

CHAMP MAGNÉTIQUE INDUIT (SÉMINAIRE)

1 But

Ce séminaire porte sur le champ magnétique induit par un courant électrique. Il contient quelques exercices avec des fils conducteurs et des boucles de courant. De plus, vous ferez une courte expérience avec des *bobines de Helmholtz*¹ pour vérifier l'équation (4), ci-dessous. Des bobines de Helmholtz consistent en une paire de boucles de courant.

2 Fil conducteur droit infini

Le fil conducteur droit infiniment long parcouru par un courant I , représenté à la Figure 1, génère un champ magnétique \mathbf{B} dont la direction est donnée par la règle de la main droite, tel qu'illustré; le pouce pointe dans le sens du courant I et les doigts sont enroulés dans la direction de \mathbf{B} .

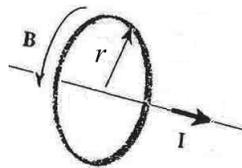


Fig. 1 Fil conducteur

En un point situé à une distance r du fil, le champ magnétique \mathbf{B} est circulaire autour du fil et sa grandeur est

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}. \quad (1)$$

Ceci est la forme la plus simple de la *loi d'Ampère*.

3 Champ magnétique au centre d'une boucle de courant

La Figure 2 montre une boucle de courant de rayon R qui génère un champ magnétique \mathbf{B} dont la direction est donnée par la règle de la main droite: si les doigts sont enroulés dans la direction du courant I , alors le pouce pointe dans la direction du champ magnétique \mathbf{B} .

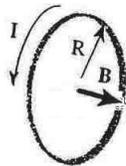


Fig. 2 Boucle

¹La section sur les bobines de Helmholtz est une traduction et adaptation partielle de: Experiment 18 - Magnetic Fields, *Physics Laboratory Manual- Phys 124/126*, Department of Physics, University of Alberta.

Au centre de la boucle, la grandeur du champ magnétique \mathbf{B} vaut

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R}, \quad (2)$$

où N est le nombre d'enroulements de fil autour de la boucle. L'équation (2) est un cas particulier de l'équation (3), donnée plus bas.

Considérez la bobine représentée à la Figure 3.

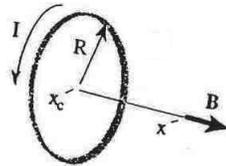


Fig. 3 Bobine

Pour n'importe quel point x situé sur l'axe central de la bobine, centrée à x_c , le champ magnétique \mathbf{B} est parallèle à l'axe central et sa grandeur est

$$B = \frac{\frac{1}{2}\mu_0 N R^2 I}{(R^2 + (x - x_c)^2)^{3/2}}. \quad (3)$$

Dans l'équation (3), le symbole N représente le nombre d'enroulements, R le rayon de la bobine, I le courant dans la bobine, x_c la position du centre de la bobine, et x la position où l'on calcule B .

4 Bobines de Helmholtz

Si une seconde bobine, semblable à la première, est placée parallèlement à la première, le long du même axe (voir Figure 4) et qu'une distance R (égale au rayon de chaque bobine) sépare les deux bobines, on appelle cette paire *bobines de Helmholtz*.

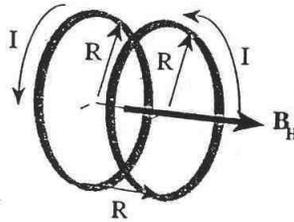


Fig. 4 Bobines de Helmholtz

Comme vous le montrerez en exercice, on peut voir à l'aide de l'équation (3) que le champ magnétique le long de l'axe et à *mi-chemin* entre ces bobines est donné par

$$B_H = \frac{8}{\sqrt{125}} \frac{\mu_0 N I}{R}. \quad (4)$$

5 Champ B en fonction de I dans des bobines de Helmholtz

1. Chaque bobine a le même nombre d'enroulements N . Le but de l'expérience est de déterminer la valeur de N en mesurant B_H au point milieu entre les deux bobines en fonction de I et en linéarisant l'équation (4). La pente nous permettra de calculer N et de le comparer avec la valeur donnée par le fabricant.
2. Placez les deux bobines en position parallèle et *séparées d'une distance égale au rayon des bobines R* . Pour ce faire, assurez-vous que les bobines soient bien au centre des rectangles blancs dessinés sur la base métallique.
3. Il y a deux types de bobines que vous pouvez utiliser pour cette expérience: 200 enroulements et 500 enroulements. *N'utilisez qu'UN des deux.*

Bobine avec 200 enroulements (Figure 5). On trouve sur chaque bobine trois prises de courants: deux blanches et une noire. Branchez ensemble les prises blanches externes respectives des deux bobines par un fil conducteur. Branchez ensuite la source de courant à la prise blanche interne de chacune des bobines, c.-à-d. branchez le + à une bobine et le - à la seconde bobine. La prise noire n'est pas utilisée.

Bobine avec 500 enroulements (non illustrée). Chaque bobine compte deux prises de courants, une blanche et une noire. Branchez ensemble les prises blanches des deux bobines par un fil conducteur. Branchez ensuite la source de courant à la prise noire de chaque bobine, c.-à-d. branchez le + à une bobine et le - à l'autre bobine.

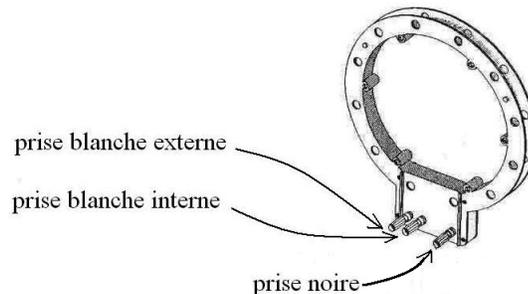


Figure 5. Bobine à 200 enroulements

4. Avant d'allumer la source de courant, assurez-vous que les deux boutons du voltage soient en position du voltage le plus élevé, c'est-à-dire tournés vers la droite (ces boutons sont situés sur le côté droit de l'appareil, #3 et #4 à la Figure 6). Vérifiez aussi que l'appareil soit ajusté à la petite échelle du courant en vous assurant que le bouton #14 soit à la position enfoncée.
5. Branchez la source de courant et appuyez sur le commutateur vert (#13 à la Figure 6) pour mettre l'appareil en marche. Vérifiez que l'affichage soit au mode AMPS (#12 à la Figure 6).
6. Ajustez le courant I à environ 0.000 A en utilisant les boutons pour le courant qui sont situés sur le côté gauche de l'appareil (#5 pour les grands ajustements et #6 pour les petits).

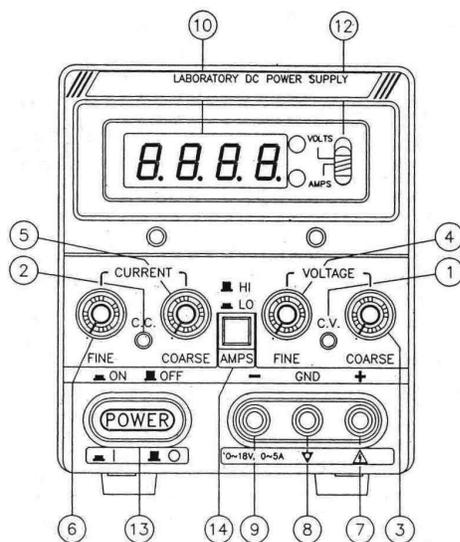


Fig. 6 Source de courant

7. Branchez le dispositif bleu *Passport* au détecteur de champ magnétique qui est un autre dispositif bleu (Figure 7). Placez l'extrémité de la sonde de Hall au centre des bobines aussi précisément que possible.



Fig. 7 Dispositif pour mesurer **B**

8. L'image illustrée à la Figure 8 apparaîtra à l'ordinateur (elle sera plus claire que ci-dessous...). Cliquez sur l'icône *EZScreen* (montré par une flèche) et l'image illustrée à la Figure 9, plus bas, apparaîtra. Cliquez sur l'icône en bas à droite de la Figure 9 jusqu'à ce que les unités qui apparaissent dans la fenêtre en bas à gauche soient des mT.

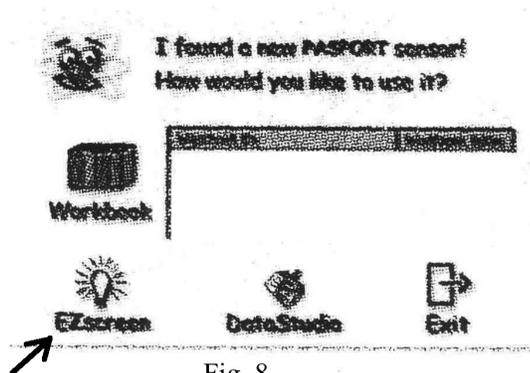


Fig. 8

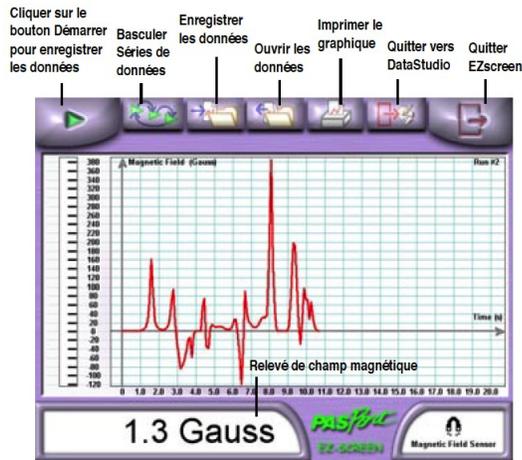


Figure 9. Écran EZScreen

9. Cliquez sur la flèche verte en haut à gauche de l'écran de la Figure 9. La mesure de l'intensité du champ magnétique B_H apparaîtra dans la fenêtre en bas à gauche. Si la valeur de B_H est négative, inversez les fils branchés à la source de courant. Prenez en note B_H ainsi que la mesure du courant I . Cliquez de nouveau sur la flèche en haut à gauche pour arrêter de mesurer B_H .
10. *Bobines avec 200 enroulements.* Faites varier le courant I par sauts de 0.100 A jusqu'à 1.000 A.
Bobines avec 500 enroulements. Faites varier le courant I par sauts de 0.050 A jusqu'à 0.500 A.
 Peut importe les bobines utilisées, prenez les mesures du courant I et du champ magnétique B_H à chaque fois.
 À partir de vos résultats, vous tracerez le graphique de B_H en fonction de I . Avec l'équation (4), déduisez-en la valeur du nombre d'enroulements N , en prenant le rayon des bobines indiqué sur celles-ci. Comparez votre valeur expérimentale de N à la valeur théorique du fabricant, indiquée sur les bobines.