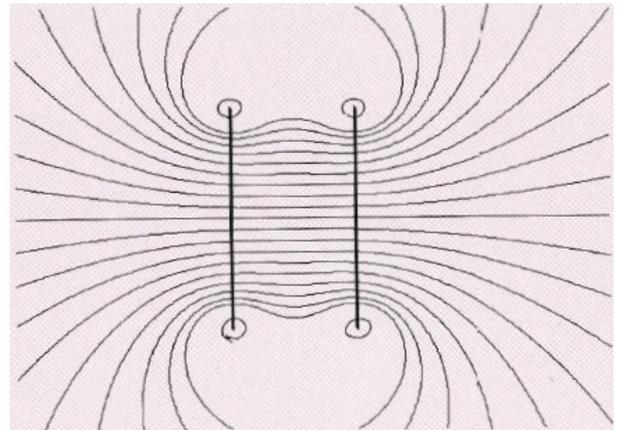
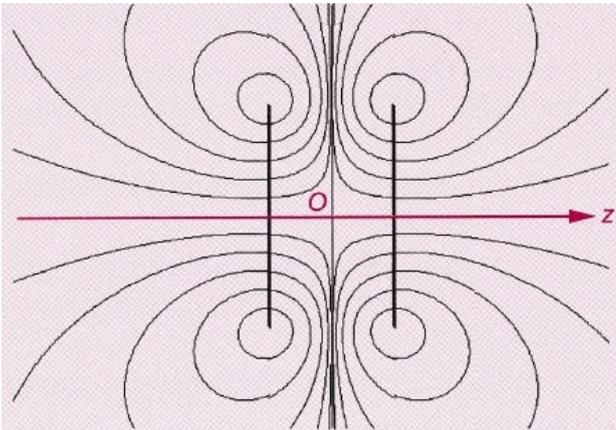


TD du chapitre 22

Exercices d'application directe du cours

Exercice n°1 Analyse de cartes de champ



- Q1. On s'intéresse tout d'abord à la carte de champ magnétique ci-dessus à gauche, qui a été obtenue dans le plan xOz :
- Préciser où se trouvent les sources de champ et commenter la forme des lignes en leur voisinage.
 - Le spectre magnétique s'avère invariant dans tous les plans contenant l'axe Oz , préciser la nature des circuits électriques produisant cette carte de champ.
 - Sur les axes Ox et Oz , où se trouvent les points où le champ est le plus intense? En déduire les sens relatifs de parcours des intensités dans les différents circuits.
 - En exploitant les symétries, comparer les intensités des différents courants; interpréter alors la situation en O .
- Q2. Quelle modification simple permettrait d'obtenir la carte de champ ci-dessus à droite, invariante par rotation autour de l'axe Oz ? Nommer ce dispositif.

Exercice n°2 Champ créé par une bobine longue

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

- La formule du champ du solénoïde ($B = \mu_0 n i$) est-elle valable?
- Déterminer le nombre de spires nécessaires pour obtenir un champ magnétique de 1 mT.
- 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 bobines pour obtenir le champ précédent?

Exercice n°3 Aimantation

On trouve sur un site commercial les ordres de grandeur suivants pour des aimantations d'aimants permanents. L'« aimantation » correspond à un moment magnétique par unité de volume.

AlNiCo 200	$600 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$
Ferrite 1000	$1700 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$
NdFeB	$2000 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$ à $4000 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$
SiCo ₅	$2000 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$ à $3000 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$
SmCo ₁₇	$3500 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$ à $5000 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$

Q1. Rappeler la dimension d'un moment magnétique et vérifier si les unités proposées dans le tableau sont cohérentes avec la définition donnée de la grandeur aimantation.

Considérons un aimant en forme de disque d'épaisseur $e = 1,0 \text{ mm}$ et de rayon $R = 5,0 \text{ mm}$.

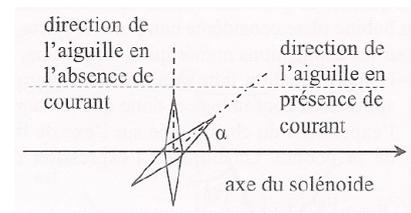
Q2. Calculer l'ordre de grandeur du moment magnétique d'un tel aimant en NdFeB (Néodyme-Fer-Bore).

Q3. Combien de spires de rayon R parcourues par une intensité $0,1 \text{ A}$ faudrait-il bobiner pour obtenir le même moment magnétique ?

Exercices ★**Exercice n°4 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.

À l'intérieur d'un solénoïde de longueur L comportant N spires supposé infini, le champ magnétique vaut : $\vec{B}_s = \frac{\mu_0 Ni}{L} \vec{e}_z$



Q1. Indiquer qualitativement ce qui se produit lorsqu'un courant circule dans le solénoïde.

Q2. Avec un courant $i = 96 \text{ mA}$, on relève $\alpha = 37^\circ$. Sachant que le solénoïde est constitué de $N = 130$ spires, et que sa longueur est $L = 60 \text{ cm}$, calculer la valeur de la composante horizontale du champ terrestre.

Q3. On estime l'incertitude sur l'angle α à 2° , et on néglige les incertitudes sur les autres grandeurs. Quelle est l'incertitude sur la valeur du champ ?

Exercice n°5 Moment magnétique atomique

On considère, dans une représentation de mécanique classique, qu'un électron de valence décrit une orbite circulaire centrée sur le noyau atomique. L'orbite est dans le plan $z = 0$ et le noyau est à l'origine O du repère. L'électron a une masse m_e et une charge électrique $q_e = -e$, l'orbite a pour rayon r et la période de révolution vaut T .

Q1. En considérant que l'électron définit une boucle de courant circulaire (une spire), déterminer l'intensité i correspondante en fonction de e et T .

Q2. En déduire le moment dipolaire magnétique en fonction de e , T et r .

Q3. Exprimer le moment cinétique L_{Oz} de l'électron associé à son mouvement orbital autour du noyau par rapport à l'axe de rotation, en fonction de m_e , r et T .

- Q4. Exprimer le rapport gyromagnétique γ qui est, par définition, le quotient du moment magnétique sur le moment cinétique par rapport à l'axe Oz . Faire l'application numérique.
- Q5. On admet que le moment cinétique orbital L_{Oz} ne peut prendre pour valeur que des multiples entiers de la constante de Planck réduite $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \times 10^{-34}$ J·s. Quelles sont les valeurs prises par le moment magnétique correspondant en considérant que le facteur gyromagnétique conserve la même expression ?

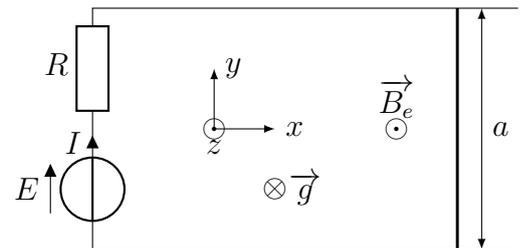
Exercice n°6 Rail de Laplace

Une tige conductrice de masse $m = 5,0$ g et de longueur $a = 5,0$ cm est posée sur des rails de Laplace alimentés par un générateur de tension continue de f.e.m. $E > 0$. La résistance électrique totale du circuit est $R = 4,0 \Omega$.

Un champ magnétique uniforme et stationnaire $\vec{B}_e = B_e \vec{u}_z$ est appliqué, avec $B_e = 50$ mT.

À cause des frottements sur les rails, la barre ne pourra glisser que si elle subit une force dont la norme est supérieure à $f_s mg$, où $f_s = 0,15$ est le coefficient statique de frottement solide entre la barre et les rails.

L'accélération de la pesanteur est $g = 9,8$ m·s⁻².



- Q1. Déterminer la force de Laplace exercée sur la barre. Dans quel sens la barre est-elle susceptible de glisser ?
- Q2. Quelle est la valeur minimale de E pour laquelle la barre se met en mouvement ?

Exercice n°7 Rails de Laplace en pente

On reprend la situation des rails de Laplace vue en cours, 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.

Données : $B = 150$ mT, $m = 8,0$ g, $\ell = 12$ cm (masse et longueur du barreau mobile), $\alpha = 30^\circ$; $g = 9,8$ m·s⁻².

On néglige les frottements.

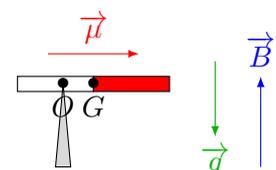
- Q1. Faire un schéma en précisant le sens du courant pour que la force permette au barreau mobile de monter le long des rails.
- Q2. Calculer la valeur de i pour que le barreau monte à vitesse constante (on imagine qu'il a une vitesse initiale).
- Q3. Calculer la puissance des forces de Laplace sur le barreau s'il met 0,5 s pour augmenter son altitude de 10 cm.

Exercices ★ ★

Exercice n°8 Équilibre d'un aimant

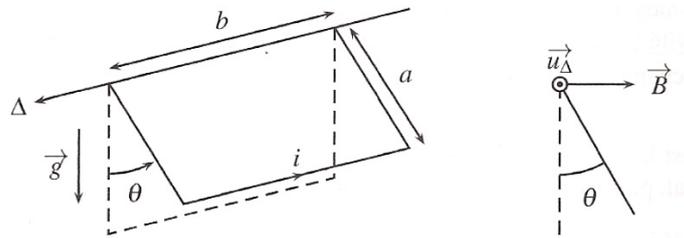
Un aimant très fin, de moment magnétique μ et de masse m , repose en équilibre au sommet O d'une pointe. Il est soumis à un champ magnétique uniforme \vec{B} et à la gravité.

Évaluer la distance $d = OG$ pour que l'aimant reste en équilibre.



Exercice n°9 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 et stationnaire. Le champ magnétique est horizontal, placé dans un plan perpendiculaire à l'axe Δ .

- Q1. Quelle est la position d'équilibre θ_0 ?
- Q2. 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 .

Exercice n°10 Moteur synchrone

Un moteur synchrone peut être décrit assez simplement de la façon suivante :

Le rotor, considéré comme un moment magnétique \vec{m} , tourne avec une vitesse angulaire ω constante, égale à la vitesse de rotation du champ magnétique \vec{B} qui l'entraîne. On constate en général que le moment magnétique est « en retard » sur le champ : il y a souvent un angle θ non nul entre les deux. On prendra, pour les applications numériques : $B = 0,2 \text{ T}$; $m = 8,0 \text{ A}\cdot\text{m}^2$; $\Omega = 50 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$

- Q1. Donner l'expression du couple subi par le moment magnétique en fonction de θ .
- Q2. Que vaut θ , si le moteur fonctionne à vide, en supposant qu'il n'y a aucun frottement ?
- Q3. Le moteur doit entraîner un dispositif mécanique qui exerce un couple résistant $\Gamma_r = 0,65 \text{ N}\cdot\text{m}$. Calculer l'angle θ et la puissance fournie par le moteur.
- Q4. La vitesse de rotation dépend-elle de la charge ? Quel est le couple maximal que peut fournir ce moteur ?