UNIVERSITE IBN TOFAIL
ECOLE NATIONALE DES SCIENCES APPLIQUEES
Cycle Intégré Préparatoire aux Formations d'Ingénieurs

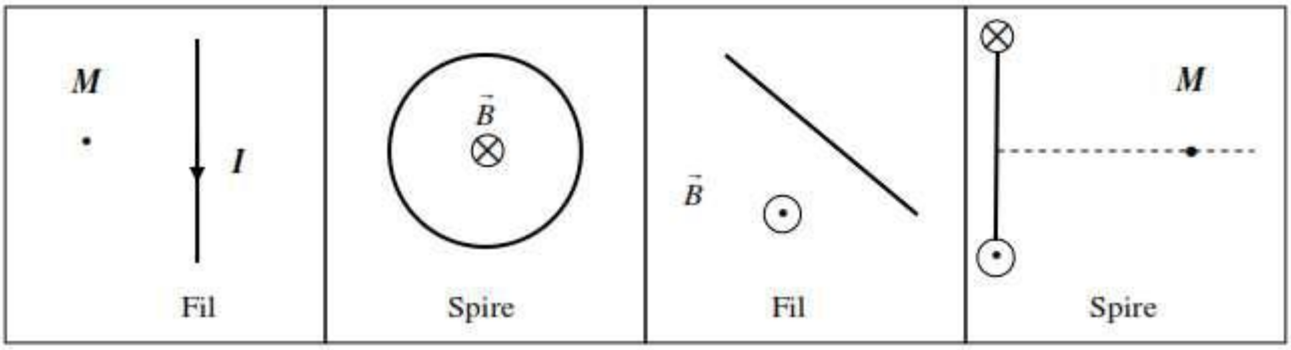
Année Universitaire 2015/2016

Electromagnétisme et Electrocinétique des courants alternatifs

T.D N° 1 : Symétrie et orientation du champ magnétique - Loi de Biot et Savart

Exercice 1.1. *Application des règles d'orientation du champ magnétostatique*

A partir des différents procédés techniques énoncés en cours (règles des trois doigts, du tire bouchon, du bonhomme d'Ampère et de la main droite), déterminer selon le cas l'orientation du champ magnétostatique total au point ***M*** ou du courant ***I*** pour le conducteur.

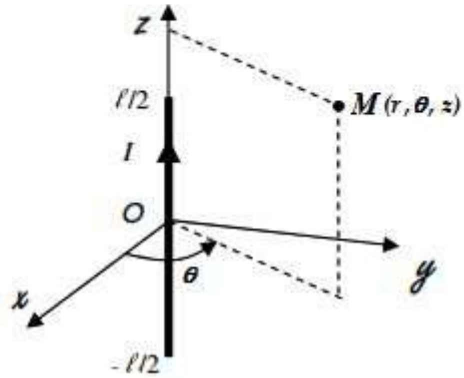


Exercice 1.2. *Fil de longueur finie*

On considère une distribution constituée par un fil rectiligne de longueur finie parcouru par un courant d'intensité ***I***.

1.2.1. Faire l'étude des invariances et en déduire les coordonnées dont dépend le champ magnétique au point ***M***.

1.2.2. Par des considérations de symétries, donner l'orientation du vecteur champ magnétique au point ***M***.



Exercice 1.3. *Champ magnétostatique d'un circuit constitué par des tronçons rectilignes*

Pour calculer le champ magnétique crée au point ***A*** par la portion du circuit de la ***figure 2*** traversé par un courant d'intensité ***I***, on est amené à additionner les contributions de chaque tronçon rectiligne ***AB, BC, CD, DE, EF*** et ***FA***, que l'on calculera en utilisant la loi de ***Biot et Savart***.

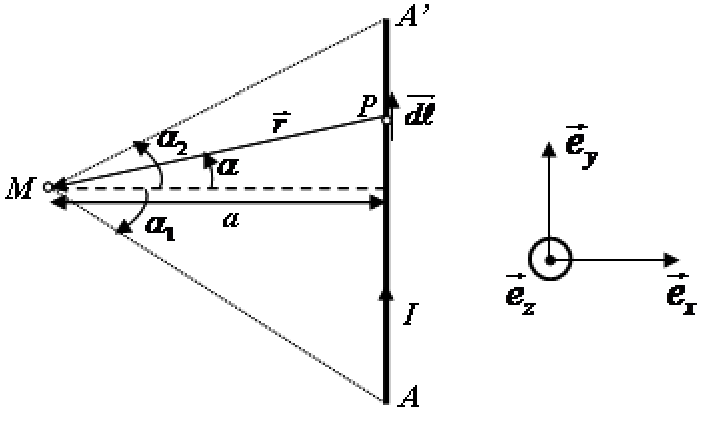


Figure 1

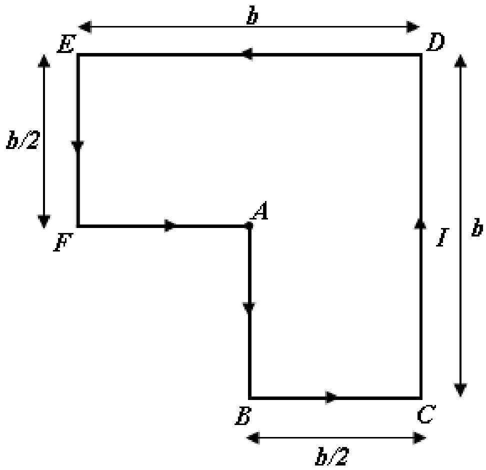


Figure 2

1.3.1- Donner l'expression du champ élémentaire $\overrightarrow{dB}(M)$ crée en un point ***M*** par l'élément de circuit $\overrightarrow{d\ell}$ de la ***figure 1*** traversé par le courant ***I*** en fonction de μ_0, ***I***, $\overrightarrow{d\ell}$, $r = \|\vec{r}\|$ et $\vec{r}$.

1.3.2- Donner l'expression du champ total crée en ***M*** par le segment de conducteur ***AA'*** de la ***figure 1*** en fonction de μ_0, ***I***, ***a***, α_1, α_2 et $\vec{e}_z$.

1.3.3- Que devient ce champ si le tronçon est de longueur infinie ?

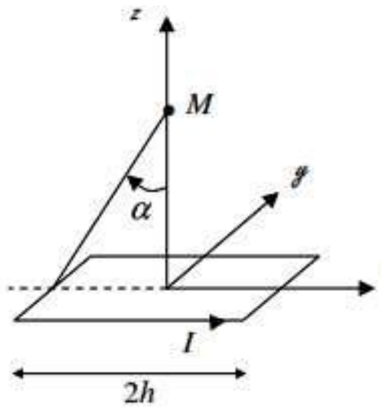
On considère la portion de circuit ***ABCDEFA*** dans le plan (***O,x,y***) représentée sur la ***figure 2*** parcouru par un courant ***I.***

1.3.4- Quelle est la direction et le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}(A)$ crée par le circuit ***ABCDEFA*** au point ***A***. Justifier votre réponse.

1.3.5- En utilisant le résultat de la question **(1.3.2-)**, donner l'expression du champ $\vec{B}(A)$ crée au point ***A*** par cette portion.

Exercice 1.4. *Champ magnétostatique d'un circuit carré (Exercice supplémentaire)*[*]

On connaît le champ magnétostatique créé par un segment de longueur ***2h*** parcouru par un courant ***I*** en un point ***M*** situé à la distance ***a*** de l'axe du segment.



1.4.1. Faire un dessin représentant le segment et le vecteur champ magnétostatique dans le système de coordonnées cylindrique. Donner l'expression du champ.

1.4.2. Soit un circuit carré de coté ***2h*** parcouru par un courant ***I*** (***figure ci-contre***). Par des considérations de symétries, déterminer l'orientation du vecteur champ magnétostatique total au point ***M***.

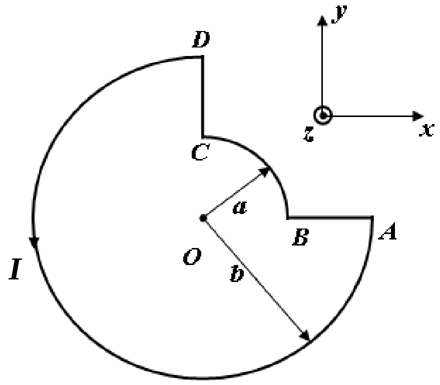
1.4.3. Exprimer le module du vecteur champ magnétostatique créé au point ***M (0, 0, z)*** par un seul segment en fonction de l'angle μ_0, ***I***, α et ***h***.

1.4.4. Calculer le vecteur champ magnétostatique $\vec{B}(M)$ total créé en ***M***.

1.4.5. En déduire le champ magnétostatique au centre du circuit carré.

Exercice 1.5. *Champ magnétostatique d'un circuit constitué par des tronçons rectilignes et circulaires*

Un fil conducteur est formé de deux arcs de cercle de rayons $a < b$ et de même centre ***O*** réunis par deux segments. Il circule un courant ***I*** dans le fil, (figure ci-contre).



1.5.1- Représenter sur la figure le vecteur champ magnétique $\vec{B}(O)$ au centre ***O***. Expliquer la méthode utilisée.

1.5.2- Déterminer le champ magnétique $\vec{B}(O)$ crée par ce courant au point ***O***.

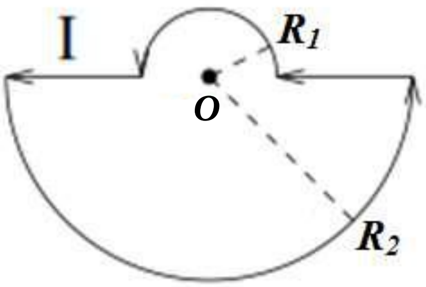
1.5.3- Déduire le champ crée au centre ***O*** d'une spire de rayon ***R.***

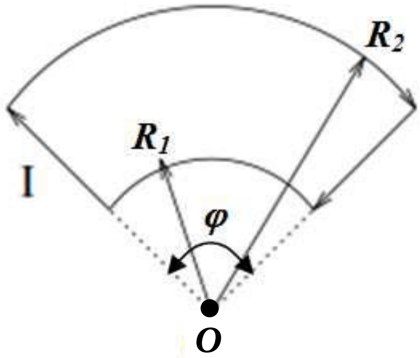
Exercice 1.6. *Champ magnétostatique d'un circuit constitué par des tronçons circulaires (Exercice supplémentaire)*[*]

Un fil conducteur est formé de deux arcs de cercle de rayons $R_1 < R_2$ et de même centre ***O*** réunis par deux segments. Il circule un courant ***I*** dans le fil.

Déterminer le champ magnétique $\vec{B}(O)$ crée par ce courant au point ***O***, pour les deux configurations suivantes.

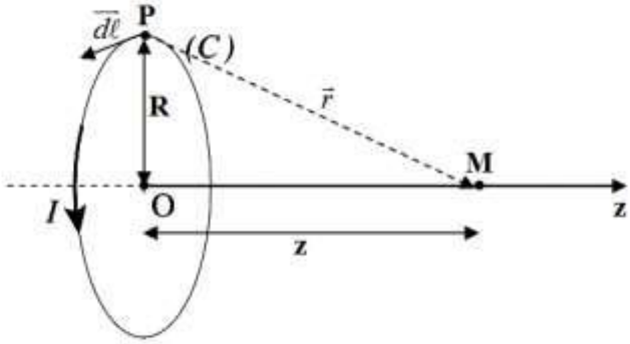
[*] Devoir libre n°1





Exercice 1.7. *Champ magnétique crée sur son axe par une spire*

On considère une spire circulaire (***C***) de rayon ***R***, de centre ***O***, d'axe ***(Oz)***, parcourue par un courant d'intensité ***I***. Soit un point ***M*** de son axe ***(Oz)*** (***figure ci-contre***).

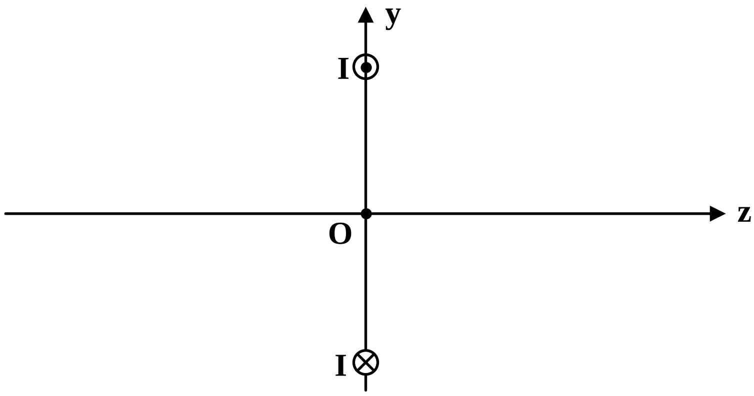


1.7.1- A l'aide des propriétés de symétries, montrez que le champ magnétique $\vec{B}(M)$ créé par la spire (***C***) est porté par l'axe ***(Oz)***.

1.7.2- A l'aide de la loi de Biot et Savart. Déterminer le champ $\vec{B}(M)$ en un point ***M(0,0,z)*** de l'axe (***Oz***), montrer qu'il peut s'écrire sous la forme : $\vec{B}(M) = I.f(z).\vec{u}$.

Où $\vec{u}$ est un vecteur unitaire que l'on définira et $f(z) = \dfrac{\mu_0 R^2}{2\left(z^2+R^2\right)^{\frac{3}{2}}}$.

1.7.3- Tracer schématiquement (sans calcul supplémentaire) les lignes de champ de $\vec{B}$ dans le plan (***O,y,z***).



Exercice 1.8. *Champ magnétique crée sur son axe par un solénoïde*

Un solénoïde est un enroulement serré de fils fins parcourus par un courant sur une surface cylindrique d'axe ***Oz***, de centre ***O***, de rayon ***a*** et de longueur ***L***, correspondant à l'association de ***N*** spires (voir ***Figure 3***). Il comporte donc ***n*** spires par unité de longueur. Il est parcouru par un courant d'intensité ***I***.

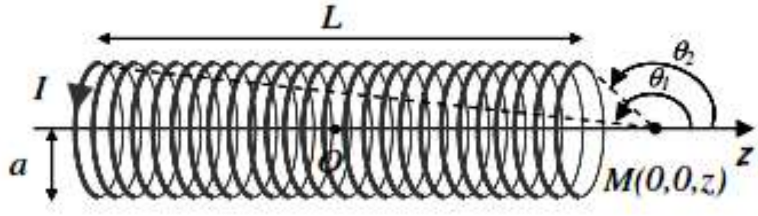


Figure 3

1.8.1. Afin de calculer le champ magnétostatique, le solénoïde sera décomposé en portions élémentaires de longueur ***dz*** (voir ***Figure 4***). Donner la contribution $\overrightarrow{dB}(M)$ en fonction de ***n, μ₀, I, a, dz*** et ***θ*** en généralisant le résultat obtenu pour une spire.

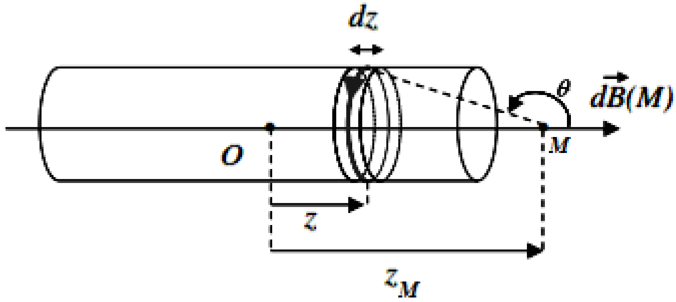


Figure 4

1.8.2. Exprimer le vecteur champ magnétostatique $\vec{B}(M)$ en un point ***M*** de l'axe ***Oz*** en fonction de ***n***, μ_0, ***I*** et des deux angles θ_1 et θ_2.

1.8.3. Calculer en fonction de ***n***, μ_0, ***I, L*** et ***a*** le vecteur champ magnétostatique $\vec{B}$ au point ***O***. Envisager le cas où ***a*** >> ***L***.

1.8.4. Déterminer l'expression du champ magnétostatique si le solénoïde devient infini.

1.8.5. Application numérique. Calculer la valeur du champ à l'intérieur d'un solénoïde considéré comme infini (***I = 1 A, a = 1 cm, n = 1000 spires/m***).