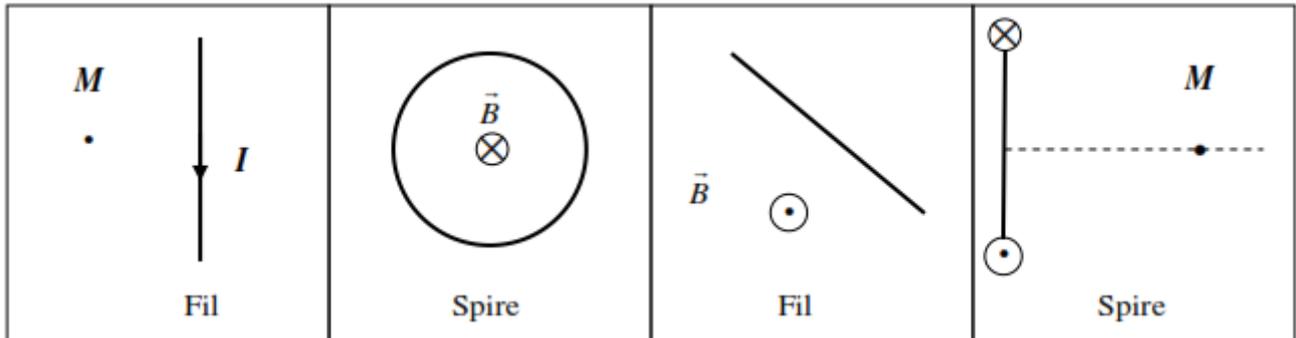


M9 : Electromagnétisme et Electrocinétique des courants alternatifs

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.

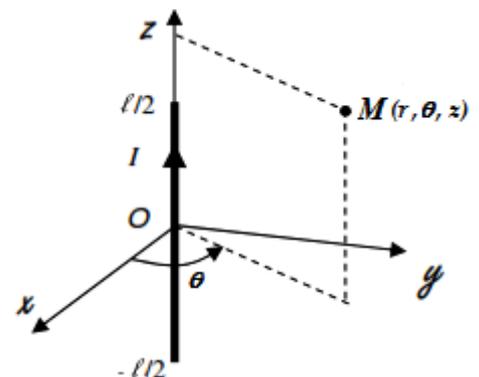


Exercice 1.2. Fil de longueur finie

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*.

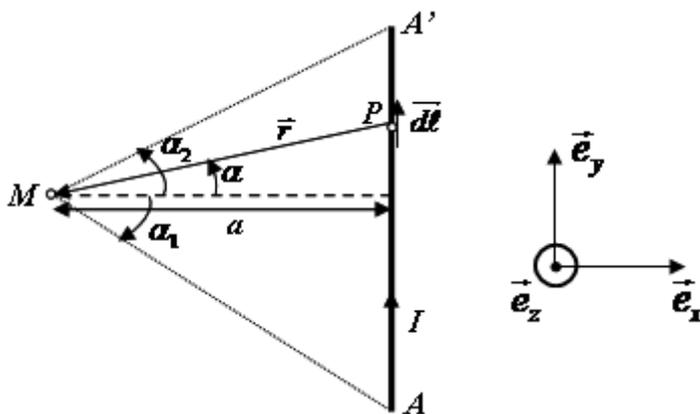


Figure 1

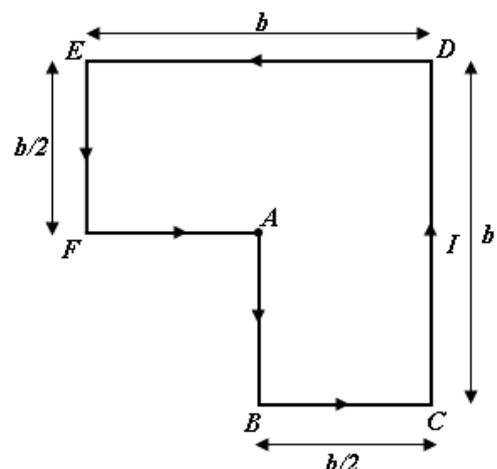


Figure 2

1.3.1- Donner l'expression du champ élémentaire $\vec{dB}(M)$ créée en un point M par l'élément de circuit $d\vec{\lambda}$ de la *figure 1* traversé par le courant I en fonction de $\mu_0, I, d\vec{\lambda}, \mathbf{r} = \|\vec{r}\|$ et \vec{r} .

1.3.2- Donner l'expression du champ total créée en M par le segment de conducteur AA' de la *figure 1* en fonction de $\mu_0, I, a, \alpha_1, \alpha_2$ 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 $\vec{B}(A)$ créée par le circuit $ABCDEFA$ au point A . Justifier votre réponse.

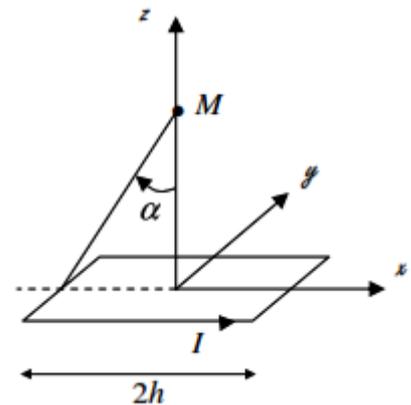
1.3.5- En utilisant le résultat de la question (1.3.2-), donner l'expression du champ $\vec{B}(A)$ créée au point A par cette portion.

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.

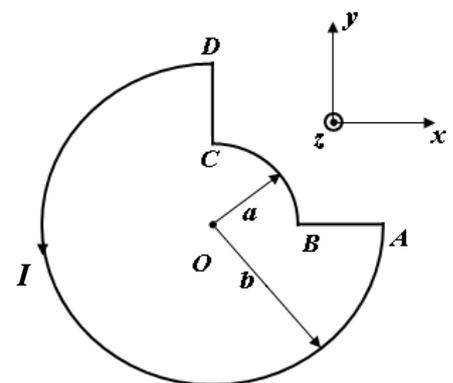
Exercice 1.5. *Champ magnétostatique d'un circuit constitué par des tronçons rectilignes et circulaires*

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 $\vec{B}(O)$ créée par ce courant au point O .

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

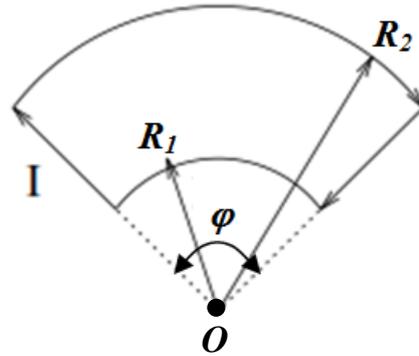
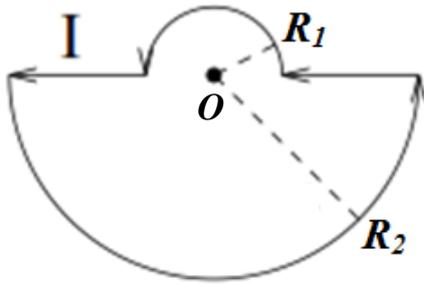


Exercice 1.6. *Champ magnétostatique d'un circuit constitué par des tronçons circulaires (Exercice supplémentaire)**

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.

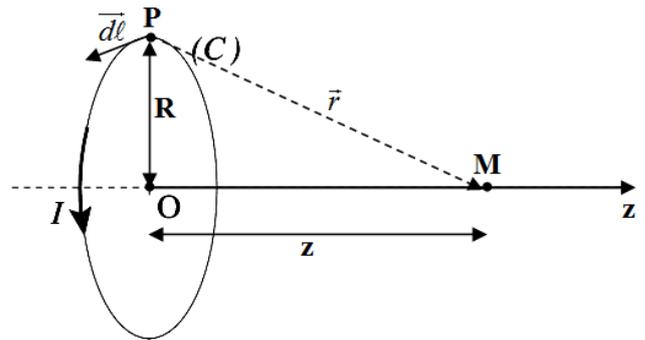
Déterminer le champ magnétique $\vec{B}(O)$ créée par ce courant au point O , pour les deux configurations suivantes.

* Devoir libre n°1



Exercice 1.7. Champ magnétique créée 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).

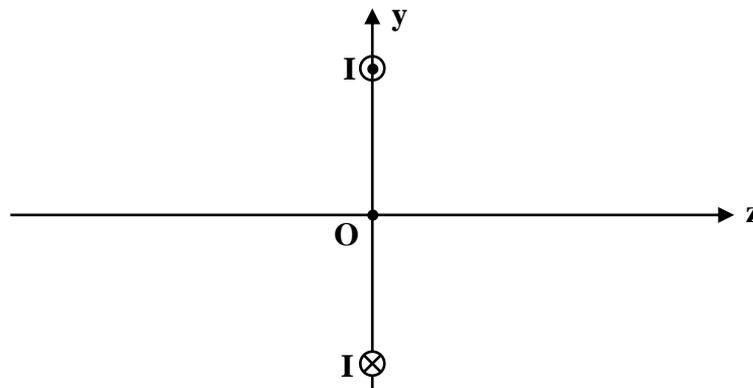


1.7.1- A l'aide des propriétés de symétries, montrez que le champ magnétique $\vec{B}(M)$ créé par la spire (C) est porté par l'axe (Oz).

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 : $\vec{B}(M) = I \cdot f(z) \cdot \vec{u}$.

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

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 créée 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.

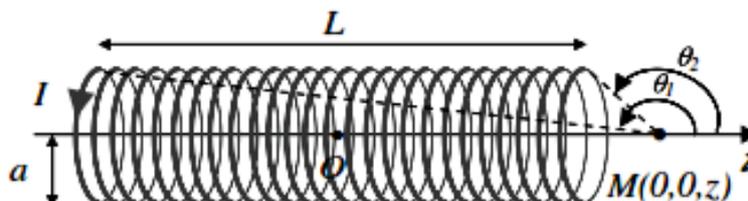


Figure 3

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 $d\vec{B}(M)$ en fonction de n , μ_0 , I , a , dz et θ en généralisant le résultat obtenu pour une spire.

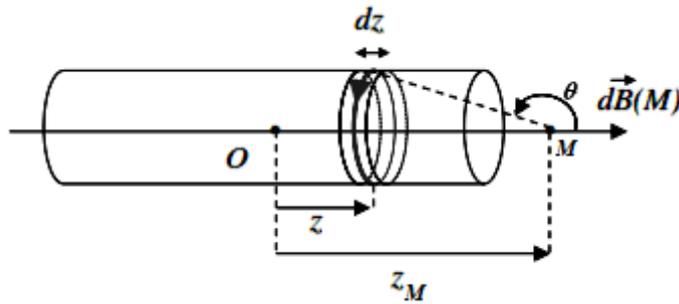


Figure 4

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 $a \gg L$.

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 ($I = 1 \text{ A}$, $a = 1 \text{ cm}$, $n = 1000 \text{ spires/m}$).

Chapitre 1. Champ Magnétique



Hans Christian Oersted: 1777-1851
physicien et chimiste danois

En 1820, Oersted montre qu'un courant dévie l'aiguille d'une boussole: l'électricité et le magnétisme sont liés.

Université Ibn Tofaïl ENSAK – Cycle préparatoire – Electromagnétisme – 2014 – Hassan Mharzi 6

1.3 Expression du champ magnétique

1.3.4. Champ créé par un circuit électrique: Loi de Biot et Savart



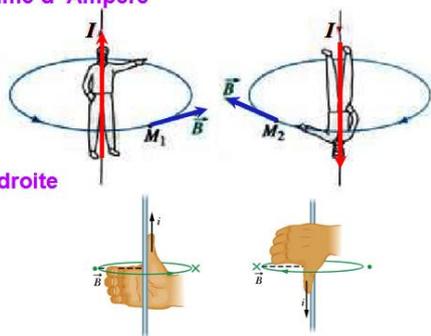
La loi de Biot et Savart, nommée en l'honneur des physiciens français Jean-Baptiste Biot et Félix Savart, datant de 1820, donne le champ magnétique créé par une distribution de courants continus. Elle constitue l'une des lois fondamentales de la magnétostatique, au même titre que la loi de Coulomb pour l'électrostatique.

Université Ibn Tofaïl ENSAK – Cycle préparatoire – Electromagnétisme – 2014 – Hassan Mharzi 45

1.3 Expression du champ magnétique

1.3.4. Champ créé par un circuit électrique: Loi de Biot et Savart

Règle du Bonhomme d'Ampère



Règle de la main droite

Université Ibn Tofaïl ENSAK – Cycle préparatoire – Electromagnétisme – 2014 – Hassan Mharzi 53

1.3 Expression du champ magnétique

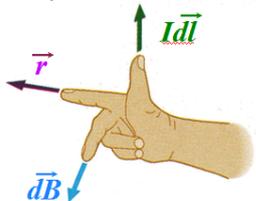
1.3.4. Champ créé par un circuit électrique: Loi de Biot et Savart

Règle du tire-bouchon (de Maxwell)



Rappels sur le produit vectoriel

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^3} d\vec{\ell} \wedge \vec{r}$$



Université Ibn Tofaïl ENSAK – Cycle préparatoire – Electromagnétisme – 2014 – Hassan Mharzi 55