Feuille d'exercices n°28 : Champ magnétique

Exercice 1 : Champ créé par un bobine longue :

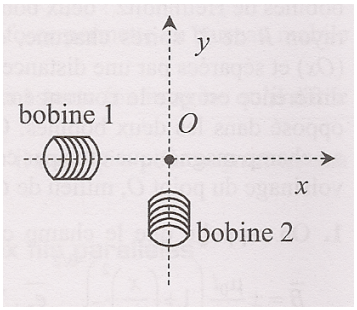
On considère une bobine de longueur L = 60 cm, de rayon R = 4 cm, parcourue par un courant d'intensité I = 0,6 A.

1) Déterminer le nombre de spires nécessaires pour obtenir un champ magnétique de $0{,}1.10^{-2}$ T.

2) La bobine est réalisée en enroulant un fil de 1,5 mm de diamètre autour d'un cylindre en carton. Combien de couches faut-il bobiner pour obtenir le champ précédent ?

Exercice 2 : Champ tournant :

Les deux bobines représentées ci-contre ont le même rayon, la même hauteur et le même nombre de spires.



Elles sont parcourues par des courants $i_1(t) = I_m \cos(\omega t)$ et $i_2(t) = I_m \sin(\omega t)$.

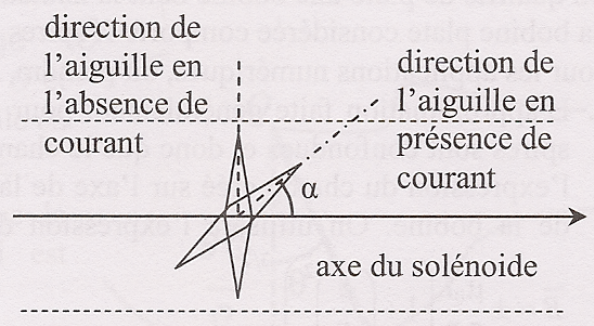
1) Quel est le déphasage entre ces deux courants ?

2) Montrer que le champ en O a une norme constante et qu'il tourne à la vitesse angulaire ω (dans quel sens).

3) On envisage un dispositif similaire utilisant trois bobines. Comment doit-on disposer les bobines et quels doivent être les déphasages entre les courants ?

Exercice 3 : Mesure du champ magnétique terrestre :

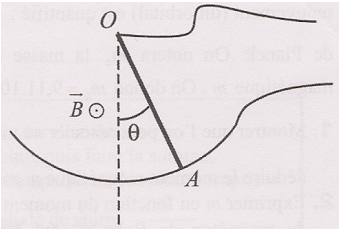
Pour mesurer approximativement la composante horizontale du champ magnétique terrestre, on utilise le dispositif suivant : une petite aiguille aimantée est placée à l'intérieur d'un solénoïde (pour les calculs on se place dans l'approximation du solénoïde infini), de manière à ce que, en l'absence de courant dans le solénoïde, l'aiguille soit orthogonale à son axe.



1) Indiquer qualitativement ce qui se produit lorsqu'un courant circule dans le solénoïde.

2) Avec un courant i = 96 mA, on relève $\alpha = 37°$. Sachant que le solénoïde comporte N = 130 spires et que sa longueur est de L = 60 cm, calculer la valeur de la composante horizontale du champ terrestre.

Exercice 4 : Equilibre d'une tige :



Une tige rectiligne de longueur l = OA fixée en O et parcourue par un courant i (il y a un contact mobile en A) est plongée dans un champ magnétique $\vec{B} = B\vec{u_z}$.

1) Quel doit être le sens du courant pour que la position d'équilibre corresponde à ce qui est indiqué sur le schéma ?

2) Donner l'expression de l'angle d'équilibre θ_{eq} en fonction de B, i, l, la masse m de la tige et l'accélération de la pesanteur g.

Exercice 5 : Rails de Laplace en pente :

On reprend la situation des rails de Laplace, mais au lieu d'être horizontaux, ils font un angle α avec l'horizontale. Le champ magnétique est constant et uniforme, vertical, dirigé vers le haut.
On prendra B = 150 mT, m = 8,0 g, l = 12 cm (masse et longueur du barreau mobile), $\alpha = 30°$ et g = 9,8 m.s^{-2}. On néglige les frottements.

1) Faire un schéma en précisant le sens du courant pour que la force permette au barreau mobile de monter le long des rails.

2) Calculer la valeur de i pour que le barreau monte à vitesse constante.

3) Calculer la puissance des forces de Laplace sur le barreau s'il met 0,5 s pour augmenter son altitude de 10 cm.

Exercice 6 : Force de Laplace entre deux fils parallèles :

Deux fils électriques verticaux parallèles et distants de a sont parcourus par le même courant i. On admet que le champ magnétique créé par un fil vertical vaut (en utilisant les coordonnées cylindriques) : $\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}\vec{u_\theta}$.

1) Pour que la force entre les deux fils soit attractive, les courants doivent-ils être de même sens ou en sens inverse ?

2) Donner l'expression de la force subie par une longueur l de fil. Comment cette force dépend-elle du courant i ?

3) Calculer numériquement cette force pour une longueur l = 20 cm de fil, les fils étant distants de a = 1 cm et le courant valant i = 12 A.

4) Calculer la valeur nécessaire pour que, la distance entre les fils étant de 1 mètre, la force d'attraction entre les deux fils soit égale à 2.10^{-2} N par mètre de fil.

Exercice 7 : Magnéton de Bohr :

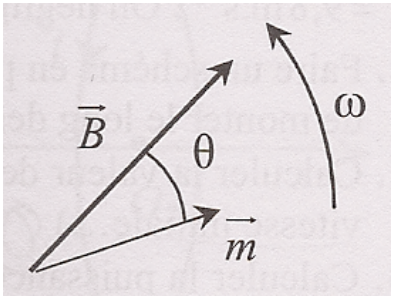
On adopte pour l'atome d'hydrogène le modèle de Bohr. Dans ce modèle, l'électron est en mouvement circulaire uniforme autour du proton, et le moment cinétique L associé à ce mouvement (dit orbital) est quantifié : $L = n\hbar$ où n est un entier et $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, h étant la constante de Planck.
On notera m_e la masse de l'électron pour ne pas la confondre avec le moment magnétique m. On donne $m_e = 9{,}11.10^{-31} kg$ et $h = 6{,}62.10^{-34} kg.m^2.s^{-1}$.

1) Montrer que l'on peut associer au mouvement orbital de l'électron un courant $i = \dfrac{ev}{2\pi a_0}$ et en déduire le moment magnétique m associé.

2) Exprimer m en fonction du moment cinétique orbital L de l'électron et en déduire l'expression du magnéton de Bohr μ_B, qui est le moment magnétique de l'électron dans son état fondamental.

3) Calculer numériquement μ_B.

Exercice 8 : Moteur synchrone :



On considère un modèle simple pour décrire le moteur synchrone. Le rotor, décrit par un moment magnétique $\vec{m}$, tourne avec la même vitesse angulaire (constante) ω que la champ magnétique $\vec{B}$ qui l'entraîne. On s'intéresse à l'angle interne du moteur $\theta = \left(\vec{m},\vec{B}\right)$ et au couple $\vec{M}$ exercé par le champ sur le moment magnétique.
On prendra B = 0,2 T, m = 8,0 A.m² et f = 50 tours/s.

1) Donner l'expression de M en fonction de θ.

2) Que vaut θ si le moteur fonctionne « à vide » (il n'entraîne rien), dans l'hypothèse où on néglige tout frottement ?

3) Le moteur doit entrainer un dispositif mécanique (charge) qui exerce un couple résistant M_r = 0,65 N.m. Calculer l'angle interne et la puissance fournie par le moteur.

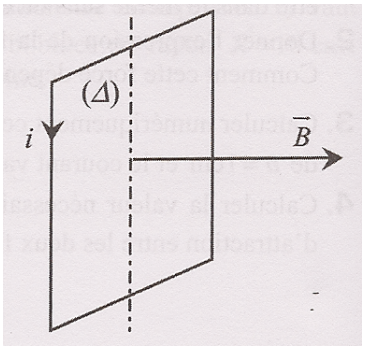
4) La vitesse de rotation dépend-elle de la charge ? Quel est le couple maximal que peut fournir ce moteur ?

Exercice 9 : Petites oscillations d'un aimant :

Un aimant homogène, de moment magnétique $\vec{m}$, est libre de tourner autour de G dans un plan horizontal. Il est soumis à l'action d'un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme. On note J son moment d'inertie par rapport à l'axe vertical passant par G.

L'aimant est légèrement tourné par rapport à sa position d'équilibre, tout en restant dans le plan horizontal, puis lâché. Quelle est la période des petites oscillations ultérieures ?

Exercice 10 : Cadre mobile en courant alternatif :



Une spire rectangulaire de surface S, dans laquelle circule un courant i sinusoïdal, d'amplitude I_m et de pulsation ω, est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ constant et uniforme, orthogonal à son axe de rotation (Δ).

1) En considérant la spire dans une position quelconque et $i = I_m$, indiquer le sens des forces de Laplace et du couple.

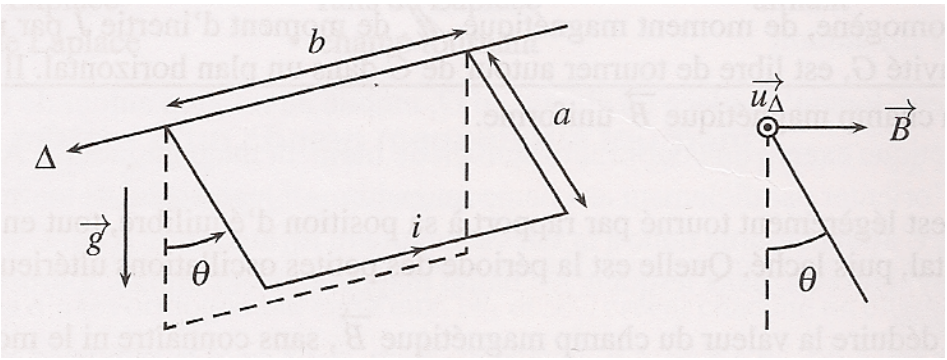
2) Expliquer qualitativement pourquoi, si la spire tourne à la vitesse angulaire ω, le couple moyen des forces de Laplace sur la spire est non nul.

3) Quelle doit être la position de la spire lorsque $i = I_m$ pour que le couple soit maximal ? Dans quel sens doit-elle tourner ?

4) Dans ce cas, calculer la valeur moyenne du couple des forces de Laplace sur la spire.

Exercice 11 : Action magnétique sur un cadre :

Un cadre conducteur tourne sans frottement autour de l'axe Δ. Il est composé de 4 segments, deux de longueur a et deux de longueur b. La masse totale du cadre est m, son moment d'inertie par rapport à Δ est J. Un dispositif, non représenté sur la figure, impose une intensité du courant i constante dans le cadre.



Le cadre est placé dans le champ de pesanteur et un champ magnétique uniforme. Le champ magnétique est horizontal, placé dans un plan perpendiculaire à l'axe Δ.

1) Quelle est la position d'équilibre θ_0 ?

2) On écarte légèrement le cadre de sa position d'équilibre. Quelle est la pulsation des petites oscillations alors observées ? On répondra en fonction de J, a, b, i, B, m et g.