Électromagnétisme

TP n°9 Étude d'un solénoïde long

Mardi 17 novembre 2026

Compétences expérimentales exigibles

- ✓ (PCSI) Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.
- ✓ Comparer deux valeurs à l'aide de leur écart normalisé.
- ✓ Utiliser un logiciel de régression linéaire afin d'obtenir les valeurs des paramètres du modèle.
- ✓ Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure graphique intégrant des barres d'incertitude.

Matériel – Par binôme

- ❏ Alimentation stabilisée,
- ❏ Solénoïde long,
- ❏ Teslamètre,
- ❏ Pied à coulisse

Objectif du TP

- Étudier le champ magnétostatique créé par un solénoïde long.
- Mesurer l'inductance propre d'une bobine par mesure du champ magnétique.

Données –

$\mu_0 = 1,26.10^{-6}$ H · m^{-1}

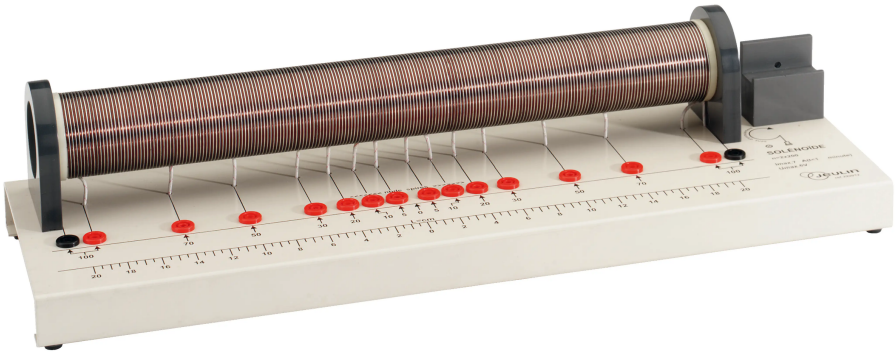


FIGURE 1 – Solénoïde utilisé pendant le TP (jeulin).
On peut changer la longueur du solénoïde sans changer le nombre de spires par unité de longueur. Un support permet d'insérer une sonde de champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

I Travail préparatoire

- Lire l'ensemble de l'énoncé, et y identifier ce qu'il faudra faire pendant la séance.
- Préparer les questions précédées d'une plume.

Questions préparatoires –

Le solénoïde étudié durant le TP est de longueur ℓ, de rayon R, de N spires jointives et n spires par unité de longueur. On notera (Ox) l'axe du solénoïde.

Q1. À quelle condition sur ℓ et R peut-on considérer que le solénoïde est infini ?

Q2. Démontrer très rigoureusement [a] l'expression du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde (en admettant qu'il est nul à l'extérieur).

Q3. Représenter l'allure des lignes de champ.

Q4. Calculer la valeur de B pour $\ell = 40$ cm, $R = 2$ cm, $N = 200$ spires.

Q5. Exprimer le flux du champ magnétique créé par la bobine à travers une spire, puis à travers N spires.

Q6. En déduire l'expression de l'inductance propre en fonction de N, ℓ et R. Faire l'application numérique pour $\ell = 40$ cm, $R = 2$ cm, $N = 200$ spires.

a. c'est la démonstration du cours : toutes les étapes de rédaction doivent être présentes. Il n'y a aucune excuse pour que ce ne soit pas parfait !

Attention – Précautions expérimentales

- Ils permettent de mesurer l'amplitude du champ magnétique dans deux directions orthogonales (flèches au bout de la sonde). Il faut donc veiller à sélectionner la direction qui nous intéresse ici : B_x.
- La valeur mesurée par le teslamètre risque de dériver au cours de la séance. **Vérifier régulièrement que $B = 0$ sur le teslamètre si le solénoïde n'est pas alimenté.**
- Pour ce TP, il est nécessaire de se placer sur le **calibre 10 mT.**

Étalonnage

 → Étalonnage → OK → tourner la molette  → OK → 

Méthode – Incertitudes

- La **précision du teslamètre** est donnée par : 3%VL + 3UR avec :
  - VL : valeur lue (=affichée),
  - UR : unité de résolution = unité du dernier digit affiché
- L'incertitude-type connaissant la précision fournie par le constructeur est : $u(X) = \dfrac{\text{précision}(X)}{\sqrt{3}}$
- Le résultat d'une mesure doit être écrit sous la forme :

$$X = \underbrace{\ldots\ldots\ldots}_{\text{même dernier CS que u}} \text{ unité ; } u(X) = \underbrace{\ldots\ldots}_{\text{avec 2 CS}} \text{ unité}$$

Exemple : $X = 10,18$ cm; $u(X) = 0,24$ cm ou $X = 10,2$ cm; $u(X) = 2,4$ cm ou ...

II Modèle du solénoïde infini ?

II.1 Dépendance avec le nombre de spires

Expérience n°1 – Validité du modèle du solénoïde infini

Pour cette expérience, on utilisera uniquement les bornes rouges du solénoïde, symétriquement par rapport au centre. Le nombre de spires par unité de longueur n est constant.

☞ L'intensité sera **maintenue constante égale à 2 A. Il faut contrôler la valeur à chaque changement du nombre de spires.**

☞ 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 (B_x).

☞ Se brancher de façon symétrique au centre, il est indiqué le nombre de spires de part et d'autre du centre (ainsi, en vous branchant sur 50 (à gauche) et 50 (à droite), le solénoïde alimenté a 100 spires).

☞ Pour les différentes valeurs possibles du nombre de spires, mesurer le champ magnétique. **Renseigner les valeurs dans un tableau.**

☞ Renseigner les valeurs sur `Capytale` Code : 492a-12389131

Validité du modèle du solénoïde infini

Q7. Représenter le champ magnétique au centre en fonction du nombre de spires du solénoïde.

Q8. Représenter le champ magnétique au centre en fonction de la longueur du solénoïde.

Q9. Reproduire le graphe obtenu sur votre compte-rendu. Commenter.

Q10. Pour 200 spires, déterminer l'incertitude sur la mesure de B.
Écrire le champ magnétique mesuré avec son incertitude [a].

Q11. Comparer à la valeur attendue (cf Q4*) en calculant l'écart normalisé et commenter.

a. en respectant les règles d'écriture

II.2 Uniformité du champ magnétique ?

Expérience n°2 – B est-il uniforme ? où ?

☞ On utilisera les bornes pour alimenter 90 spires, entre les bornes 10 et 100 du côté droit du solénoïde).

☞ L'intensité sera maintenue constante égale à 2 A.

☞ Mesurer la longueur et le rayon (à l'aide du pied à coulisse) de la partie alimentée du solénoïde.

☞ La sonde à l'extrémité de la tige du teslamètre est déplacée le long du solénoïde pour une quinzaine de positions.

☞ Renseigner les valeurs dans `Capytale` : tableaux `x` et `B_exp`.

B est-il uniforme ? où ?

Q12. Représenter la courbe de B_{exp} en fonction de la position x dans le solénoïde.

Q13. Indiquer dessus les incertitudes (voir `Capytale`).

Q14. Reproduire le graphe sur votre compte-rendu.

Q15. Commenter la courbe obtenue.

Q16. Proposer un critère sur la zone d'uniformité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde.

III Inductance propre

Expérience n°3 – Flux et inductance propre

☞ Alimenter les 200 spires (se brancher aux deux bornes noires extrêmes) du solénoïde par un courant continu.
☞ La sonde à l'extrémité de la tige du teslamètre est placée **au centre du solénoïde**.
☞ Pour une dizaine de valeurs du courant, mesurer le champ magnétique au centre du solénoïde. **Représenter les mesures dans un tableau.**
☞ Renseigner les valeurs dans `Capytale` : tableaux `I_3` et `B_3`.
☞ Calculer les valeurs de flux `Phi_B`.
☞ Représenter la courbe du flux Φ en fonction de I (sur `Capytale`).
☞ Y ajouter les incertitudes type.
☞ Effectuer la régression linéaire.
☞ La méthode de Monte-Carlo permet d'évaluer l'incertitude-type sur la pente.

Inductance et validité du modèle

Q17. Reproduire l'allure de la courbe de $\Phi(I)$. Commenter sur la validité du modèle.

Q18. En déduire la valeur de l'inductance propre. Estimer son incertitude-type.

Q19. Comparer à la valeur attendue (cf 6*) à l'aide de l'écart normalisé. Conclure.