

# Solénoïde infini

## 1 - Modèle du solénoïde infini



FIGURE 1 – Alimentation stabilisée, teslamètre et solénoïde

Le solénoïde de démonstration permet de faire changer la taille de la bobine sans changer le nombre de spires par unité de longueur. Un support permet d'insérer une sonde de champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

**⚠ Précautions expérimentales** Les teslamètres proposés dans cette séance peuvent afficher une valeur qui dérive dans le temps si la température varie. Vérifier régulièrement que  $B=0$  sur le teslamètre si le solénoïde n'est pas alimenté.

### 🔧 Expérience 1

- ✓ Alimenter le solénoïde par une alimentation continue
- ✓ l'intensité sera maintenue constante égale à 2 A.
- ✓ La sonde à l'extrémité de la tige du teslamètre est placée au centre du solénoïde.
- ✓ Vérifier que l'affichage correspond bien au champ selon l'axe du solénoïde.

- ✓ Pour les différentes valeurs possibles du nombre de spires, mesurer le champ magnétique. Remplir un fichier au format `.csv` avec 3 colonnes :  $N$ ,  $L$ ,  $B$  où  $N$  est le nombre de spires,  $L$  la longueur du solénoïde en cm, et  $B$  le champ en mT.

Si vous utilisez Libreoffice, penser à enregistrer votre fichier `.csv` en utilisant le **filtre** séparateur de données "; ". Ceci permet une meilleure lecture par le fichier python fourni.

### 📝 À rédiger

- ☐ **Q 1** - Représenter le repère cylindrique associé au solénoïde.
- ☐ **Q 2** - Nommer un plan de symétrie ainsi qu'un plan d'antisymétrie pour le courant.
- ☐ **Q 3** - À l'aide des valeurs mesurées, préciser la valeur  $B_\infty$  du champ magnétique donné par le modèle du solénoïde infini
- ☐ **Q 4** - À l'aide du fichier `TP_solenoide.py`, représenter avec les conventions usuelles le champ magnétique mesuré et théorique. On attend une figure de la forme suivante <sup>a</sup>.

<sup>a</sup>. Evidemment, le nom des axes et le titre devront être modifié.

## 2 - Uniformité du champ magnétique

### 🔧 Expérience 2

- ✓ On utilisera les bornes pour alimenter 40 spires.
- ✓ L'intensité sera maintenue constante égale à 2 A ;
- ✓ Mesurer la longueur et le rayon de la partie alimentée du solénoïde
- ✓ La sonde du teslamètre est déplacée le long du solénoïde pour une quinzaine de valeurs.
- ✓ Remplir un fichier au format csv avec  $B$  et  $z$ .

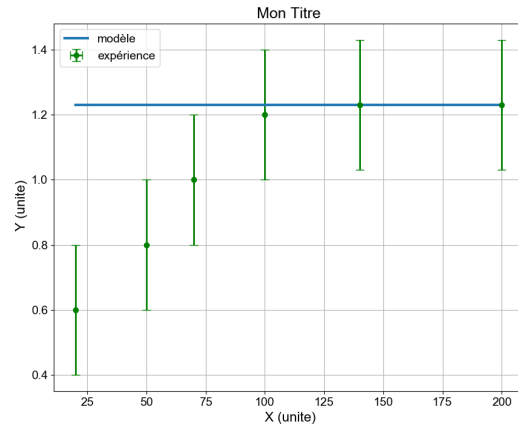


FIGURE 2 – Mesure de champ magnétique et modélisation

### ✍ À rédiger

- **Q 5** - Représenter  $B = f(z)$ . On attend une figure comme celle ci-dessous. En faisant apparaître en pointillé la taille du solénoïde.

### 🔍 Appel Professeur, à l'oral

Proposer un critère sur la zone d'uniformité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde.

## 3 - Inductance propre

### a) Par mesure du flux

### 🔧 Expérience 3

- ✓ Alimenter les 200 spires du solénoïde par un courant continu ;
- ✓ la sonde du teslamètre est placée au centre du solénoïde ;
- ✓ pour une dizaine de valeurs du courant, mesurer le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde. Les valeurs seront enregistrées sur

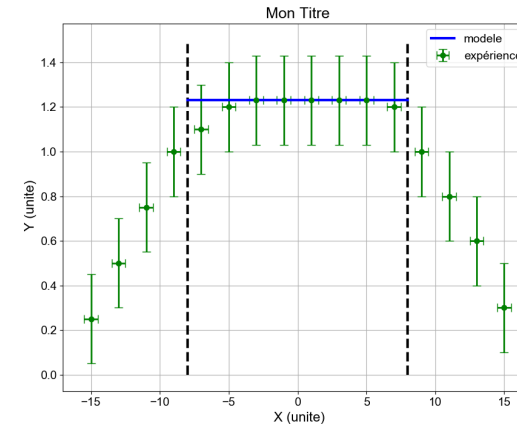


FIGURE 3 – Mesure de champ magnétique et modélisation

un tableur en format csv.

### ✍ À rédiger

- **Q 6** - La valeur du champ magnétique dépend-elle de la position de la sonde ? Justifier.
- **Q 7** - Calculer la valeur du flux de champ magnétique  $\Phi$  (en  $T.m^2$ ) pour chaque courant  $I$  à travers l'ensemble des spires du solénoïde.
- **Q 8** - Représenter  $\Phi = f(I)$ , (on utilisera le fichier `regression_donnees.py`). Indiquer le coefficient de corrélation.
- **Q 9** - En déduire la valeur de l'inductance propre  $L_1$ . Estimer son incertitude type.
- **Q 10** - Calculer l'inductance propre à partir des valeurs de  $N$ ,  $\ell$  et du rayon  $R$  du solénoïde. Comparer à la valeur obtenue expérimentalement en utilisant le z-score. Conclure.

### b) Par résonance

### Appel Professeur, à l'oral

Proposer un protocole pour obtenir la valeur de l'inductance propre  $L$  à partir d'un circuit RLC.

### À rédiger

- **Q 11** - À partir des mesures effectuées, donner la valeur de l'inductance obtenue  $L_2$  accompagnée de son incertitude. Cette dernière sera calculée à l'aide du fichier `MC_inductance.py`.
- **Q 12** - Les valeurs  $L_1$  et  $L_2$  sont elles compatibles ?

### c) Effet Hall

La sonde de mesure est une plaquette parallélépipédique de semi conducteur dont les dimensions sont :  $L = 8,0 \text{ mm}$ ,  $b = 5,0 \text{ mm}$  et  $h = 10 \text{ mm}$ . La plaquette est parcourue par un courant continu d'intensité  $I$  uniformément réparti avec la densité  $\vec{j} = j \vec{e}_x$  avec  $j > 0$ . Elle est placée dans un champ magnétique uniforme extérieur  $\vec{B} = B \vec{e}_z$  avec  $B > 0$ . On négligera le champ magnétique crée par le courant  $I$  à travers la plaque. On suppose qu'en présence du champ magnétique, le vecteur densité de courant est toujours  $\vec{j} = j \vec{e}_x$  et on se place en régime permanent.

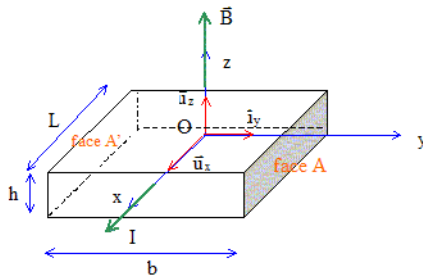


FIGURE 4 – Principe d'une sonde à effet Hall

- **Q 13** - Quelle est la différence entre un conducteur et un semi-conducteur ? Citer deux éléments chimiques aux propriétés semi-conductrices.

- **Q 14** - les porteurs de charge, animés de la vitesse  $v$ , ont une masse  $m$ , une charge  $q$  et une densité volumique  $n$  ( nombre de porteurs par unité de volume). Exprimer le vecteur vitesse  $v$  des porteurs de la plaquette en fonction de  $j$ ,  $n$  et  $q$ .

- **Q 15** - Montrer qu'en présence du champ magnétique extérieur  $\vec{B}$ , il apparaît dans la plaquette un champ électrique de Hall  $\vec{E}$  tel que :

$$\vec{E} = -\frac{1}{nq} \vec{j} \wedge \vec{B}$$

Exprimer dans le repère les composantes de  $E$ .

- **Q 16** - Calculer la différence de potentielle de Hall  $U = V(A') - V(A)$  qui apparaît entre les faces  $A$  et  $A'$  de la plaquette. Montrer que cette ddp peut se mettre sous la forme  $U = kIB/h$  et exprimer la constante  $k$  en fonction de  $n$  et  $q$ .

**Exercice 1**

Un solénoïde comportant  $N = 100$  spires jointives a pour longueur  $\ell = 40$  cm et rayon  $R = 2$  cm. Il est parcouru par un courant d'intensité  $I = 2,0$  A.

**Exercice 2**

Un solénoïde comportant  $N = 100$  spires jointives a pour longueur  $\ell = 40$  cm et rayon  $R = 2$  cm. Il est parcouru par un courant d'intensité  $I = 2,0$  A.



☐ **Q 1** - Le solénoïde peut-il être assimilable à un solénoïde de longueur infinie. Justifier.

☐ **Q 2** - Démontrer rigoureusement l'expression du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

☐ **Q 3** - Faire un schéma sur lequel vous représenterez la direction du champ magnétique et l'allure des lignes de champ

☐ **Q 4** - Calculer la valeur du champ magnétique.

☐ **Q 5** - Calculer le flux sur une spire puis sur tout le solénoïde. En déduire une expression de l'inductance propre en fonction de  $N$ ,  $\ell$  et  $R$ .

Données :  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$

☐ **Q 1** - Le solénoïde peut-il être assimilable à un solénoïde de longueur infinie. Justifier.

☐ **Q 2** - Démontrer rigoureusement l'expression du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

☐ **Q 3** - Faire un schéma sur lequel vous représenterez la direction du champ magnétique et l'allure des lignes de champ

☐ **Q 4** - Calculer la valeur du champ magnétique.

☐ **Q 5** - Calculer le flux sur une spire puis sur tout le solénoïde. En déduire une expression de l'inductance propre en fonction de  $N$ ,  $\ell$  et  $R$ .

Données :  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$