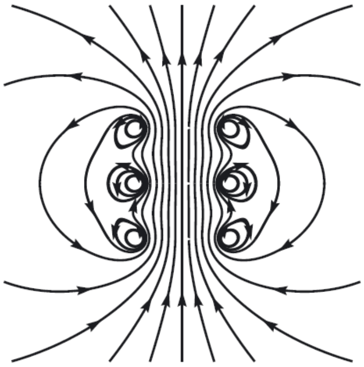
Travaux dirigés

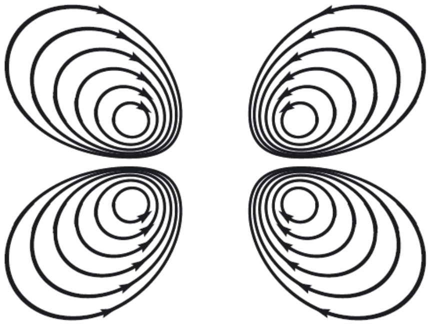
Chapitre 1 - Induction et forces de Laplace

TD I. Le champ magnétique et ses actions

Exercice I.1. Cartes de champ ★

Le courant sort-il ou rentre-t-il du plan de la figure ?





1. Dans les cartes de champs magnétique ci-dessus, **déterminer** où le champ est le plus intense.
2. **Détemriner** où sont placées les sources ?

Exercice I.2. Champ créé par une bobine longue ★

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

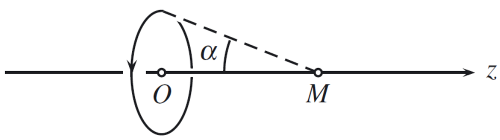
1. **Estimer** si la formule du champ dans un solénoïde est valable.
2. **Déterminer** le nombre de spires nécessaires pour obtenir un champ magnétique de $0{,}1 \times 10^{-2}\,\mathrm{T}$.
3. La bobine est réalisée en enroulant un fil de $1{,}5\,\mathrm{mm}$ de diamètre autour d'un cylindre en carton. **Déterminer** combien de couches il faut bobiner pour obtenir le champ précédent.

Exercice I.3. Champ créé par une spire sur son axe ★

Une spire de centre O et rayon R, parcourue par un courant d'intensité I, crée en tout point M de son axe (Oz) un champ parallèle à $\overrightarrow{u}_z$ de norme

$$B_{spire} = \frac{\mu_0 |I|}{2R} \sin^3 \alpha$$

où α est l'angle sous lequel on voit la spire depuis le point M.

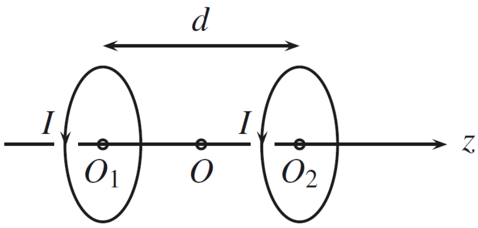


1. Le sens réel du courant étant celui indiqué sur la figure di-dessus, **déterminer** si le champ est dirigé suivant $\overrightarrow{u}_z$ ou suivant $-\overrightarrow{u}_z$.

2. On choisit pour sens conventionnel positif le sens représenté sur la figure. **Exprimer** le champ $\overrightarrow{B}_{spire}(M)$ en fonction de la coordonnée z de M.
3. **Représenter** l'allure de la courbe $B_{spire}(z)$. **Calculer** numériquement la norme du champ magnétique à $10\,\mathrm{cm}$ du centre de la spire, sachant que $R = 20\,\mathrm{cm}$ et $I = 0{,}50\,\mathrm{A}$.

Exercice I.4. Bobines de Helmholtz ★ ★

Deux bobines identiques ont le même axe de symétrie (Oz) et sont placées symétriquement par rapport au point O. Elles comportent chacune N spires circulaires qui ont toutes un rayon R, sont toutes parcourues par un courant d'intensité I dans le sens positif autour de (Oz), selon la règle de la main droite, et créent chacune un champ magnétique identique à celui de la spire de l'exercice précédent. Les champs magnétiques des spires s'ajoutent vectoriellement en chaque point M de l'espace.



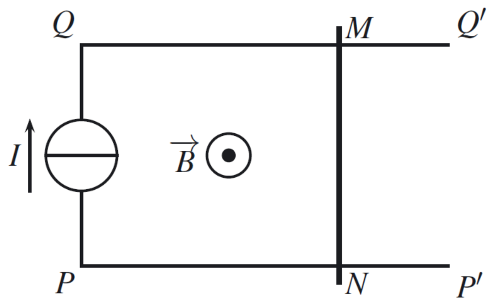
1. Le champ magnétique en un point M quelconque de l'axe (Oz) de coordonnée z est

$$\overrightarrow{B}(M) = B(z)\overrightarrow{u}_z.$$

   Donner l'expression de $B(z)$ en fonction de μ_0, N, I, R, $d = O_1O_2$ et z.
2. **Représenter** l'allure de la courbe $B(z)$ dans les deux cas $d \ll R$ et $d \gg R$.
3. On montre que : si $d = R$, alors $\mathrm{d}^2.\mathrm{d}B(0)z^2 = 0$. **Montrer** que dans ce cas $B(z) = B(0) + o(z^4)$. **Déterminer** l'intérêt pratique de cette situation.
4. Application numérique : calculer $B(0)$ pour $R = d = 20\,\mathrm{cm}$, $N = 100$ et $I = 0{,}50\,\mathrm{A}$

Exercice I.5. Canon magnétique ★

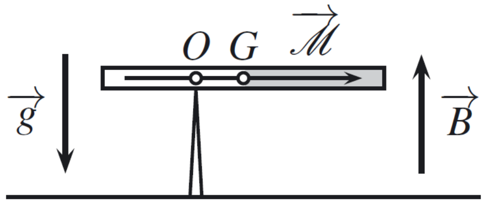
On considère le circuit électrique plan ci-dessous, dans lequel le conducteur MN de masse $m = 500\,\mathrm{g}$ peut glisser sans frottement et sans que le contact électrique soit rompu, sur les conducteurs QQ et PP'. L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B}$ normal au plan du circuit. La distance entre les rails est $l = 10\,\mathrm{cm}$.



1. Le circuit est alimenté par une source de courant stationnaire I. **Déterminer** la valeur de B pour qu'on puisse accélérer la masse jusqu'à une vitesse $v = 2{,}4 \times 10^3\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ sur une distance $d = 3\,\mathrm{m}$ si on peut produire un courant $I = 1 \times 10^3\,\mathrm{A}$.

Exercice I.6. Aimant en équilibre ★

Un aimant très fin, de moment magnétique $\overrightarrow{M}$ et de masse m, est en contact avec une pointe verticale en un point O différent de son centre de gravité G. Il est soumis à l'action d'un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B}$ et à son poids.



1. **Déterminer** la distance $d = OG$ pour que l'aimant soit en équilibre en position horizontale.

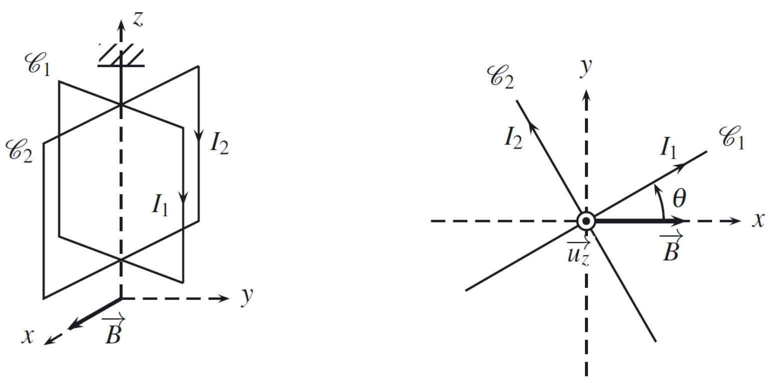
Exercice I.7. Petites oscillations d'une aiguille de boussole ★

Une aiguille de boussole, de moment magnétique $\overrightarrow{M}$, peut tourner librement autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité G. Son moment d'inertie par rapport à cet axe est J. Elle est placée dans un champ magnétique uniforme et stationnaire horizontal $\overrightarrow{B}$.

1. **Déterminer** la période des petites oscillations de l'aiguille autour de sa position d'équilibre.
2. On peut utiliser cette relation pour mesurer la composante horizontale $\overrightarrow{B}_H$ du champ magnétique terrestre, sans avoir à connaître ni la valeur de la norme $\mathcal{M}$ du moment magnétique, ni la valeur de J. On réalise pour cela deux expériences. Dans la première expérience on place l'aiguille à l'intérieur d'une bobine dans laquelle passe un courant qui crée un champ $\overrightarrow{B}_{bob}$ de même direction et sens que $\overrightarrow{B}_H$ et de norme $B_{bob} > B_H$; on mesure la période T_1 des petites oscillations. Dans la deuxième expérience, on inverse le sens du courant passant dans la bobine et on mesure la période T_2 des petites oscillations. **Exprimer** B_H en fonction de B_{bob} et du rapport T_1/T_2.

Exercice I.8. Deux cadres croisés ★

Deux cadres rectangulaires identiques $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_1$ sont rigidement fixés l'un à l'autre de manière à ce que leurs plans forment un angle droit. L'ensemble est suspendu à un fil souple et tourne librement autour de l'axe vertical (Oz) matérialisé par le fil. $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_1$ sont parcourus par des courants d'intensités respectives I_1 et I_2 constantes. Ils sont placés dans un champ magnétique uniforme, stationnaire et horizontal $\overrightarrow{B} = B\overrightarrow{B}_x$.



1. **Trouver** la relation entre le rapport I_1/I_2 et l'angle θ entre le plan du cadre $\mathcal{C}_1$ et le plan (Ozx) à l'équilibre.