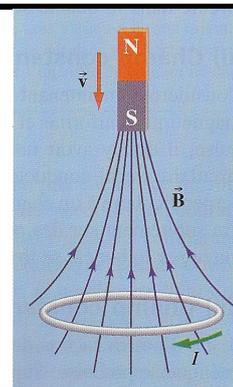


✓ **CHAMP MAGNETIQUE**
 ✓ **INTRODUCTION A L'INDUCTION**



PREMIERE PARTIE : CHAMP MAGNETIQUE, BOBINES DE HELMHOLTZ

OBJECTIFS

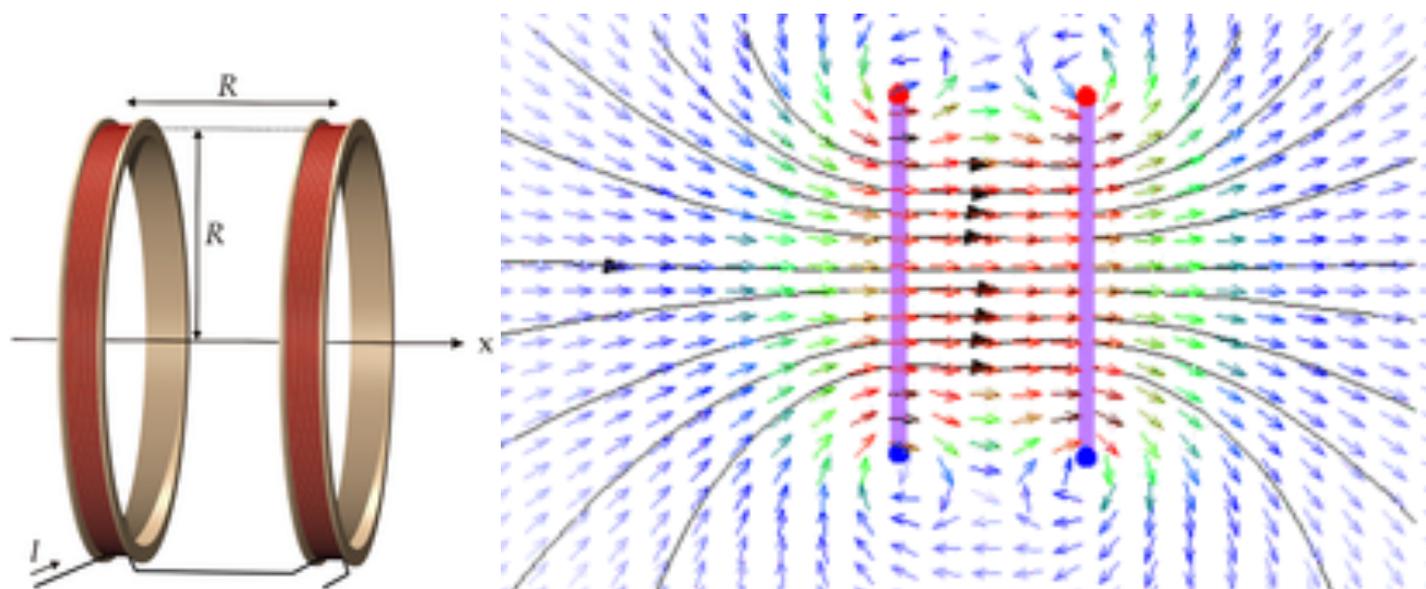
- ✓ Produire et mesurer un champ magnétique.
- ✓ Comprendre la topologie du champ magnétique.

MATERIEL

- ✓ Bobines de Helmholtz (maquette Jeulin)
- ✓ Sonde à effet Hall
- ✓ Source de tension (alimentation)
- ✓ Eurosmart, LatisPro, Python

PRINCIPE

Les bobines de Helmholtz, du nom de **Hermann Ludwig Von Helmholtz**, sont un dispositif constitué de deux bobines circulaires de même rayon, parallèles, et placées l'une en face de l'autre à une distance égale à leur rayon. En faisant circuler du courant électrique dans ces bobines, un champ magnétique est créé dans leur voisinage, qui a la particularité d'être relativement uniforme au centre du dispositif dans un volume plus petit que les bobines elles-mêmes.



On peut modéliser les bobines de Helmholtz par deux associations de n spires parcourues par un même courant i , de mêmes rayons R , et séparées d'une distance R (voir ci-dessus).

On peut calculer l'expression du champ magnétique (via la loi de Biot et Savart, plus au programme)

sur l'axe des bobines à partir du champ créé par une bobine pour tout point de cet axe, à une distance x de son centre :

$$B_{spire}(x) = \frac{\mu_0 n i R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

où μ_0 est la perméabilité magnétique du vide.

Le champ magnétique d'une spire dont le plan de la spire est centré en $x = +R/2$, champ $B_1(x)$, s'écrit:

$$B_1(x) = \frac{\mu_0 n i R^2}{2(R^2 + (x - R/2)^2)^{3/2}}$$

Tandis que le champ magnétique d'une spire dont le plan de la spire est centré en $x = -R/2$, champ $B_2(x)$, s'écrit:

$$B_2(x) = \frac{\mu_0 n i R^2}{2(R^2 + (x + R/2)^2)^{3/2}}$$

Le champ sur l'axe d'une bobine de Helmholtz est la combinaison des 2 champs magnétiques précédents, on utilise en fait le théorème de superposition, théorème dont l'utilisation est validée par la linéarité des équations de Maxwell:

$$B_{tot}(x) = B_1(x) + B_2(x).$$

Pour calculer la valeur du champ magnétique au centre du dispositif B_0 , on fait la somme des champs créés en ce point par chacune des bobines :

$$B_0 = B_1(x=0) + B_2(x=0) = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 n i}{R}$$

Le champ augmente si l'on rajoute du courant ou des spires. L'homogénéité du champ magnétique (définie par $B_{tot}(x)/B_0$) est meilleure que 1 % dans un volume d'environ 2/3 du rayon au centre des bobines de Helmholtz.

Les caractéristiques typiques de ces bobines sont : $R \approx 10$ cm, $i \approx 1$ A, $n \approx 10-100$. Le champ magnétique obtenu au centre vaut donc environ 10^{-4} T, ce qui correspond à peu près au champ magnétique terrestre.

(D'après Wikipédia)

La figure ci-dessous représente le matériel à disposition.

Caractéristiques d'une bobine (à vérifier avec la notice)

Diamètre : 130 mm

Nombre de spires : 95 en fil 13/10

I_{max} : 7 A



EXPERIMENTATION

1)

✓ Réaliser le montage de la photo ci-dessus.

La sonde du teslamètre (sonde à effet Hall) mesurant le champ qui lui est parallèle (position B_x), il faut la placer de façon perpendiculaire au plan de la bobine. Avant toute mesure, on règle le zéro du teslamètre pour « éliminer » la contribution du champ ambiant : en l'absence de courant dans la bobine, le teslamètre doit indiquer $B = 0$.

Refaire le zéro du teslamètre régulièrement

2)

✓ Régler l'intensité du courant à environ 2 A.

✓ Mesurer le champ B_1 produit par la bobine 1 seule pour différente valeur de x . Mesurer le champ B_2 produit par la bobine 2 seule pour différente valeur de x . Enfin, mesurer le champ B_{tot} produit par les deux bobines pour différente valeur de x . Noter également la valeur de B_{tot} pour $x = 0$.

✓ Représenter sous **LatisPro ou Python** et sur le même graphe, les courbes $B_1 = f(x)$, $B_2 = f(x)$ et $B_{tot} = f(x)$. Commenter. Superposer vos résultats expérimentaux aux résultats obtenus par le calcul (cf. page 2).



3)

✓ Calculer la valeur de B_{cal} pour $x = 0$ et comparer à la valeur B_{exp} obtenu expérimentalement.

DEUXIEME PARTIE : CHAMP MAGNETIQUE, SOLENOIDE

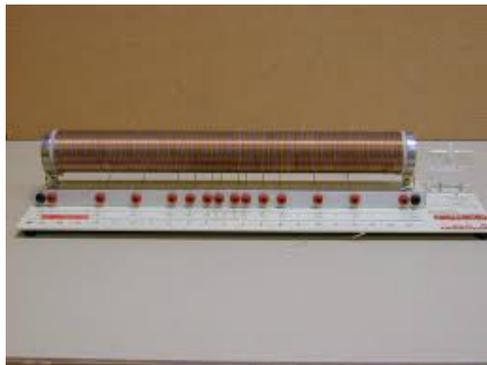
OBJECTIFS

- ✓ Produire et mesurer un champ magnétique.
- ✓ Comprendre la topologie du champ magnétique.

MATERIEL

- ✓ Solénoïde (maquette Jeulin)
- ✓ Sonde à effet Hall
- ✓ Source de tension (alimentation)

PRINCIPE



Soit une bobine circulaire de rayon R et de longueur L . Le bobinage est réparti uniformément en plusieurs couches et le nombre de spires est N . Les spires sont parcourues par le courant I . Le champ magnétique à l'intérieur est donné par :

$$B_s = \frac{\mu_0 N I}{L}$$

Si $L \gg R$, c'est-à-dire de l'ordre de $10R$ ou supérieur.

EXPERIMENTATION

- 1)**  Effectuer le montage de la photo ci-dessus. On relèvera les caractéristiques du solénoïde (cf. éventuellement notice du fabricant).
On veillera à placer la sonde bien parallèle à l'axe du solénoïde et au centre de celui-ci.

Refaire le zéro du teslamètre régulièrement

- 2)**  et .
- ✓ Régler l'intensité du courant à environ 1 A.
 - ✓ Mesurer le champ B_s et comparer à la valeur calculée.
 - ✓ Déplacer la sonde à l'intérieur du solénoïde le long de son axe : que dire de la valeur de B_s ?

TROISIEME PARTIE : INTRODUCTION A L'INDUCTION

OBJECTIFS

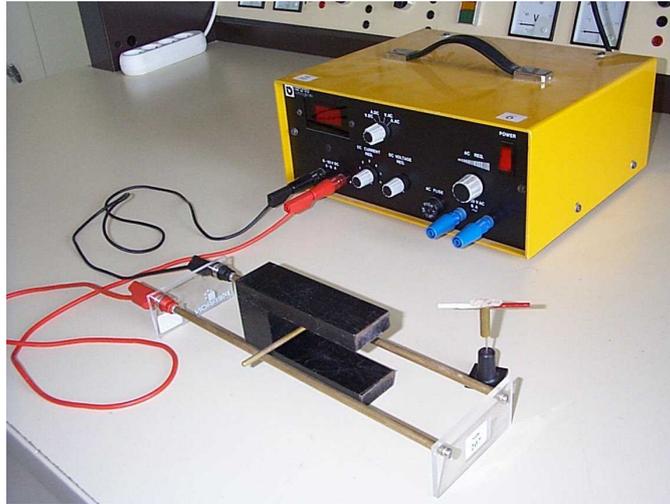
- ✓ Mettre en évidence la force de Laplace sur l'expérience du rail et en dégager de façon qualitative les principaux paramètres.
- ✓ Mettre en évidence le phénomène d'induction par une expérience simple.

MATERIEL

- ✓ Une alimentation continue de courant de 5 A environ
- ✓ Un aimant en U, une aiguille aimantée
- ✓ Un dispositif rails de Laplace
- ✓ Une bobine
- ✓ Un aimant droit
- ✓ Ampèremètre à aiguille
- ✓ Câbles de connexion

1. RAIL DE LAPLACE

- 1)  Effectuer le montage de la photo ci-dessous



- 2)  Placer la tige mobile, au milieu de l'aimant en U, perpendiculairement aux rails. Déterminer le sens du champ magnétique au centre du U, expliquer votre démarche

- 3)  Mettre en service la source de courant. Que se passe-t-il ?

✓ Changer l'orientation du champ magnétique, refaire l'expérience. Différence par rapport au cas précédent ?

✓ Changer le sens du courant. Conclusion.

✓ Refaire une expérience en plaçant la tige non perpendiculairement aux rails. Conclusion.



4) ✓ La tige parcouru par un courant et plongée dans le champ magnétique est soumise à la **force dite de Laplace** $\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$ ou I est la valeur du courant qui parcourt la tige, $\vec{\ell}$ un vecteur dont le sens est celui du courant et dont le module est la longueur de la tige et \vec{B} le champ magnétique auquel est soumis la tige (supposé uniforme ici). Cette force dérive de la force de Lorentz $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$.

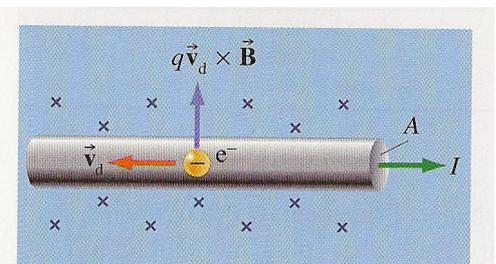


Figure 8.10 ▲

Lorsqu'un courant circule dans un fil, la force magnétique sur les électrons en mouvement est transmise au fil.

✓ Assurez-vous que les résultats des expériences précédentes sont bien compatibles avec l'expression de la force de Laplace.

2. MISE EN EVIDENCE DU PHENOMENE D'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

1)  Branchez un voltmètre aux bornes de la grosse bobine à disposition.

2)  + 

✓ Approchez vivement l'aimant de la bobine et introduisez-le à l'intérieur, qu'observez-vous sur le voltmètre ?

✓ Recommencer l'expérience en approchant l'aimant plus rapidement de la bobine, qu'observez-vous de différent sur le voltmètre par rapport au cas précédent ?

✓ Qu'indique le voltmètre lorsque l'aimant n'est plus en mouvement ?

✓ L'aimant étant placé dans la bobine, retirez-le vivement et éloignez-le de la bobine. Qu'observez-vous sur le voltmètre ?

3)



On constate qu'une tension apparaît aux bornes de la bobine lors des déplacements de l'aimant. C'est le **phénomène d'induction**. Cette tension s'appelle **f.é.m. induite** (pour force électromotrice). Ce phénomène apparaît dans un circuit conducteur lorsque :

1 - On déplace ou l'on déforme ce circuit dans un champ magnétique constant au cours du temps.

2 - Le circuit étant fixe, le champ magnétique dans la région où est le circuit varie au cours du temps.

Dans le phénomène d'induction, on appelle :

Inducteur = la source de champ magnétique, ici l'aimant.

Induit = circuit siège du phénomène, ici la bobine.

✓ Dans cette expérience, dans quel cas est-on ? Justifier.