

# Magnétostatique

## I Le champ magnétique

1. Forces magnétiques sur les charges en mouvement
2. Cadre de la magnétostatique
3. Propriétés de symétrie et d'invariance
4. Flux du champ magnétique
5. Circulation du champ magnétique
6. Exemple : analyse d'une carte de champ

## II Exemples de champs créés par des courants permanents

1. Champ créé par un câble rectiligne
2. Champ créé par un solénoïde
3. Champ créé par une bobine plate

## III Dipôles magnétiques

1. Moment dipolaire d'une boucle de courant
2. Champ magnétique produit
3. Matière aimantée
4. Efforts sur un dipôle magnétique plongé dans un champ magnétique extérieur
  - a. Force exercée par une bobine plate sur un aimant
  - b. Force exercée sur un circuit rectangulaire

## IV Aspects microscopiques du magnétisme

1. Magnétisme orbitalaire
2. Quantification de  $\vec{L}$
3. Magnétisme de spin et magnétisme atomique
4. Estimation de l'aimantation magnétique maximale d'un solide

### Plan de symétrie en magnétostatique

Soient des sources possédant un plan de symétrie  $\Pi$  et soit  $M'$  le symétrique d'un point  $M$  par rapport à  $\Pi$ . Alors :

- $\vec{B}(M')$  est l'opposé du symétrique de  $\vec{B}(M)$ .
- En tout point  $N$  de  $\Pi$ ,  $B(\vec{N})$  est orthogonal à  $\Pi$ .

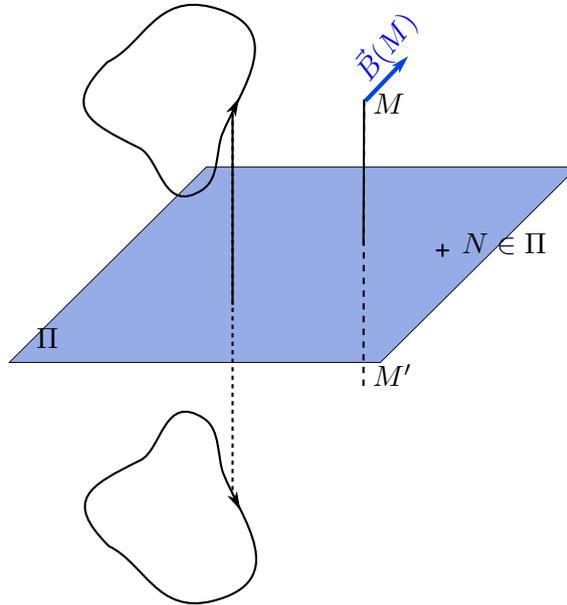


FIGURE 1 – Plan de symétrie en magnétostatique

### Plan d'antisymétrie en magnétostatique

Soient des sources possédant un plan d'antisymétrie  $\Pi$  et soit  $M'$  le symétrique d'un point  $M$  par rapport à  $\Pi$ . Alors :

- $\vec{B}(M')$  est le symétrique de  $\vec{B}(M)$ .
- En tout point  $N$  de  $\Pi$ ,  $B(\vec{N})$  est inclus dans  $\Pi$ .

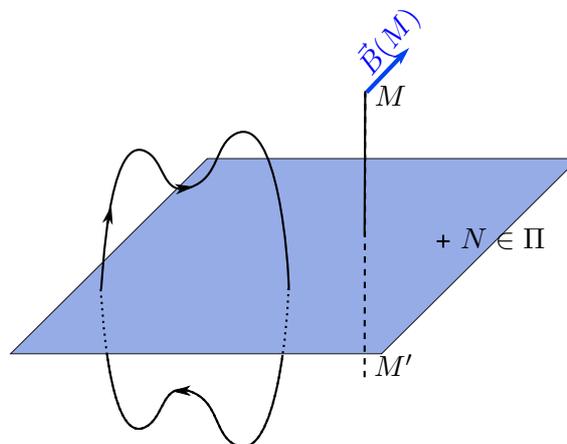


FIGURE 2 – Plan d'antisymétrie en magnétostatique

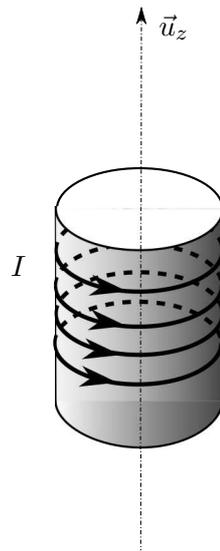


FIGURE 3 – Lignes de champ créées par une petite bobine

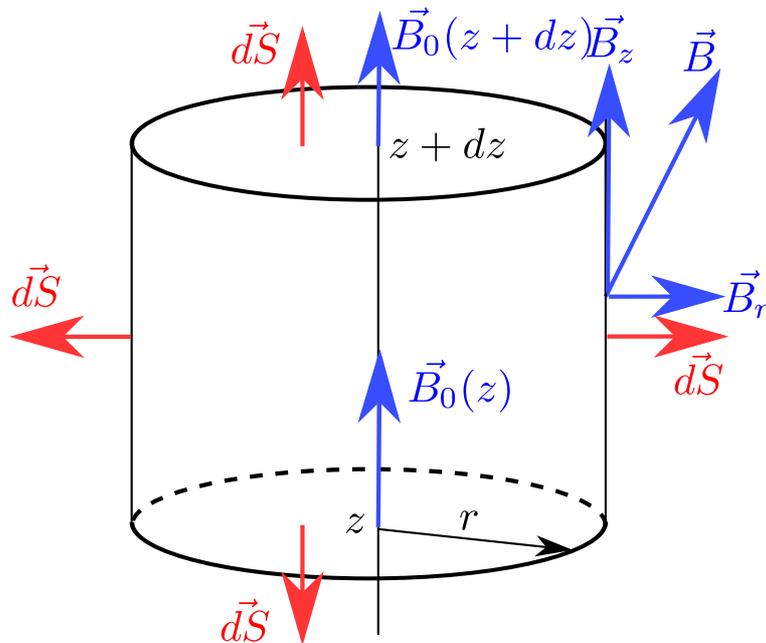


FIGURE 4 – Utilisation du flux pour étudier le champ près d'un axe de symétrie de révolution

**Théorème d'Ampère**

Soit  $\Gamma$  une courbe fermée orientée. Soit  $I_{enl}$  l'intensité totale des courants enlacés par  $\Gamma$ , algébrisés selon le sens de circulation choisi sur  $\Gamma$ . Alors la circulation de  $\vec{B}$  le long de  $\Gamma$  est donnée par

$$\oint \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enl} .$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$  s'appelle perméabilité magnétique du vide.

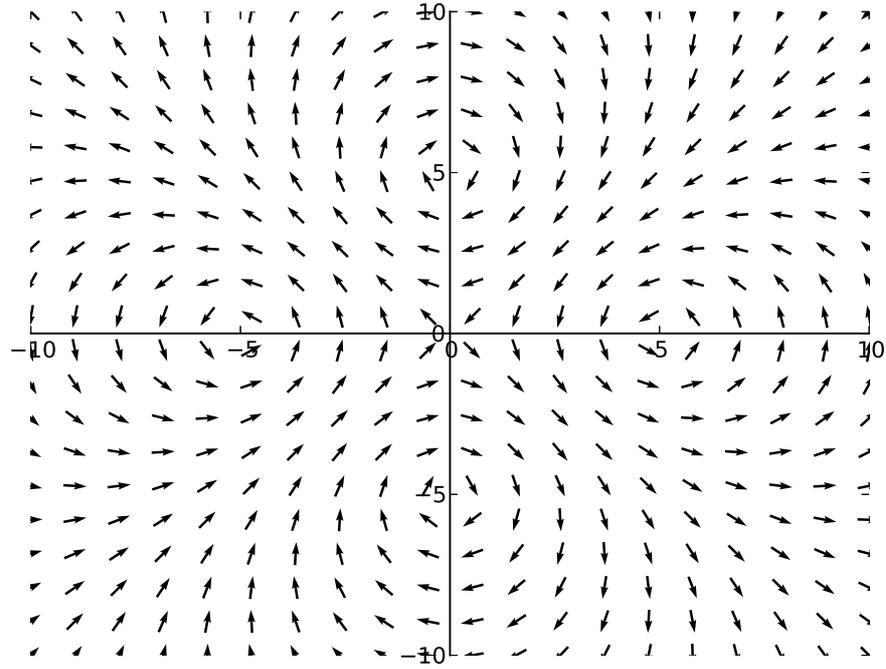


FIGURE 5 – Étude d'une carte de champ

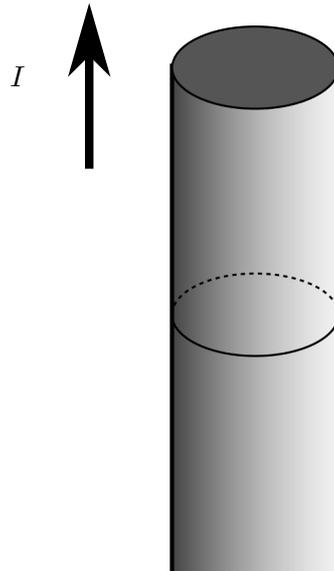


FIGURE 6 – Étude du champ magnétique produit par un câble rectiligne

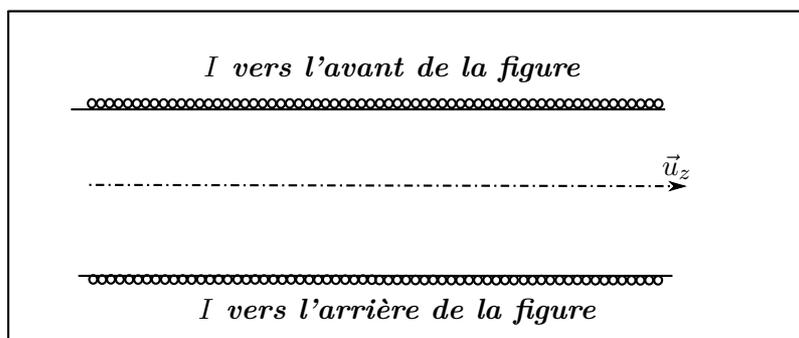
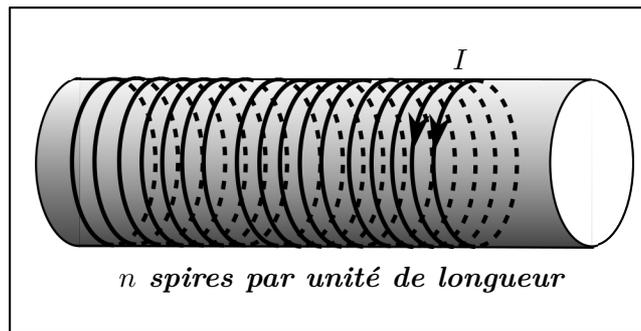


FIGURE 7 – Étude du champ magnétique produit par un solénoïde

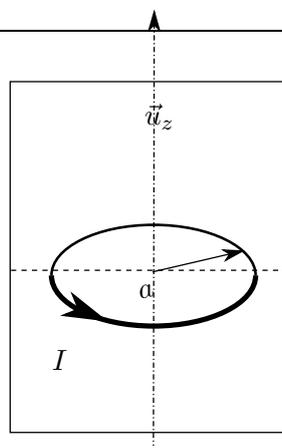


FIGURE 8 – Champ magnétique produit par une bobine plate

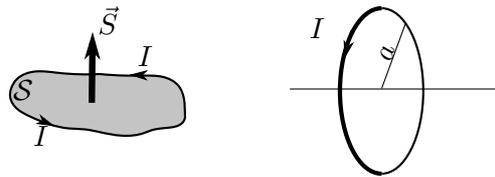


FIGURE 9 – Illustration de la définition et exemple de moment dipolaire magnétique

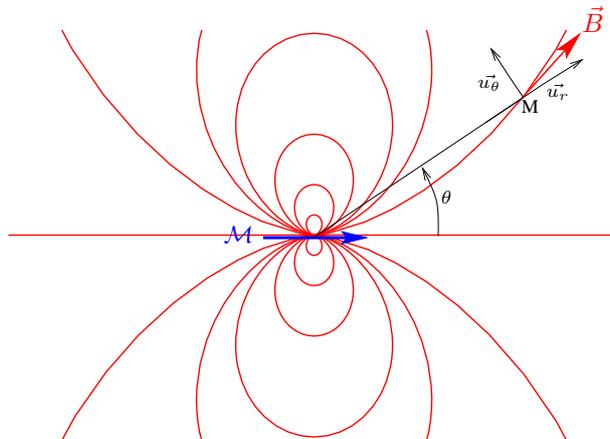


FIGURE 10 – Champ dipolaire magnétique. Les lignes de champ sont identiques à celles du champ dipolaire électrique. Tout près de la boucle de courant, leur allure est incorrecte.

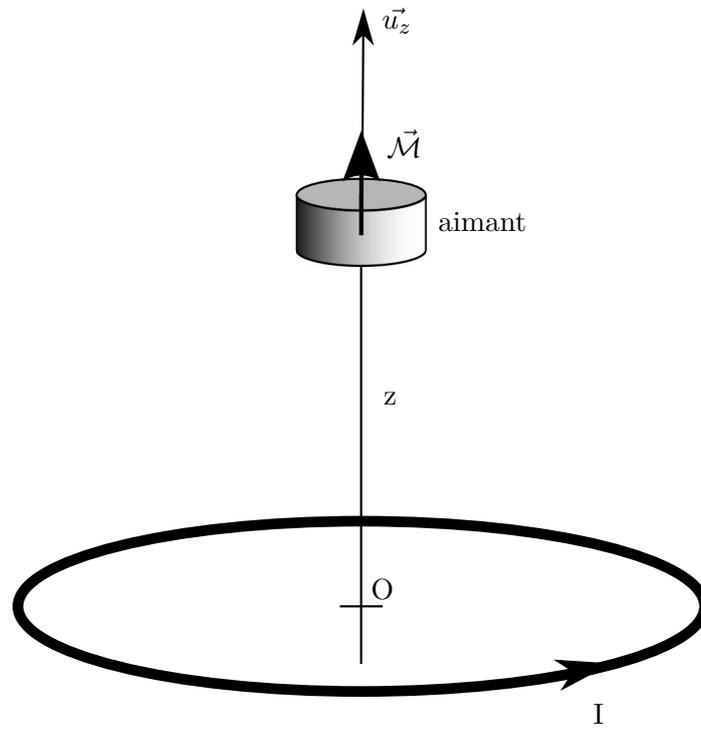


FIGURE 11 – Interaction d'une bobine plate et d'un aimant

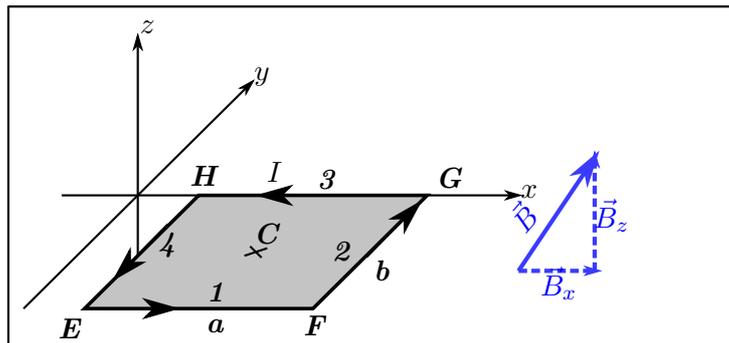


FIGURE 12 – Efforts magnétiques sur un cadre rectangulaire

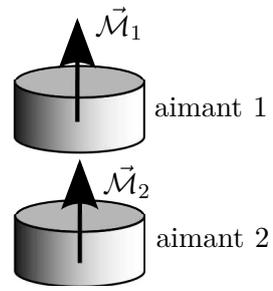


FIGURE 13 – Interaction entre deux aimants

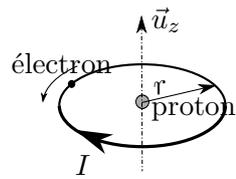


FIGURE 14 – Modèle planétaire de l'atome