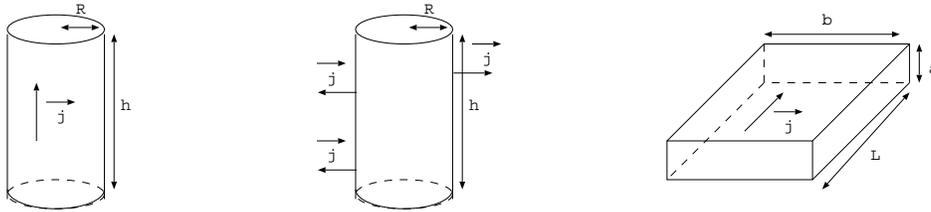


# Chapitre EM 6 : Magnétostatique

Les champs magnétiques permanents sont créés par des courants. Les courants s'expriment soit par leur intensité  $I$  (d'unité ..... ) soit par le vecteur densité de courant  $\vec{j}$  (d'unité .....).

Relation entre ces deux grandeurs:



Ordres de grandeur de champ magnétique:

Composante horizontale du champ magnétique terrestre :  $2.10^{-5} T$

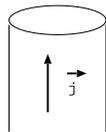
Champ créé par un solénoïde en cours parcouru par un courant de l'ordre de l'Ampère: qqs  $mT$

Appareil d'investigation de type IRM : 0,5 à 3 T

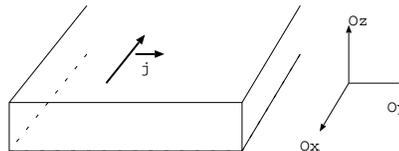
## I. Propriétés de symétrie et d'invariance

1. *Les invariances* : Les invariances permettent de

Champ créé par un fil très long



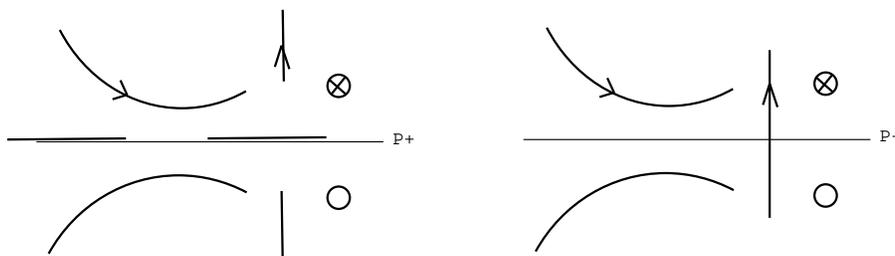
Champ créé par une nappe infinie de courants



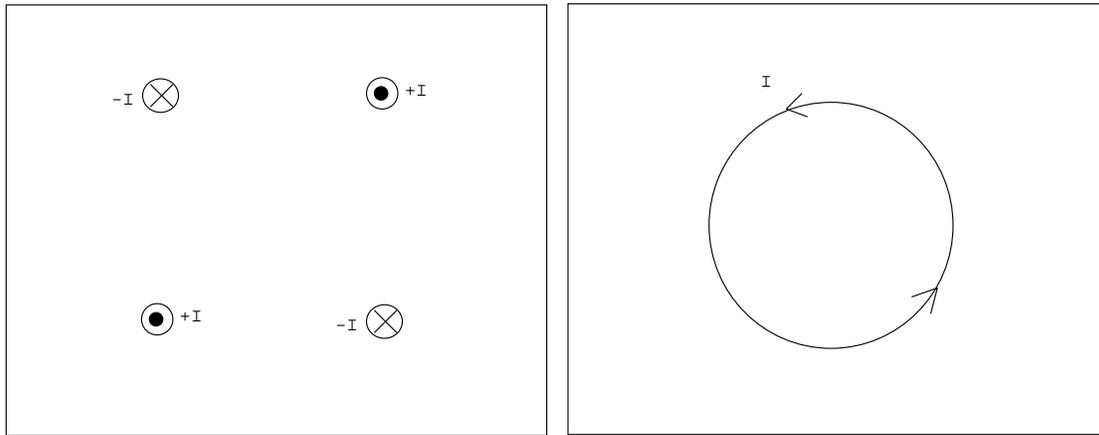
2. *Plans de symétrie et d'antisymétrie pour les courants*

Un plan de symétrie ou plan de symétrie positive, noté  $P^+$ , pour les courants, est tel qu'en tout couple de points symétriques par rapport au plan, les courants sont symétriques. Un tel plan peut contenir des courants et ne peut pas être traversé par des fils.

Un plan d'antisymétrie ou plan de symétrie négative noté,  $P^-$ , pour les courants, est tel qu'en tout couple de points symétriques par rapport au plan, les courants sont antisymétriques (c'est l'opposé du symétrique). Un tel plan ne peut pas contenir de courant mais il peut être traversé par des courants.



Exemples : sur les distributions de courant suivantes, identifier les plans de symétrie.



3. *Conséquences sur le champ magnétique:* Les symétries permettent de

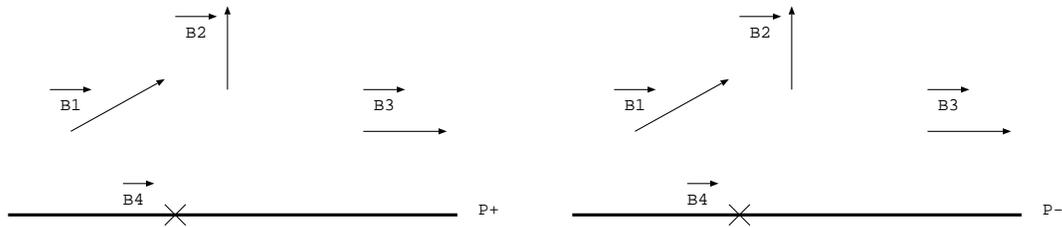
En un point d'un plan de symétrie pour les courants, le champ magnétique est

En un point d'un plan d'antisymétrie pour les courants, le champ magnétique est

En deux points symétriques par rapport à un plan  $P^+$ , les champs magnétiques sont

En deux points symétriques par rapport à un plan  $P^-$ , les champs magnétiques sont

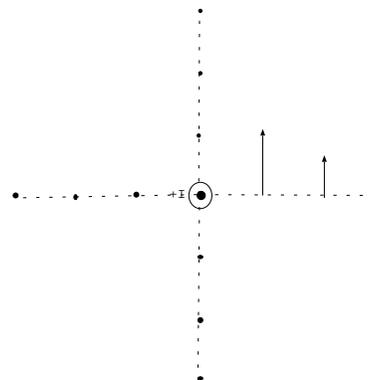
Remarque : les propriétés de symétrie sont croisées pour les champs électriques et magnétiques.



*Exemple 1 :* On donne le magnétique créé par un fil infini en trois points différents. Utiliser les propriétés de symétrie pour tracer le champ magnétique aux neuf autres points indiqués sur le schéma. En déduire le tracé des lignes de champ.

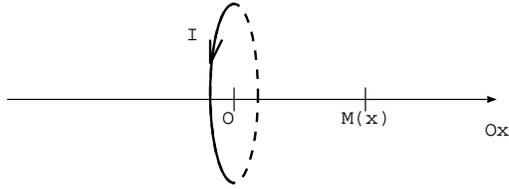
Parmi les expressions du champ magnétique suivantes, quelle est celle qui vous paraît en accord avec ce que l'on observe?

$$\vec{B}_a = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_r \quad \text{ou} \quad \vec{B}_b = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_\theta \quad \text{ou} \quad \vec{B}_c = \frac{\mu_0 I r}{4\pi} \vec{e}_\theta$$

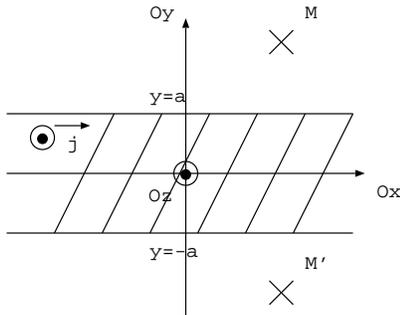


Conclusion : les lignes de champ magnétique créées par un fil infini sont

*Exemple 2* : Soit une spire de centre  $O$ , de rayon  $R$  parcouru par un courant d'intensité  $I$ . Soit un point  $M$  sur l'axe de la spire, repéré par son abscisse  $x$ . Quelle est la direction de  $\vec{B}(x)$ ? Quelle est la relation entre  $\vec{B}(x)$  et  $\vec{B}(-x)$ ? Que pensez-vous de  $\vec{B}(O)$ ?



*Exemple 3* : Soit des courants répartis uniformément dans un parallépipède compris entre les plans  $y = -a$  et  $y = +a$ , on néglige les effets de bord. Déterminer la direction et les variables du champ magnétique en  $M$ . Comparer les champs magnétiques en  $M$  et  $M'$ .



## II. Divergence du champ magnétique

Equation locale:

Equation intégrale:

## III. Rotationnel du champ magnétique et conséquence

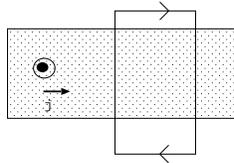
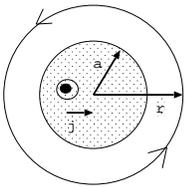
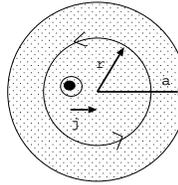
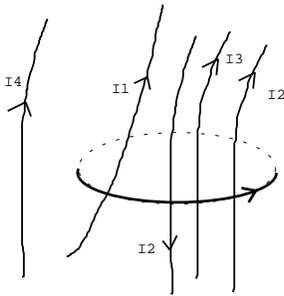
### 1. Enoncé et démonstration du théorème d'Ampère

Equation locale:

Equation intégrale:

Enoncé du théorème d'Ampère:

Exemples de calculs de courants enlacés:



## 2. Méthode d'application du théorème d'Ampère

Le théorème d'Ampère sert à exprimer le champ magnétique créé par une distribution de courants à forte symétrie (symétrie cylindrique ou plane). Il s'applique en plusieurs étapes.

*Etape 1* : choix du système des coordonnées pour repérer le point  $M$  (en accord avec les symétries de la distribution de courants).

Etude des plans de symétrie qui passent par  $M$  pour trouver la direction du champ magnétique en  $M$ . **On en déduit la forme des lignes de champ magnétique.**

Etude des invariances pour déterminer les variables dont dépend le champ magnétique.

*Etape 2* : on choisit un contour d'Ampère fermé et orienté qui passe par le point  $M$  (lorsque les lignes de champ se ferment sur elles même, le contour d'Ampère est une ligne de champ, lorsque les lignes de champ sont des droites le contour d'Ampère est un rectangle dont deux côtés parallèles sont des lignes de champ). On calcule la circulation du champ magnétique sur le contour choisi.

*Etape 3* : on applique le théorème d'Ampère : on est dans ce cas amené à distinguer plusieurs cas (le contour d'ampère est à l'intérieur ou à l'extérieur de la distribution des courants). On calcule les courants enlacés par  $\pm I$  si les intensités des courants sont données dans l'énoncé ou par  $\iint \vec{j} \cdot dS \vec{n}$  si les courants sont donnés par leur densité de courant.

Il faut savoir calculer le champ magnétique créé par un solénoïde infini et par un fil infini et il faut connaître leurs expressions.

#### IV. Conséquences des équations de Maxwell sur la topographie du champ magnétique

