

Champ magnétique



Table des matières

But	2
Montage	2
Prélaboratoire.....	3
Laboratoire	5
Rapport.....	9
Constitution du rapport à remettre.....	12

But

Le laboratoire **Champ magnétique** vise à

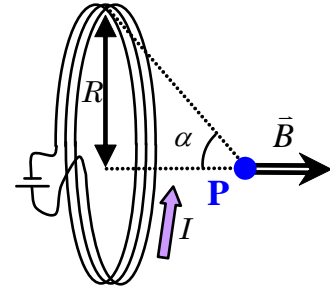
- Vérifier l'application de la règle de la main droite déterminant l'orientation du champ magnétique.
- Vérifier qu'une bobine de N spires parcourue par un courant I génère un champ magnétique de module B en son centre tel que

$$B \propto I .$$

- Vérifier qu'une bobine de N spires parcourue par un courant I génère un champ magnétique de module B sur l'axe central de la bobine sous la forme de l'équation

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3(\alpha) .$$

- Vérifier que le principe de superposition s'applique au champ magnétique.



Montage

Pour réaliser cette expérience, vous devrez utiliser le matériel suivant :

- Deux bobines de 500 tours générant un champ magnétique lorsque celles-ci sont alimentées par un courant électrique.
- Une source G^WINSTEK générant un **courant électrique** I (fiche technique en annexe : Source GWINSTEK GPS-3303) pour alimenter les bobines.
- Une sonde 2-Axis Magnetic Field Sensor pour mesurer le **champ magnétique** B par effet Hall (fiche technique en annexe : 2-Axis Magnetic Field Sensor).
- Un Xplorer GLX pour faire l'acquisition des données de la sonde magnétique.
- Un câble de raccordement entre la sonde et le GLX.
- Un mètre en bois pour mesurer la **position de la sonde** x .
- Deux supports pour maintenir en équilibre la sonde sur l'axe centrale des bobines.
- Une règle pour mesurer le **rayon** R de la bobine.
- Un niveau pour aligner horizontalement la règle.



Bobine de 500 tours



Source G^WINSTEK
(Alimentaion CC double)



2-Axis Magnetic Field Sensor
(Sonde bidirectionnel
de champ magnétique)



GLX
(Interface)

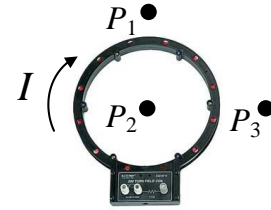
Nom : _____

Groupe : _____

Prélaboratoire

Question 1 : Règle de la main droite

À l'aide de la règle de la main droite, identifiez l'orientation du champ magnétique généré par la bobine du schéma-ci contre aux points P_1 , P_2 et P_3 situés dans le plan de la bobine sachant que le courant I circule dans la bobine dans le sens horaire. Choisissez parmi les réponses suivantes :



P_1	\Rightarrow	\Leftarrow	\Uparrow	\Downarrow	\odot	\otimes	Aucun champ
P_2	\Rightarrow	\Leftarrow	\Uparrow	\Downarrow	\odot	\otimes	Aucun champ
P_3	\Rightarrow	\Leftarrow	\Uparrow	\Downarrow	\odot	\otimes	Aucun champ

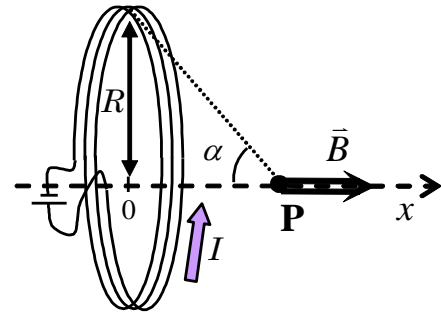
Question 2 : La réécriture de l'équation théorique

Soit l'équation théorique

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3(\alpha)$$

permettant d'évaluer le module du champ magnétique B généré par une bobine de rayon R , parcourue par un courant I , en un point P situé sur l'axe de la boucle, où l'angle α est tel que montré sur le schéma. Démontrez, à partir de cette équation que

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

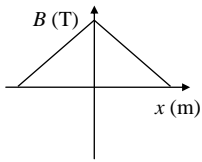


où x correspond à la position du point P le long d'un axe x confondu avec l'axe de la bobine et dont l'origine est situé au centre de celle-ci.

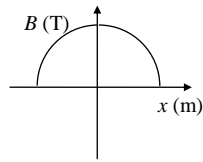
Question 3 : Le graphique du champ magnétique d'une bobine

Identifiez qualitativement l'allure du graphique représentant le champ magnétique B généré par une bobine le long de son axe central en fonction de la position x sachant que $x = 0$ correspond au centre de la bobine :

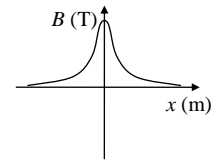
A)



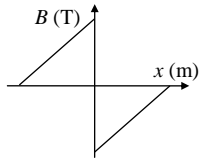
B)



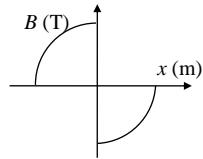
C)



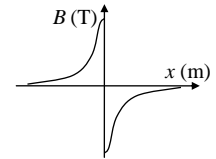
D)



E)



F)



Noms : _____

Groupe : _____

Laboratoire

Informations et directives :

- La bobine de gauche et la bobine de droite sont exactement identiques (taille et nombre de tours).
- Pour les tâches #1 à #7, vous n'utiliserez que la bobine gauche.
- Puisque le montage a été préalablement aligné et que la sonde est très fragile, manipulez le tout avec soin.

Tâche #1 : Sécuriser le circuit en limitant le courant

Au canal 1 et canal 2 de votre source, ajustez le **courant maximal** pouvant être débité par la source à **1,2 A** pour ne pas surchauffer les bobines lorsqu'un courant y circulera.

Tâche #2 : Mesure du rayon des bobines

Mesurez le diamètre externe et interne de la bobine à l'aide du ruban à mesurer et calculez le rayon de la bobine :

- Diamètre externe D_{ext} de la bobine : _____
- Diamètre interne D_{int} de la bobine : _____
- Calculez le diamètre moyen de la bobine $D_{\text{moy}} = \frac{D_{\text{ext}} + D_{\text{int}}}{2}$: _____
- Calculez le rayon de la bobine $R = \frac{D_{\text{moy}}}{2}$: _____

Tâche #3 : Initialisation de la sonde

Effectuez le branchement de la sonde à la tête du GLX (si ce n'est pas déjà fait).

Modifiez l'affichage des mesures en réduisant le nombre de chiffres significatifs à l'aide de la procédure suivante : (utilisez le bouton crochet (√) pour faire une sélection)

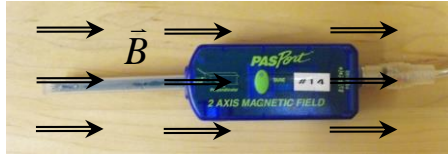
- Appuyez sur (Esc) pour obtenir le mode d'affichage par défaut de l'appareil.
- Appuyez sur (√) deux fois afin d'ouvrir et de sélectionner le menu « Champ magnétique (Axial) ».
- Choisissez 3 Propriétés des données... à l'aide des flèches et appuyez sur (√) pour valider.
- Choisissez « Nombres de chiffres » et réduisez à 1 avec le bouton (-).
- Fermez le menu avec (F1).



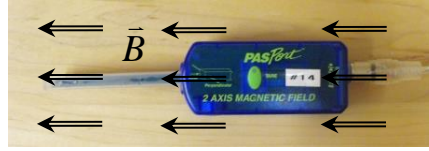
Placez la sonde dans l'axe perpendiculaire au plan de la bobine au centre de la bobine afin d'effectuer votre mise à zéro à l'aide du bouton « Tare ».

Déposez la sonde sur la règle afin que l'axe de la sonde soit parallèle à la règle. Positionnez la pointe de lecture de la sonde (fiche technique en annexe : 2-Axis Magnetic Field Sensor) au centre de la bobine (voir schéma ci-haut). Effectuez la mise à zéro à l'aide du bouton « Tare » situé sur la sonde pour retirer l'influence du champ magnétique terrestre.

Dans le cadre de ce laboratoire, les **mesures prises avec la sonde** seront **uniquement** selon **l'axe parallèle** à la sonde (axial) selon la **convention de signes** ci-dessous :



Affichage : $B_{//} > 0$



Affichage : $B_{//} < 0$

Puisque la sonde est polarisée, vous devrez garder la même orientation de la sonde tout au long de l'expérience!

Tâche #4 : Position sur l'axe central associée au champ magnétique maximal

Effectuez le branchement du **canal 2** de la source à la **bobine de gauche**.

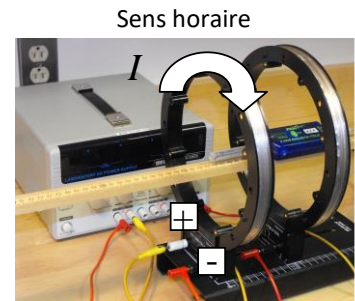
Gardez la sonde positionnée au centre de la bobine tel qu'illustré sur le schéma ci-contre.

À cette étape du laboratoire, nous désirons faire l'association entre une position sur la règle et un module de champ magnétique maximal.



Sens indiqué sur la bobine

Borne blanche : (+)
Borne noire : (-)
Sens courant + vers - : horaire



Sens horaire

Sur l'axe central, déterminez la position où l'on mesure un module de champ magnétique maximal généré par une bobine lorsqu'un courant de 1 A y circule (ajustez la **tension** de la source adéquatement). Vous pouvez déplacer la bobine afin que la position à déterminer coïncide avec une coordonnée simple sur la règle (exemple : le champ magnétique peut être maximal à la coordonnée $x = 50$ cm sur la règle).

Attention! Le mètre doit cependant rester au centre de la bobine et son axe doit demeurer perpendiculaire au plan de la bobine!

Position sur l'axe central associée au module du champ magnétique maximum : _____

Cette position correspond à la position du centre de la bobine.

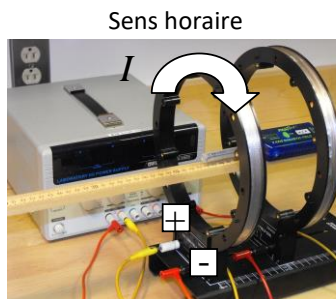
Tâche #5 : Sens du champ magnétique et règle de la main droite (voir but 1)

Mesurez le module et l'orientation du champ magnétique sur l'axe central de la bobine à 10 cm du centre de la bobine du côté gauche et droit à l'aide de la sonde lorsqu'un courant de 0,50 A et de 1,00 A circule dans la bobine dans le sens horaire et antihoraire (voir schémas ci-dessous). Ajustez la **tension** de la source adéquatement afin de débiter le courant désiré dans la bobine.

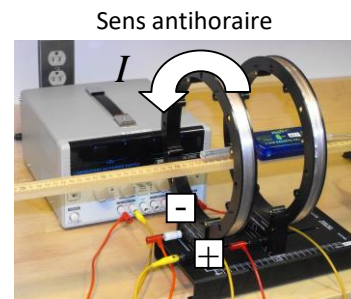


Sens indiqué sur la bobine

Borne blanche : (+)
Borne noire : (-)
Sens courant + vers - : horaire



Sens horaire



Sens antihoraire

Complétez le tableau ci-dessous en précisant le **module du champ magnétique** en gauss (G) ainsi que son **orientation** avec la notation vers la gauche ou vers la droite :

Courant	Sens horaire		Sens antihoraire	
	Champ magnétique à 10 cm à gauche du centre (G)	Champ magnétique à 10 cm à droite du centre (G)	Champ magnétique à 10 cm à gauche du centre (G)	Champ magnétique à 10 cm à droite du centre (G)
0,50 A				
1,00 A				

Rappel : $1 \text{ G} = 1 \times 10^{-4} \text{ T}$

Attention au signe indiqué sur la sonde, car il dépend de l'alignement de la sonde et du sens du champ magnétique! (voir schéma de la sonde avec la convention des signes)

Est-ce que le sens du courant influence l'orientation du champ magnétique ?

OUI NON

Est-ce que vos observations sont en accord avec la règle de la main droite déterminant l'orientation du champ magnétique généré par un courant ?

OUI NON

Tâche #6 : Relation entre le module du champ magnétique B et le courant I (voir but 2)

Vérifiez la relation existant entre le module du champ magnétique B généré au centre de la bobine et le courant I qui circule dans la bobine. Afin de prouver votre relation, effectuez un **graphique #1** sur Excel du **module du champ magnétique B** (en gauss) en **fonction du courant I** (en ampères) à l'aide de plusieurs mesures de courant entre 0 et 1 A. Annexe le tableau de vos données à votre **graphique #1**. N'oubliez pas d'introduire dans votre graphique l'équation de la droite.

SIGNATURE : Demandez la présence de votre enseignant pour vérifier votre graphique : _____

L'analyse de cette tâche sera réalisée dans la section **Rapport** de ce document.

Tâche #7 : Le module du champ magnétique B le long de l'axe central (voir but 3)

Vérifiez qu'une bobine de N spires parcourue par un courant I génère un champ magnétique de module B sur l'axe central de la bobine sous la forme de l'équation

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3(\alpha).$$

Ajustez la tension de votre source afin de faire circuler un courant I constant de votre choix entre 0,5 A et 1 A. Ce courant représentera votre courant théorique I_{th} lors de vos calculs :

Courant I_{th} utilisé ($0,5 \text{ A} < I_{th} < 1 \text{ A}$) : _____

Mesurer le module du champ magnétique sur l'axe central à différentes distances (entre -40 cm et 40 cm) du centre de la bobine à gauche et à droite et représenter vos données sur Excel sous la forme d'un **graphique #2** du **module du champ magnétique B** (en gauss) en **fonction de la position x** (en mètres) tel que $x = 0$ représente la coordonnée du centre de la bobine (la coordonnée du champ magnétique maximal de la tâche #5). Prenez suffisamment de données (surtout entre $x = -10 \text{ cm}$ et $x = 10 \text{ cm}$) et n'oubliez pas de retirer les données non significatives (fiche technique en annexe : 2-Axis Magnetic Field Sensor).

Attention! Le courant peut varier légèrement tout au long de vos mesures. Réajustez-le si nécessaire.

À quel graphique de la question 3 du prélaboratoire correspond le **graphique #2** ?

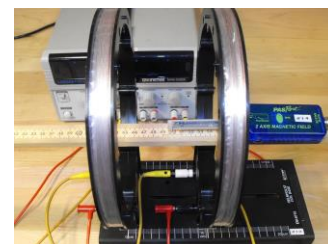
A B C D E F

SIGNATURE : Demandez la présence de votre enseignant pour vérifier votre graphique : _____

L'analyse de cette tâche sera réalisée dans la section **Rapport** de ce document.

Tâche #8 : Le principe de superposition (voir but 4)

Placez les deux bobines gauche et droite à 10 cm l'une de l'autre et positionnez la sonde **entre les deux bobines** (5 cm à droite de la bobine de gauche). Vous allez mesurer le champ magnétique généré par les deux bobines individuellement et par la suite simultanément afin vérifier le principe de superposition du champ magnétique. Lors de vos mesures, vous devrez respecter la convention suivante :



Placez la sonde entre les deux bobines. L'axe x positif est orienté vers la droite.

B_{xG} : Champ magnétique généré par la bobine gauche en gauss selon l'axe x.

B_{xD} : Champ magnétique généré par la bobine droite en gauss selon l'axe x.

Convention :

- Champ magnétique orienté vers la droite $\Rightarrow B_x > 0$ (sens positif de l'axe x)
- Champ magnétique orienté vers la gauche $\Rightarrow B_x < 0$ (sens négatif de l'axe x)

Remarque :

Si vous placez votre sonde comme sur l'image ci-haut, une mesure positive du champ magnétique par votre sonde signifie que le champ magnétique est orienté vers la droite.

À l'aide du **canal 2** de la source, faites circuler un courant de votre choix ($0,5 \text{ A} < I < 0,65 \text{ A}$) dans la **bobine de gauche** dans le sens horaire puis antihoraire afin de mesurer le champ magnétique généré par cette bobine seule. Débranchez cette bobine et refaites de même à l'aide du **canal 1** de la source et la **bobine de droite** avec un courant de votre choix ($0,85 \text{ A} < I < 1 \text{ A}$).

Bobine	Courant (A)	Champ magnétique généré par la bobine	Champ magnétique lors d'un courant horaire (G)	Champ magnétique lors d'un courant antihoraire (G)
Gauche (canal 2) ($0,5 \text{ A} < I < 0,65 \text{ A}$)		B_{xG} (gauche)		
Droite (canal 1) ($0,85 \text{ A} < I < 1 \text{ A}$)		B_{xD} (droite)		

Faites circuler simultanément les courants choisis précédemment dans les deux bobines en branchant le **canal 2** de la source à la **bobine de gauche** et le **canal 1** de la source à la **bobine de droite**. N'oubliez pas de positionner votre sonde **entre les deux bobines**. Mesurez le champ magnétique simultané $B_{x \text{ sim}}$ généré par les deux bobines dans les 4 configurations suivantes :

Configuration	$B_{x \text{ sim}}$ (G)
Bobine gauche : courant sens horaire Bobine droite : courant sens horaire	
Bobine gauche : courant sens horaire Bobine droite : courant sens antihoraire	
Bobine gauche : courant sens antihoraire Bobine droite : courant sens horaire	
Bobine gauche : courant sens antihoraire Bobine droite : courant sens antihoraire	

L'analyse de cette tâche sera réalisée dans la section **Rapport** de ce document.

Rapport

Analyse du graphique #1

À partir de votre **graphique #1**, la relation $B \propto I$ est-elle vérifiée ?

OUI

NON

Justifiez votre affirmation en appuyant votre argumentation sur des informations pouvant être obtenues à partir de votre **graphique #1**.

À partir de l'équation obtenue grâce au **graphique #1**, évaluez le nombre de spires de la bobine expérimentale N_{exp} à l'aide de l'équation théorique et comparez-le avec le nombre de spires théorique $N_{\text{th}} = 500$ spires à l'aide d'un pourcentage d'écart tel que

$$P_{\text{écart}} = \frac{N_{\text{exp}} - N_{\text{th}}}{N_{\text{th}}} \times 100\% .$$

Construction du graphique #3

Manipulez les données de votre **graphique #2** afin d'obtenir un **graphique #3** du module de B (en gauss) en fonction de $\sin^3(\alpha)$. Voici quelques fonctions Excel qui pourraient vous être utiles :

- **ABS(X)** ... fonction qui calcule la valeur absolue de X .
- **RACINE(X)** ... fonction qui calcule la racine carrée de X .
- **SIN(X)** ... fonction qui calcule le sinus de X . (Note : la valeur de X doit être donnée en radians.)
- **ATAN(X)** ... fonction qui calcule l'arc tangente de X . (Note : le résultat du calcul sera donné en radians.)

N'oubliez pas d'introduire dans votre graphique l'équation de la droite.

Évaluez la pente expérimentale m_{exp} du **graphique #3** et comparez-la à l'aide d'un pourcentage d'écart avec l'expression de la pente théorique m_{th} :

- Pente expérimentale m_{exp} du graphique : _____ G
- Pente m_{exp} en tesla ($1 \text{ G} = 1 \times 10^{-4} \text{ T}$) : _____ T
- Courant I_{th} ($0,5 \text{ A} < I_{\text{th}} < 1 \text{ A}$) : _____ A
- Pente théorique $m_{\text{th}} = N \frac{\mu_0 I_{\text{th}}}{2R}$: _____ T
- Pourcentage d'écart des pentes : _____ % $(P_{\text{écart}} = \frac{m_{\text{exp}} - m_{\text{th}}}{m_{\text{th}}} \times 100\%)$

Analyse du graphique #3

À partir de votre **graphique #3**, pouvez-vous valider ou non l'équation théorique $B = N \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3(\alpha)$?

OUI NON

Justifiez votre choix en appuyant votre argumentation sur des informations pouvant être obtenues à partir de votre **graphique #3**.

Vérification du principe de superposition

Recopiez les tableaux suivants remplis lors de la tâche #8 (voir page 8).

Bobine	Courant (A)	Champ magnétique généré par la bobine	Champ magnétique lors d'un courant horaire (G)	Champ magnétique lors d'un courant antihoraire (G)
Gauche (canal 2)		B_{xG} (gauche)		
Droite (canal 1)		B_{xD} (droite)		

Complétez le tableau ci-dessous (en recopiant à nouveau des données obtenues lors de la tâche #8) en appliquant le principe de superposition du champ magnétique

$$B_{x\text{sup}} = B_{xG} + B_{xD}$$

(principe de superposition à une dimension : attention aux signes !)

aux champs magnétiques générés par vos bobines de gauche et de droite dans les quatre configurations. Évaluez l'écart ΔB_x entre vos champs magnétiques simultanés $B_{x\text{sim}}$ et vos champs magnétiques par superposition $B_{x\text{sup}}$ l'aide de l'équation

$$\Delta B_x = |B_{x\text{sim}} - B_{x\text{sup}}|$$

Configuration	$B_{x\text{sim}}$ (G)	$B_{x\text{sup}}$ (G)	ΔB_x (G)
Bobine gauche : courant sens horaire Bobine droite : courant sens horaire			
Bobine gauche : courant sens horaire Bobine droite : courant sens antihoraire			
Bobine gauche : courant sens antihoraire Bobine droite : courant sens horaire			
Bobine gauche : courant sens antihoraire Bobine droite : courant sens antihoraire			

N'oubliez pas de considérer le signe de vos mesures dans vos calculs!

Compte tenu des incertitudes associées aux mesures, pouvez-vous valider le principe de superposition du champ magnétique ?

OUI NON

Justifiez votre choix en appuyant votre argumentation sur un critère basé sur l'incertitude de la sonde (fiche technique en annexe : 2-Axis Magnetic Field Sensor) qui est

$$B = X \pm 0,4 \text{ G.}$$

Constitution du rapport à remettre

Votre rapport à remettre devrait contenir les éléments suivants dans l'ordre qui suit :

- Les feuilles intitulée **Laboratoire** de la page 5 à 8.
- Les feuille intitulée **Rapport** de la page 9 à 11.
- Les **graphiques #1, #2 et #3** sur trois feuilles distinctes.
- Les **tableaux des données** des graphiques **#1, #2 et #3**.
- La feuille intitulée **Prélaboratoire** à la page 3 (si ce n'est pas déjà fait).