Est-elle identique à la fréquence des courants ?