

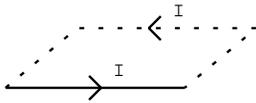
# Chapitre EM 7: Le dipôle magnétique

## I. Le dipôle magnétique

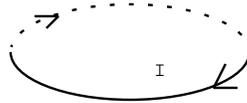
1. *Définition* : On appelle dipôle magnétique toute boucle de courant fermée parcourue par un courant d'intensité  $I$ . Le dipôle possède un moment dipolaire  $\vec{M}$  défini par:

Exemples de moments magnétiques :

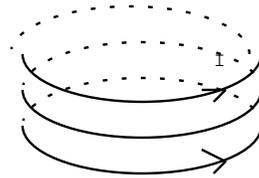
spire carrée  
de côté  $a$



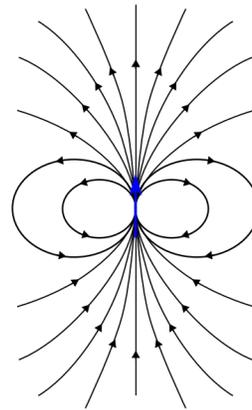
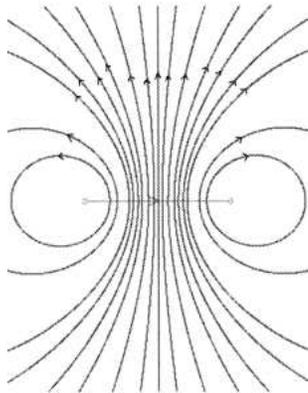
spire circulaire de  
rayon  $R$



bobine de  $N$  tours  
de fil de rayon  $R$



2. *Lignes de champ magnétique*



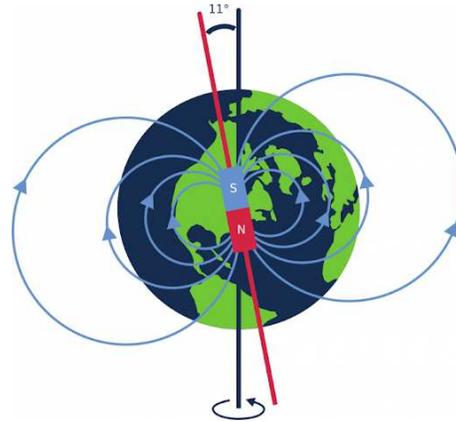
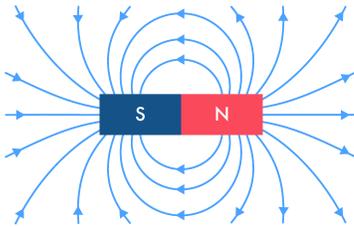
3. *Analogie avec le dipôle électrique dans l'approximation dipolaire*

L'approximation dipolaire consiste

	Dipôle électrique	Dipôle magnétique
Potentiel	$V(M) = \frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$	n'existe pas
Champ créé par un dipôle		
Force exercée sur le dipôle	$\vec{F}(A) = (\vec{p} \cdot \text{grad}) \vec{E}(A)$	
Moment exercé sur le dipôle	$\vec{\Gamma}(A) = \vec{p} \wedge \vec{E}(A)$	
Energie potentielle	$E_p(A) = -\vec{p} \cdot \vec{E}(A)$	

Dans un champ extérieur uniforme, le dipôle

#### 4. Exemples de moments magnétiques



Le magnétisme est liée à des courants, donc à des déplacements de charges. Dans les atomes, il y a déplacement de charges lorsque l'électron tourne autour du noyau et aussi lorsque l'électron tourne autour de lui-même.

La rotation de l'électron autour du noyau peut être modélisée par un dipôle magnétique dont le moment est appelé

La rotation de l'électron autour de lui-même peut être modélisée par un dipôle magnétique dont le moment est appelé

## II. Origine du magnétisme dans la matière

### 1. Le moment magnétique orbital: le magnéton de Bohr

Dans le modèle de Bohr, l'électron de l'atome d'hydrogène décrit une orbite circulaire autour du noyau. On note  $R$ , le rayon de l'orbite,  $v$  la vitesse de l'électron,  $-e$  la charge et  $m$  la masse de l'électron. Données:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m = 9,0 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $\hbar = 1,0 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ .

Représenter la trajectoire de l'électron et exprimer  $\vec{L}_O$ , son moment cinétique par rapport au noyau placé en  $O$  à l'origine du repère.

L'électron en mouvement crée un courant électrique dans une boucle circulaire. Exprimer en fonction des données le moment magnétique  $\vec{M}$  de cette boucle de courant.

On définit  $\gamma_e$  le rapport gyromagnétique de l'électron par  $\vec{M} = \gamma_e \vec{L}_O$ . Exprimer  $\gamma_e$ .

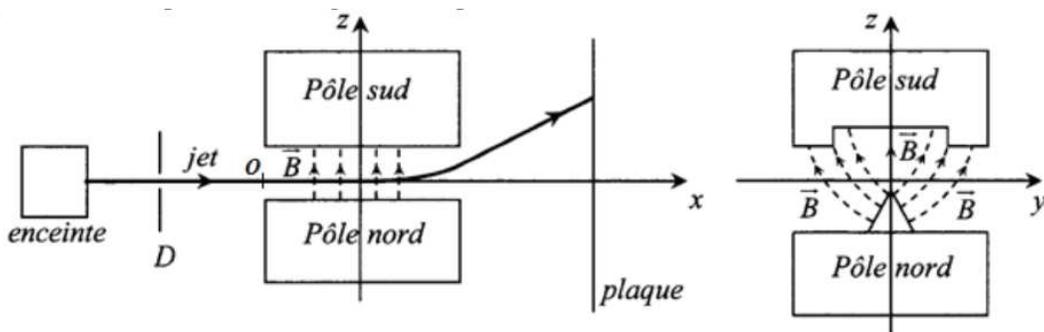
Dans le modèle de Bohr, le moment cinétique de l'électron est quantifié:  $L_O = n\hbar$ . En déduit que le moment magnétique associé à l'électron est quantifié. On appelle magnéton de Bohr noté  $\mu_B$ , le moment magnétique pour  $n = 1$ , exprimer et calculer  $\mu_B$  (on donne  $\hbar = 10^{-34} \text{ J.s}$ ).

Les électrons possèdent donc tous des moments magnétiques. Dans la matière, en l'absence de champ extérieur, le moment magnétique résultant est nul à cause de l'agitation thermique. Un moment magnétique apparaît en présence d'un champ extérieur, d'autant plus grand que le champ appliqué est intense. Dans les aimants permanents, des interactions d'origine quantique ordonnent les moments magnétiques des constituants, cet ordre l'emporte sur le désordre imposé par l'agitation thermique.

Pour le fer, on donne sa masse volumique  $\rho = 7,9.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  et sa masse molaire  $M = 55,8 \text{ g/mol}$ . On suppose que chaque atome de fer porte un magnéton de Bohr  $\mu_B$ . Calculer le moment magnétique maximal d'un barreau de fer de longueur  $L = 10 \text{ cm}$ , de largeur  $l = 1 \text{ cm}$  et d'épaisseur  $e = 0,5 \text{ cm}$ .

## 2. Le moment magnétique de spin: expérience historique de Stern et Gerlach (1922)

Dans une enceinte où règne une faible pression est placé un four contenant de l'argent porté à la température  $T$ . Un ensemble d'ouvertures pratiquées dans le four permet d'obtenir un jet homocinétique d'atomes d'argent de masse  $m$  et de vitesse  $\vec{v} = v_0 \vec{e}_x$ . La pesanteur est négligée.



On donne la configuration électronique de l'argent ( $Z = 47$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^{10} 5s^1$ . En admettant que seuls les électrons de valence participent au moment magnétique de l'atome, conclure sur le résultat de l'expérience.

Lors de l'expérience historique, Stern et Gerlach ont observé qu'en absence de champ magnétique les atomes ne sont pas déviés et qu'en présence de champ magnétique, les atomes sont déviés selon  $+Oz$  ou  $-Oz$  et frappent la plaque en deux points symétriques par rapport à la direction initiale du jet.

