

Champ magnétique d'une bobine cylindrique

DÉTERMINER LE CHAMP MAGNÉTIQUE DE BOBINES CYLINDRIQUES DE DIFFÉRENTES LONGUEURS.

- Déterminer la densité de flux magnétique B dans une bobine cylindrique en fonction de l'intensité électrique I .
- Mesurer la densité de flux magnétique B dans une bobine cylindrique de densité d'enroulement variable en fonction de l'intensité électrique I .
- Confirmer la proportionnalité à la densité de spires pour de grandes longueurs.

UE3030500

10/15 UD

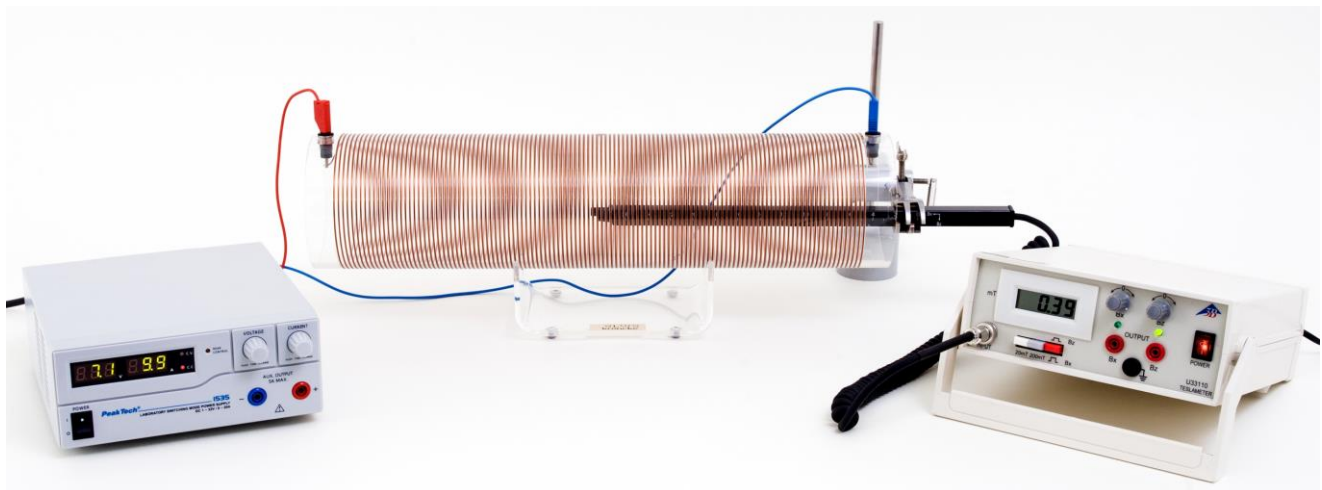


Fig. 1: Disposition pour mesure.

NOTIONS DE BASE GÉNÉRALES

La loi de Biot et Savart décrit le rapport entre la densité de flux magnétique B et le courant électrique I traversant un conducteur de géométrie quelconque. Le calcul porte sur des particules infinitésimales du conducteur par rapport à la densité de flux magnétique totale. Le champ total est calculé par intégration via la géométrie du conducteur. Dans certains cas, par ex. avec une longue bobine cylindrique, on peut indiquer une solution analytique simple.

Selon la loi de Biot et Savart, un élément de conducteur infinitésimal ds traversé par un courant I génère la densité de flux magnétique à l'endroit r .

$$(1) \quad dB(r) = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{ds \times r}{r^3}.$$

B : densité de flux magnétique

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$: perméabilité du vide

À l'intérieur de la bobine cylindrique, la densité de flux magnétique est parallèle à l'axe du cylindre :

$$(2) \quad B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I.$$

N : nombre de spires, L : longueur de bobine

tant que la longueur de la bobine est sensiblement supérieure à son rayon. La densité de flux magnétique dépend donc du diamètre de bobine et est proportionnelle à la densité d'enroulement, au nombre de spires par unité de longueur et au courant traversant la bobine.

Dans l'expérience, avec un teslamètre, nous allons mesurer la densité de flux magnétique au centre de longues bobines avec des courants allant jusqu'à 20 A. Nous allons démontrer l'indépendance vis-à-vis du diamètre de bobine ainsi que la proportionnalité avec le courant et la densité d'enroulement. Pour ce dernier, nous disposons d'une bobine à densité de spires variable.

LISTE DES APPAREILS

| | | | |
|---|---|----------|-----------|
| 1 | Bobine de champ, 100 mm | U12252 | 1000591 |
| 1 | Bobine de champ, 120 mm | U12253 | 1000592 |
| 1 | Bobine à densité d'enroulement variable | U8496175 | 1000965 |
| 1 | Support pour bobines cylindriques | U8496150 | 1000964 |
| 1 | Teslamètre | U33110 | 1003313/4 |
| 1 | Alimentation CC 1 – 32 V, 20 A | U11827 | 1012857/8 |
| 1 | Jeu de 15 cordons à reprise arrière 2,5 mm ² | U13801 | 1002841 |
| 1 | Socle de serrage, 1000 g | U13265 | 1002834 |
| 1 | Tige statif, 250 mm | U15001 | 1002933 |
| 1 | Noix universelle | U13255 | 1002830 |
| 1 | Pince universelle | U13261 | 1002833 |

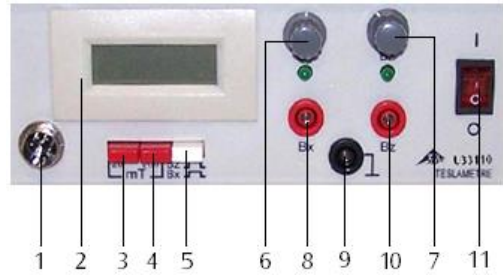


Fig. 3: Éléments de contrôle du teslamètre :

- 1 Douille de jonction pour la sonde de champs magnétiques
- 2 Affichage numérique
- 3 Commutateur de sélection de la plage de mesures, 20 mT
- 4 Commutateur de sélection de la plage de mesures, 200 mT
- 5 Commutateur de sélection des modes de mesure axial (B_x) et tangential (B_z)
- 6 Dispositif de mise à zéro B_x avec témoin de fonctionnement LED
- 7 Dispositif de mise à zéro B_z avec témoin de fonctionnement LED
- 8 Douille de sortie pour mode de mesure B_x
- 9 Douille de masse
- 10 Douille de sortie pour mode de mesure B_z
- 11 Commutateur marche/arrêt

MONTAGE ET REALISATION

Note :

L'expérience est effectuée par ex. pour la bobine de champ 100 mm (Diamètre $D = 10$ cm).

- Mettre en place le dispositif de mesure comme dans Fig. 1.
- Brancher la bobine de champ avec $D = 10$ cm à la sortie arrière 0 – 20 A du bloc d'alimentation CC. Ne pas encore allumer le bloc d'alimentation CC.
- Positionner le capteur de champ magnétique à l'aide du trépied, de sorte que la sonde de Hall axiale (Fig. 2) soit bien au centre de la bobine.

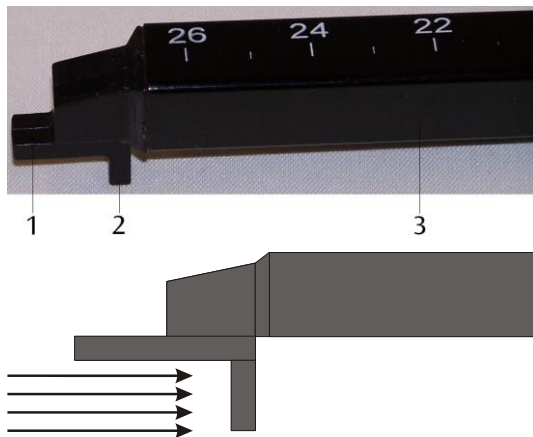


Fig. 2: Haut : Sonde de champs magnétiques, 1 sondes de Hall tangentielles (direction Y), 2 sonde de Hall axiale (direction X), 3 supports. Bas : Mesure de champs magnétiques axiaux.

La sonde de Hall axiale mesure les composants de l'induction magnétique B le long de l'axe de sonde. Si le champ B pointe en direction de l'axe de sonde (Fig. 2 bas), la valeur affichée est positive, tandis qu'elle est négative avec une orientation inversée.

- Brancher le capteur de champ magnétique aux ports de branchement pour le capteur de champ magnétique du teslamètre (Fig. 3).

- Allumer le teslamètre, sélectionner la plage de mesure 20 mT et régler l'interrupteur de choix du mode de mesure sur axial (B_x).
- Effectuer une comparaison de point zéro. Pour cela, faire tourner le bouton de mise à zéro B_x jusqu'à ce que zéro ou une valeur aussi basse que possible soit affichée.
- Allumer le bloc d'alimentation CC, augmenter le courant de 0 à 20 A par incréments de 1 A, lire la densité du flux magnétique B_x à chaque étape et la noter avec l'intensité réglée I dans le Tab. 1.

Consignes de sécurité :

- Appliquer des courants $10 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$ de manière brève uniquement !
- Remplacer la bobine de champ avec $D = 10$ cm par la bobine à densité d'enroulement variable (Fig. 4).
- Régler les longueurs de bobines $L = 7, 12, 17, 22, 27$ et 32 cm de manière symétrique au centre de la bobine et répéter la série de mesure décrite ci-dessus pour chaque longueur de bobine. Saisir toutes les valeurs dans Tab. 2.

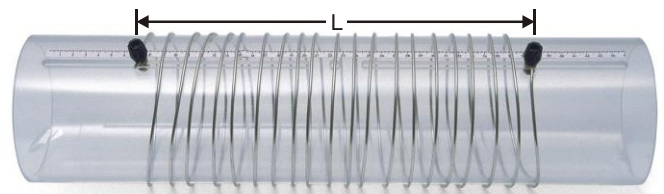


Fig. 4: Bobine à densité d'enroulement variable.

Note :

La bobine peut reposer sur deux supports optionnels 1000964. Cela évite de la retirer du support pour chaque réglage de longueur et évite d'avoir à repositionner à chaque fois le capteur de champ magnétique.

EXEMPLE DE MESURE

Tab. 1: Densité de flux magnétique B en fonction du courant I par la bobine de champ avec $D = 10$ cm.

| I / A | B / mT |
|---------|----------|
| 0 | 0,00 |
| 1 | 0,31 |
| 2 | 0,62 |
| 3 | 0,93 |
| 4 | 1,24 |
| 5 | 1,55 |
| 6 | 1,85 |
| 7 | 2,17 |
| 8 | 2,47 |
| 9 | 2,78 |
| 10 | 3,10 |
| 11 | 3,41 |
| 12 | 3,72 |
| 13 | 4,03 |
| 14 | 4,34 |
| 15 | 4,65 |
| 16 | 4,96 |
| 17 | 5,27 |
| 18 | 5,58 |
| 19 | 5,90 |
| 20 | 6,21 |

Tab. 2: Densité de flux magnétique B en fonction du courant I pour différentes longueurs de bobine L .

| I / A | B / mT | | | | | |
|---------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $L = 7$ cm | $L = 12$ cm | $L = 17$ cm | $L = 22$ cm | $L = 27$ cm | $L = 32$ cm |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,29 | 0,26 | 0,20 | 0,17 | 0,14 | 0,12 |
| 2 | 0,58 | 0,52 | 0,40 | 0,34 | 0,27 | 0,23 |
| 3 | 0,88 | 0,78 | 0,60 | 0,51 | 0,41 | 0,36 |
| 4 | 1,18 | 1,04 | 0,80 | 0,68 | 0,55 | 0,47 |
| 5 | 1,48 | 1,30 | 1,00 | 0,85 | 0,68 | 0,60 |
| 6 | 1,78 | 1,56 | 1,20 | 1,02 | 0,83 | 0,72 |
| 7 | 2,07 | 1,84 | 1,40 | 1,19 | 0,97 | 0,84 |
| 8 | 2,37 | 2,12 | 1,61 | 1,36 | 1,10 | 0,96 |
| 9 | 2,67 | 2,37 | 1,81 | 1,53 | 1,25 | 1,08 |
| 10 | 2,96 | 2,66 | 2,01 | 1,70 | 1,38 | 1,20 |
| 11 | 3,26 | 2,93 | 2,21 | 1,88 | 1,52 | 1,32 |
| 12 | 3,56 | 3,20 | 2,42 | 2,05 | 1,67 | 1,45 |
| 13 | 3,86 | 3,46 | 2,62 | 2,22 | 1,80 | 1,57 |
| 14 | 4,17 | 3,74 | 2,83 | 2,39 | 1,94 | 1,70 |
| 15 | 4,47 | 4,02 | 3,04 | 2,57 | 2,08 | 1,81 |
| 16 | 4,77 | 4,28 | 3,24 | 2,73 | 2,23 | 1,94 |
| 17 | 5,07 | 4,59 | 3,45 | 2,91 | 2,36 | 2,06 |
| 18 | 5,38 | 4,86 | 3,65 | 3,08 | 2,51 | 2,19 |
| 19 | 5,66 | 5,15 | 3,85 | 3,26 | 2,65 | 2,31 |
| 20 | 5,96 | 5,44 | 4,06 | 3,43 | 2,79 | 2,43 |

ÉVALUATION

- Présenter les valeurs mesurées de Tab. 1 dans un schéma $B(I)$ (Fig. 5).

La proportionnalité de la densité du flux magnétique B attendue selon la formule (2) par rapport au courant I par la bobine est confirmée.

Note :

Une mesure correspondante avec la bobine de champ 120 mm ($D = 12$ cm) permet de montrer que la proportionnalité de la densité du flux magnétique B par rapport au courant I par la bobine est indépendante du diamètre de bobine.

- Présenter les valeurs de mesure de Tab. 2 avec différentes longueurs de bobine L comme paramètre dans un schéma $B(I)$ (Fig. 6).

La proportionnalité de la densité du flux magnétique B attendue selon la formule (2) par rapport au courant I dans la bobine est confirmée pour toutes les longueurs de bobine.

Quand la longueur de bobine augmente, les pentes des droites diminuent en raison de la proportionnalité inversée de la densité du flux magnétique B par rapport à la longueur de bobine L .

- Les différentes longueurs L et le nombre de spires $N = 30$ de la bobine à densité de spires variable permet de calculer la densité d'enroulement N/L et de saisir les valeurs dans Tab. 3.
- Reprendre la densité du flux magnétique B pour $I = 20$ A pour les densités d'enroulement calculées dans Tab. 2 et les saisir dans Tab. 3.
- Présenter les valeurs mesurées de Tab. 3 dans un schéma $B(N/L)$ (Fig. 7).
- La proportionnalité avec la densité d'enroulement est confirmée tant que la longueur de la bobine est supérieure au triple du rayon de la bobine. Le diamètre de la bobine à densité de spires variable est de $D = 10$ cm.

Tab. 3: Densité de flux magnétique B en fonction de la densité d'enroulement N/L avec $I = 20$ A. Nombre de spires $N = 30$.

| L / cm | $N/L / 1/\text{cm}$ | B / mT |
|-----------------|---------------------|-----------------|
| 7 | 4,29 | 5,96 |
| 12 | 2,50 | 5,44 |
| 17 | 1,76 | 4,06 |
| 22 | 1,36 | 3,43 |
| 27 | 1,11 | 2,79 |
| 32 | 0,94 | 2,43 |

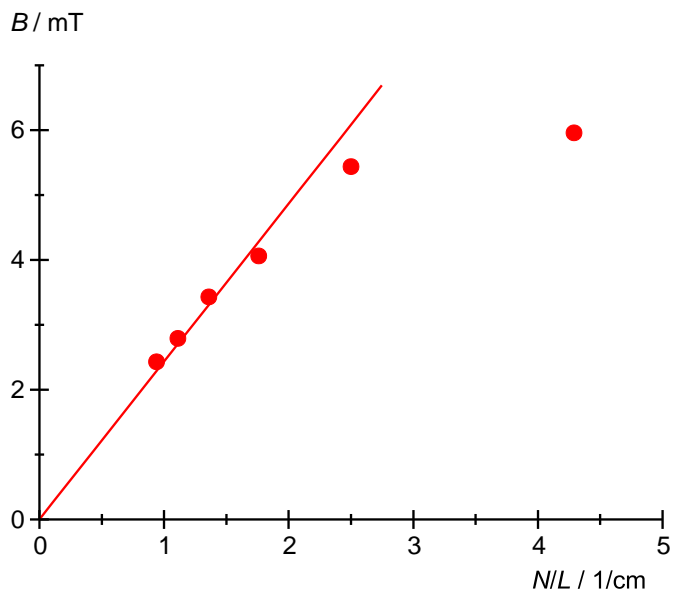


Fig. 7: Densité de flux magnétique B en fonction de la densité d'enroulement N/L avec $I = 20$ A. Nombre de spires $N = 30$.

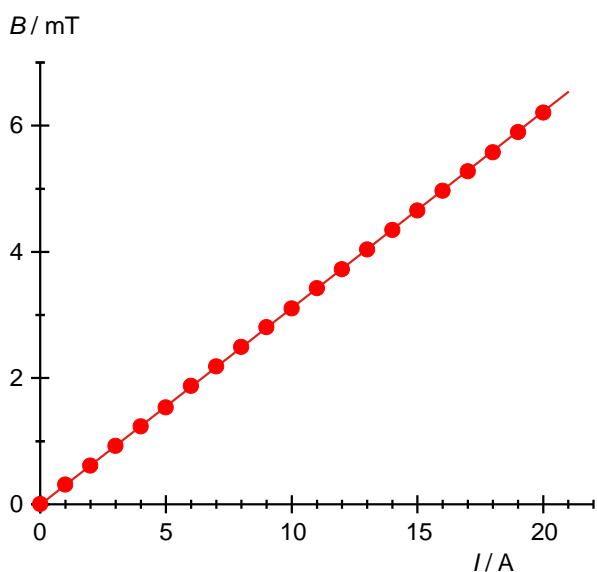


Fig. 5: Densité de flux magnétique B en fonction du courant I par la bobine de champ avec $D = 10$ cm.

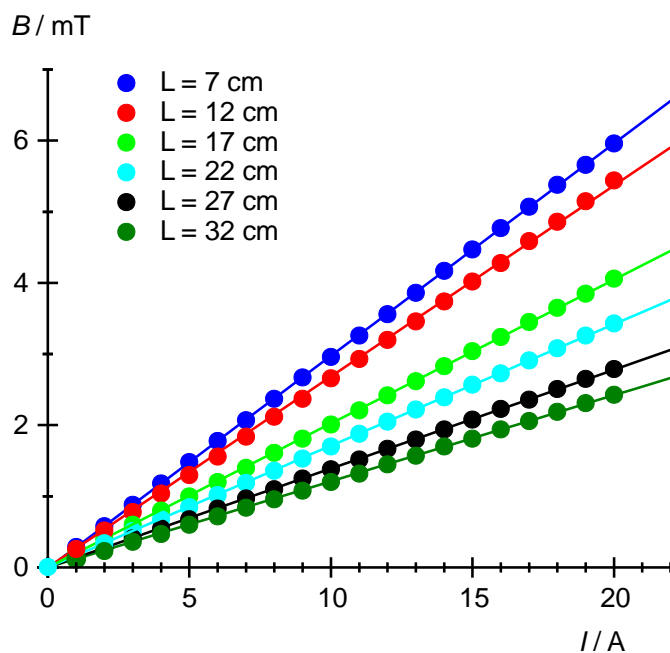


Fig. 6: Densité de flux magnétique B en fonction du courant I pour la bobine à densité d'enroulement variable pour différentes longueurs de bobine L .