

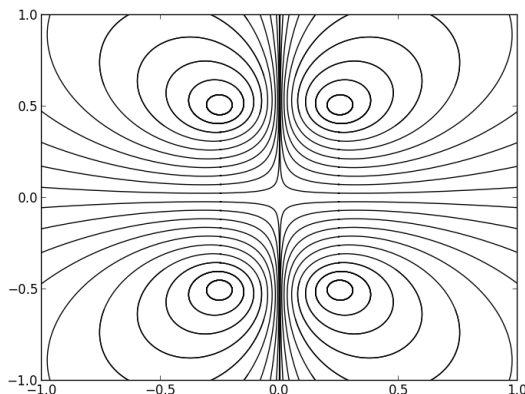


Capacités exigibles :

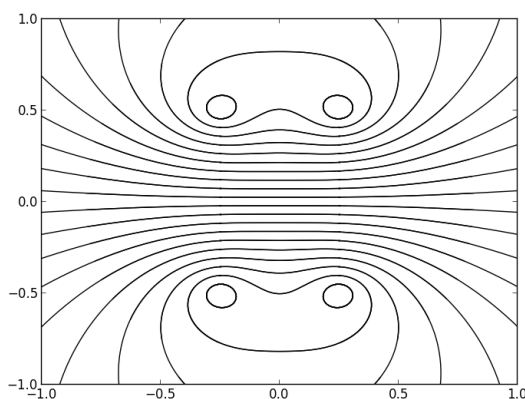
- Exploiter une représentation graphique d'un champ vectoriel, identifier les zones de champ uniformes, de champ faible, et l'emplacement des sources ●.
- Connaître l'allure des cartes de champ magnétiques pour un aimant droit, une spire circulaire et une bobine longue ✕.
- Connaître des ordres de grandeurs de champ magnétiques μ .
- Définir le moment magnétique associé à une boucle de courant plane ✱.

Exercice 1 Analyse de cartes de champs magnétiques*** ●✕✱

On considère la carte de champ magnétique ci-dessous dans le plan (Oxz) où (Ox) est l'axe vertical ascendant et (Oz) l'axe horizontal dirigé vers la droite de la figure.



1. Préciser où se trouvent les sources de champ et commenter la forme des lignes en leur voisinage.
2. La carte de champ s'avère invariante dans tous les plans contenant l'axe (Oz) , préciser la nature des circuits électriques produisant cette carte de champ.
3. 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.
4. En exploitant les symétries, comparer les intensités des différents courants ; interpréter alors la situation en O . Quelle modification simple permettrait d'obtenir la carte de champ ci-dessous qui est également invariante par rotation autour de l'axe Oz ?



5. Identifier sur cette nouvelle carte des zones où le champ est uniforme et donner un nom à ce dispositif.

Exercice 2 Champ créé par une bobine longue μ

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. La formule du champ dans un solénoïde est-elle valable ?
2. Déterminer le nombre de spires nécessaire pour obtenir un champ magnétique de $0,1 \cdot 10^{-2}$ T.
3. 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 3 Cable coaxial ✕

On rappelle dans cet exercice que le champ magnétique créé par un fil parcouru par un courant d'intensité I s'écrit en coordonnées cylindriques r, θ, z (l'axe du fil étant pris selon l'axe Oz) : $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_\theta$ où $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$ est la perméabilité du vide.

1. Rappeler la géométrie des lignes de champ magnétique autour d'un fil rectiligne.
2. Donner l'ordre de grandeur du champ magnétique à une distance $d = 1,0 \text{ cm}$ de l'axe d'un fil de section $1,5 \text{ mm}^2$ parcouru par un courant d'un ampère.
3. On utilise en travaux pratiques un câble coaxial au lieu de deux fils indépendants pour alimenter un dipôle. Ce câble supposé long et rectiligne comporte deux conducteurs cylindriques de même axe. Quelle est la relation entre les deux intensités qui circulent dans chacun des deux conducteurs ?
4. Que vaut le champ magnétique à l'extérieur d'un câble coaxial alimenté par un courant continu ? Conclure sur son intérêt.

Exercice 4 Aimants permanents ✕

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

AlNiCo 200	600 kA m^{-1}
Ferrite 1000	1700 kA m^{-1}
NdFeB	$2000 \text{ à } 4000 \text{ kA m}^{-1}$
SmCo5	$2000 \text{ à } 3000 \text{ kA m}^{-1}$
SmCo17	$3500 \text{ à } 5000 \text{ kA m}^{-1}$

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

On considère dans la suite de l'exercice un aimant en forme de disque d'épaisseur $e = 3,0 \text{ mm}$, et de rayon $R = 5,0 \text{ mm}$.

2. Calculer l'ordre de grandeur du moment dipolaire d'un tel aimant en NdFeB (néodyme - fer - bore).
3. Combien de spires de rayon R parcourues par une intensité de $0,1 \text{ A}$ faudrait-il bobiner pour obtenir le même moment dipolaire ?

Exercice 5 Magnéton de Bohr ✕

Dans le modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène, le noyau ponctuel est fixe en O et l'électron est mobile en M . On se place dans le référentiel du noyau R lié à la base orthonormée directe $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ et supposé galiléen. On note $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ le repère de projection polaire tel qu'en permanence $\vec{OM} = r\vec{u}_r$. L'électron a un mouvement circulaire uniforme autour du noyau. La rotation de période T de l'électron autour du noyau crée un courant d'intensité $I = \frac{e}{T}$ où e est la valeur absolue de la charge de l'électron et un moment magnétique $\vec{M}_L$.

1. Exprimer $\vec{M}_L$ en fonction de $e, \dot{\theta}, r$ et des vecteurs de projection.
2. Démontrer que $\vec{M}_L = -\gamma \vec{L}$ où $\vec{L}$ est le moment cinétique orbital de l'électron par rapport à O . Exprimer le rapport gyromagnétique γ en fonction de e et m_e , masse de l'électron.
3. De la quantification du moment cinétique $L = n\hbar = n\frac{h}{2\pi}$, déduire la valeur numérique du magnéton de Bohr μ_B , valeur de $\mathcal{M}$ pour $n = 1$. Données : constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masse de l'électron : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Solutions des exercices

²Réponses : 1) $\frac{L}{R} = 15$; 2) $N=796 \text{ spires}$; 3) 2 couches

³Réponses : 2) $B_\theta = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$; 3) $I_1 = -I_2$; 4) $B = 0$

⁴Réponses : 2) $m = 0,2 \text{ A.m}^2$; 3) $N = 3 \cdot 10^4$

⁵Réponses : 1) $\vec{M} = -\frac{e r^2}{2} \dot{\theta} \vec{u}_z$; 2) $\gamma = \frac{e}{2m_e}$; $\mu_B = 9,3 \cdot 10^{-24} \text{ A.m}^2$