

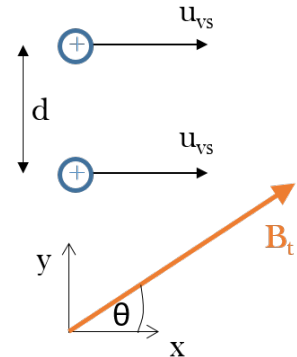
Exercices - Série 7

Exercice 1 Aurores boréales - niveau 1

Les aurores boréales observées vers les pôles de la Terre sont créées par des particules chargées provenant du vent solaire. Considérons deux protons qui arrivent vers la Terre avec une vitesse de $u_{vs} = 450 \text{ km s}^{-1}$, séparés par une distance $d = 6 \text{ mm}$, comme dans la figure.

a) Trouvez la force magnétique ressentie par le proton supérieur due au proton inférieur.

b) Les protons ressentent aussi le champ magnétique terrestre, $\vec{B}_t = B_x \hat{x} + B_y \hat{y}$, avec $|\vec{B}_t| = 48000 \text{ nT}$. Le champ est orienté à $\theta = 27^\circ$ par rapport à l'axe x . Trouvez la force magnétique ressentie par le proton supérieur due au champ magnétique de la Terre. Comparez avec la question (a).



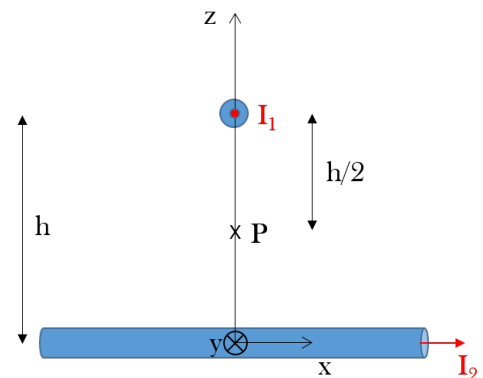
Exercice 2 Deux câbles perpendiculaires - niveau 2

Deux câbles infinis de rayon a sont orientés perpendiculairement comme dans la figure. Le câble du haut porte un courant I_1 dans la direction $-\hat{y}$ et le câble du bas porte un courant I_2 dans la direction \hat{x} .

a) Trouvez le champ magnétique le long de l'axe z entre $z = a$ et $z = h$ (milieu du câble du haut).

b) Pour $I_1 = 100 \text{ A}$ et $I_2 = 150 \text{ A}$, et en considérant une distance $h = 2.5 \text{ cm}$, quel est l'amplitude du champ magnétique au point P?

c) Décrivez la direction de l'aiguille d'une boussole placée au point P (son angle par rapport à l'axe \hat{x} dans le plan $x - y$). Notez que le champ magnétique de la terre est environ de $5 \times 10^{-5} \text{ T}$.

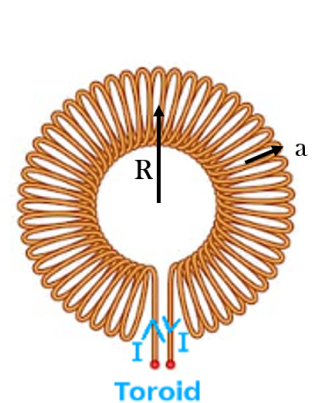


Exercice 3 Un tore - niveau 2

Considérons un solénoïde en forme de tore, comme dans la figure, avec un rayon majeur R et rayon mineur a . Le solénoïde a N tours d'un fil portant un courant I . Supposons que N est suffisamment grand pour considérer une symétrie cylindrique. Calculez le champ magnétique \vec{B} pour :

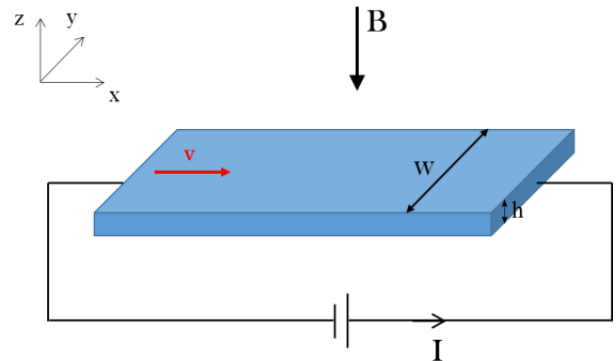
- a) $r < R - a$
- b) $R - a < r < R + a$
- c) $r > R + a$

et dessinez les lignes de champ. Quelle est l'amplitude du champ en $r = R$ si $I = 500 \text{ A}$, $N = 100$, et $R = 0.5 \text{ m}$?



Exercice 4 Effet Hall - niveau 2

Une plaque conductrice de largeur w et d'épaisseur h est traversée par un courant dans le sens $-\hat{x}$. La plaque est placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B} = -B\hat{z}$ comme indiqué sur la figure. On suppose que le courant est porté par des électrons se déplaçant à une vitesse $\vec{v} = v\hat{x}$.



a) Dans quelle direction les électrons seront-ils déviés ?

La déviation d'électrons polarise la plaque, créant donc une différence de potentiel entre les deux côtés de la plaque, et donc un champ électrique. L'état d'équilibre correspond à la situation où la force sur chaque électron due au champ électrique est égale et opposée à la force sur chaque électron due au champ magnétique. Le champ électrique d'équilibre s'appelle le champ de Hall et est noté E_H .

b) Pour $B = 0.1 \text{ T}$ et $v = 1.3 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$, calculez la valeur de E_H et trouvez sa direction.

c) Est-ce qu'en mesurant la différence de potentiel entre les deux côtés de la plaque, nous pourrions confirmer que les porteurs de charge dans le conducteur sont bien les électrons et non pas les ions ?

d) On souhaite utiliser ce dispositif pour mesurer un champ magnétique inconnu ; pour cela nous devons mesurer v et E_H . Quel composant pouvons nous ajouter au circuit qui permettrait la mesure de E_H ?

Le coefficient de Hall d'un matériau caractérise sa capacité à produire un champ de Hall ; il dépend de la mobilité des charges et de la conductivité du matériau. Si les charges mobiles du matériau sont uniquement les électrons (ce que l'on considère ici), de densité n , le coefficient de Hall est défini par $R_H = 1/(en)$.

e) Supposons que l'on connaisse R_H pour notre matériau, quel composant pouvons nous ajouter au circuit qui permettrait la mesure de v ?

f) Décrivez alors comment nous pourrions déterminer le champ magnétique B en ajoutant des composants au circuit. Quelles sont les limitations de ce système de mesure ?

Exercice 5 Balance - niveau 2

Un circuit pend verticalement sur le crochet d'une balance comme dans la figure. La balance est calibrée pour mesurer zéro avec le circuit pendu en absence de champ magnétique (on soustrait le poids du circuit). Le circuit, composé d'une pile de 1 V et d'une résistance de 0.5Ω , est partiellement suspendu dans un champ magnétique perpendiculaire à la feuille, avec la partie du haut hors du champ. Le circuit a une largeur de $a = 0.1$ m, et une longueur de $h = 0.07$ m est suspendu dans le champ.

Si la balance mesure un "poids" de 3.5 g, quelle est l'amplitude du champ magnétique ?

