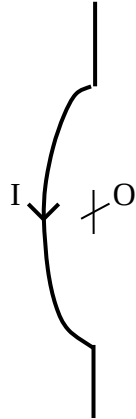


EM2 MAGNETOSTATIQUE DU VIDE

Travaux Dirigés

Exercice 1

Soit le circuit suivant représenté en perspective, constitué de deux demi fils rectilignes infinis reliés par un demi-cercle de centre O et de rayon R :

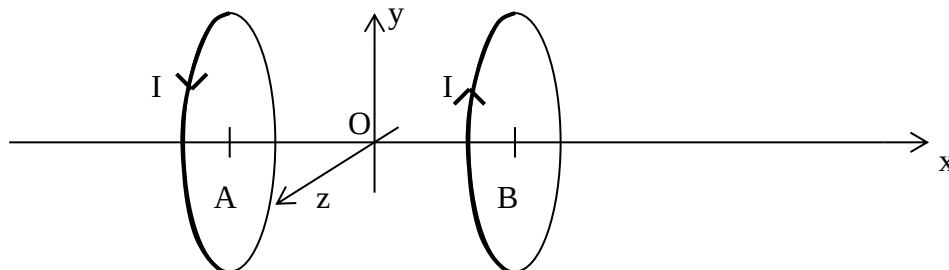


Ce circuit est parcouru par un courant d'intensité I .

- Chercher un plan de symétrie et un plan d'antisymétrie pour la distribution de courant.
- En déduire la direction du champ magnétique en O .

Exercice 2

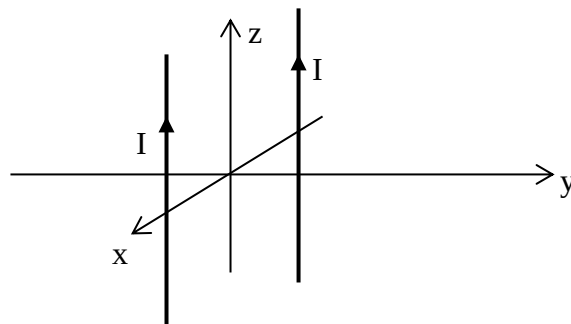
On considère deux spires de rayon R d'axe (Ox) parcourues par un courant d'intensité I mais les sens des courants sont opposés comme le montre la figure ci-dessous :



- Chercher un plan de symétrie et un plan d'antisymétrie pour la distribution de courant.
- Déterminer la direction du champ magnétique en tout point du plan (yOz) .
- Déterminer la direction du champ en tout point de l'axe (Ox) .
- Déterminer le champ magnétique en O .

Exercice 3

Soient deux fils rectilignes infinis équidistant de (Oz) parcourus par le même courant I :



- Déterminer la direction du champ en tout point du plan (yOz) ;
- En tout point de l'espace, quelle est la composante du champ magnétique nulle ? :
 B_x ? B_y ? B_z ?
- De quelles coordonnées, à priori, dépendent ses composantes non nulles x ? y ? z ?

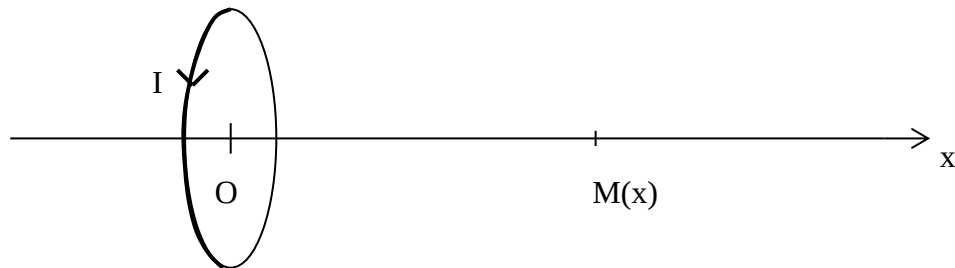
Exercice 4

On considère une spire de rayon R d'axe (Ox) parcouru par un courant d'intensité I .

- Déterminer la direction du champ magnétique en tout point de l'axe (Ox).
 L'intensité du champ magnétique $B(x)$ est donnée par l'expression suivante :

$$B(x) = \frac{\mu_0 I}{2} \cdot \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

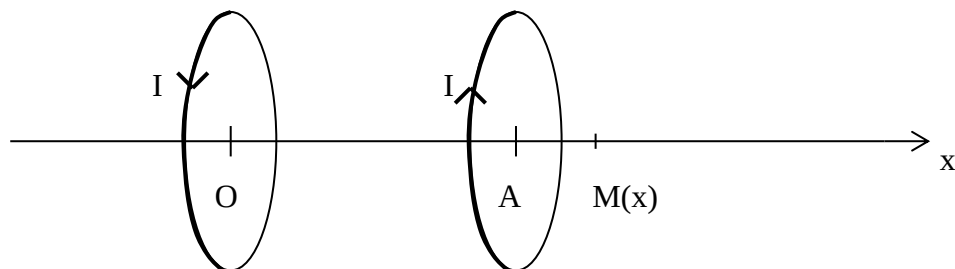
- Dessiner la courbe représentative de la fonction $B(x)$. Que vaut le champ maximal ?



- Retrouver $B(0)$ puis $B(x)$ à partir de la loi de Biot et Savart.

Exercice 5

On considère deux spires de rayon R d'axe (Ox) parcouru par un courant d'intensité I mais le sens des courants est opposé comme le montre la figure ci-dessous :



On appelle a la distance séparant O de A.

L'intensité du champ magnétique créé par la spire de centre O en un point M(x) est donné dans l'exercice précédent.

- En utilisant le principe de superposition, déterminer l'expression du champ magnétique $B_t(x)$ créé par les deux spires en tout point M de l'axe (Ox). On exprimera ce champ en fonction de μ_0 , R , I , a et x .
- Déterminer la position du point où le champ s'annule.
- Tracer l'allure de la courbe représentative de la fonction $B_t(x)$.

Exercice 6

On considère un fil rectiligne de longueur infinie parcouru par un courant d'intensité I .

- a) Déterminer l'expression du champ magnétique en tout point de l'espace.

On considère maintenant deux fils rectilignes de longueur infinie parcouru par deux courants identiques I et de même sens. Ces deux fils sont parallèles et distants de a .

Dans le repère cartésien, on pourra prendre ces deux fils dans le plan (xOz) parallèle à (Oz) et passant par les deux points de coordonnées respectives $A(a/2, 0, 0)$ et $B(-a/2, 0, 0)$.

- b) Déterminer le champ magnétique en tout point du plan (xOz) : plan contenant les deux fils.
c) Même question en tout point du plan (yOz) : plan médian des deux fils.

Exercice 7

On considère un fil épais rectiligne de longueur infinie parcouru par un courant d'intensité I . Ce fil a un rayon R et on suppose que le vecteur densité de courant $\vec{j}$ est uniforme au sein du fil.

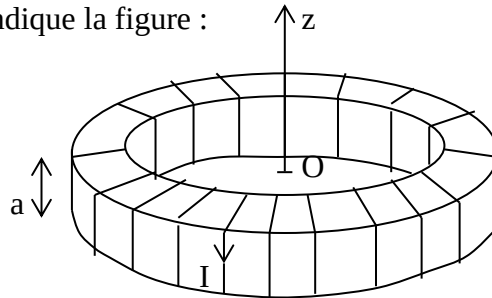
- a) Calculer l'expression de $\|\vec{j}\|$ en fonction de I et R .

- b) Par application du théorème d'Ampère, déterminer l'expression du champ magnétique $\vec{B}$ en tout point de l'espace tant intérieur qu'extérieur au fil.

- c) Tracer $B(r)$.

Exercice 8

On considère un circuit constitué par un tore à spires carrées de rayon moyen R . Les spires sont de côtés a comme l'indique la figure :



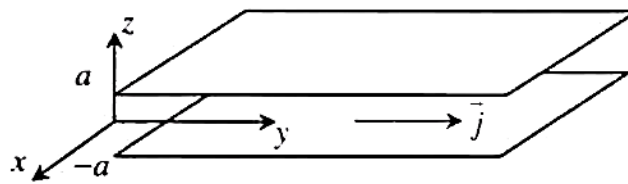
Chacune des spires est parcourue par un courant d'intensité I et on supposera un nombre de spires (réparties régulièrement) N suffisant pour que les lignes de champ soient des cercles d'axe (Oz) : la norme du champ n'est alors fonction que de la distance à l'axe (Oz) .

Déterminer les caractéristiques du champ magnétique en tout point de l'espace.

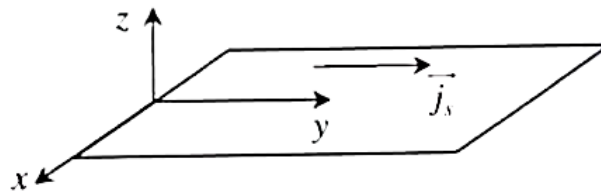
Exercice 9

On modélise une piste conductrice dans un circuit intégré, où les courants circulent sur de très faibles épaisseurs, par la distribution de courants suivante :

- Pour $-a < z < a$: $\vec{j} = j_0 \cdot \vec{e}_y$
- Pour $z < -a$ ou $z > a$: $\vec{j} = \vec{0}$



1. Analyser les symétries et invariances de cette distribution de courants. En déduire une information sur la parité de la fonction $B = f(z)$.
2. Déterminer le champ magnétique créé dans tout l'espace. Tracer l'allure de $B = f(z)$.
3. On passe à la limite surfacique en considérant que l'épaisseur $e = 2a$ de la distribution volumique tend vers zéro.

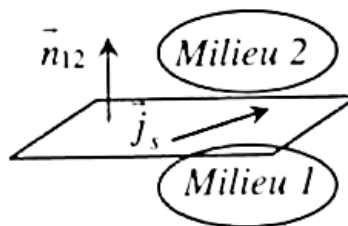


- a. Donner l'expression de la densité surfacique de courant j_s en fonction j et a .
- b. Donner l'expression du champ magnétique en tout point de l'espace.
- c. Le résultat est-il en accord avec la relation de passage pour $\vec{B}$ en présence de courants surfaciques ?

On donne la relation de passage qui traduit la continuité de la composante normale de $\vec{B}$ et la discontinuité de sa composante tangentielle en présence de courants surfaciques :

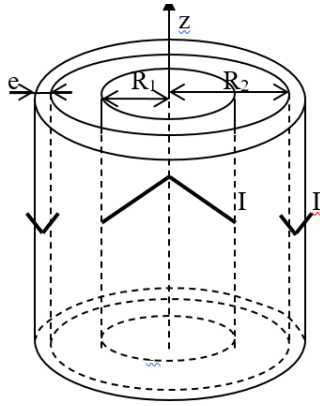
$$\vec{B}_2 - \vec{B}_1 = \mu_0 \cdot \vec{j}_s \wedge \vec{n}_{12}$$

où $\vec{n}_{12}$ désigne le vecteur unitaire normal à la surface de séparation entre les 2 milieux et est dirigé du milieu 1 vers le milieu 2. $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ sont respectivement les champs dans les milieux 1 et 2 au voisinage immédiat de la surface.



Exercice 10

- 1) Un câble coaxial est constitué d'un conducteur cylindrique central (1) d'axe (Oz) de rayon R_1 (âme du conducteur) entouré d'un conducteur cylindrique creux (2) lui aussi d'axe (Oz) de rayon intérieur R_2 et de rayon extérieur $R_2 + e$ (on supposera $e \ll R_2$). Ces conducteurs cylindriques sont supposés de très grande longueur par rapport à leur rayon. Le conducteur (1) est parcouru par un courant d'intensité I uniformément réparti sur la section de rayon R_1 alors que le conducteur (2) est parcouru par le courant de retour d'intensité $-I$.



Représentation d'une longueur l des deux cylindres (quasi-infinis selon Oz))

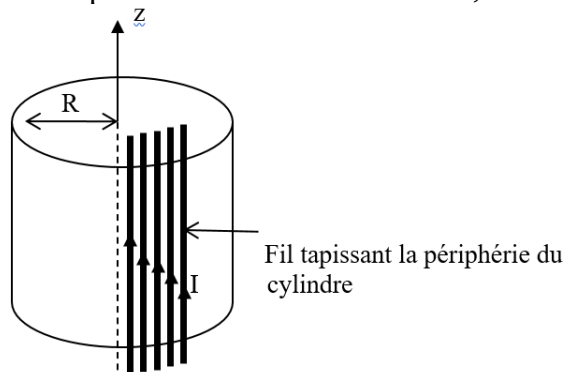
Déterminer l'expression du vecteur champ magnétique (direction, sens et intensité) en tout point M distant de r de l'axe Oz dans les 3 cas suivant :

$$0 < r < R_1$$

$$R_1 < r < R_2$$

$$r > R_2 + e$$

- 2) Un cylindre de longueur infinie, d'axe (Oz), de rayon R est tapissé de fils électriques de longueur infini de diamètre $d \ll R$ sur toute sa périphérie. Ces fils sont jointifs et chacun d'entre eux est parcouru par un courant d'intensité $I = 0,5A$.



- Calculer le nombre de fils tapissant le conducteur si $R=5cm$ et $d=0,5mm$ (vernis compris).
- Par des considérations de symétrie, déterminer la direction du champ magnétique en tout point de l'espace.
- Par application du théorème d'Ampère, exprimer le champ magnétique en tout point de l'espace.