

## EM16 : Dipôle magnétique L'essentiel

**Surface orientée** Soit une spire (boucle de courant filiforme) parcourue par un courant d'intensité  $I$ , on définit une surface orientée par l'intermédiaire d'un vecteur surface :

$$\vec{S} = \iint \vec{dS} = \iint dS \vec{n} \quad (15)$$

**Moment magnétique** Le moment magnétique d'une boucle de courant est donné par :

$$\vec{m} = I \vec{S} = I S \vec{n} \quad (16)$$

Ce moment s'exprime donc en  $A \times m^2$ .

**Notion de dipôle et approximation dipolaire** On parle de dipôle magnétique lorsque la spire de courant satisfait aux conditions de l'approximation dipolaire : Pour le dipôle actif (créateur de champ magnétique), il faut que la dimension de la spire soit petite devant la distance à laquelle on calcule le champ créé ( $r \gg R$  si  $R$  est le rayon de la spire).

Pour le dipôle passif, il faut que la dimension du dipôle soit petite devant la distance caractéristique de variation du champ dans lequel est placé le dipôle.

**Champ magnétique créé par un dipôle magnétique**

$$\begin{cases} B_r &= \frac{\mu_0 M \cos \theta}{2\pi r^3} \\ B_\theta &= \frac{\mu_0 M \sin \theta}{4\pi r^3} \\ B_\phi &= 0 \end{cases} \quad (17)$$

Ces expressions sont identiques à celles du champ électrique créé par le dipôle électrique, on a remplacé  $p$  par  $M$ ,  $\epsilon_0$  par  $\mu_0$ .

**Force de Laplace** Tout circuit parcouru par un courant et plongé dans un champ magnétique subit cette force qui a pour expression :

$$\vec{F} = \int d\vec{F} = \int I \vec{dl} \wedge \vec{B} \quad (18)$$

**Force de Laplace sur le dipôle magnétique**

$$\vec{F} = I \int \vec{dl} \wedge \vec{B} \quad (19)$$

Et comme il s'agit d'une spire (boucle fermée), on a  $\vec{dl} = 0$  et finalement :

$$\vec{F} = \vec{0} \quad (20)$$

### Moment subi par le dipôle magnétique

$$\boxed{\vec{M}_O(\vec{F}) = \vec{M} \wedge \vec{B}} \quad (21)$$

où  $\vec{M}$  est le moment magnétique de la spire. On retrouve la même expression du moment subi par le dipôle électrique.

Ce moment a donc le même effet que pour le dipôle électrique :

**Sous l'effet d'un champ magnétique extérieur, un dipôle a tendance à s'orienter dans le sens du champ.**

**Énergie potentielle** Par analogie avec le dipôle électrique, on peut écrire :

$$\boxed{E_P = -\vec{M} \cdot \vec{B}} \quad (22)$$

**Force subit par le dipôle dans un champ non uniforme** A l'aide de la même analogie, on peut exprimer la force que subit un dipôle magnétique dans un champ magnétique extérieur non uniforme :

$$\boxed{\vec{F} = -\text{grad} E_P = \text{grad}(\vec{M} \cdot \vec{B})} \quad (23)$$

**Aimantation de la matière** Les propriétés magnétiques de la matière sont dues à la rotation des électrons autour du noyau des atomes et à la rotation des électrons des atomes autour d'eux-mêmes (cette rotation est appelée spin de l'électron).

Il existe trois types de comportement de la matière vis à vis d'un champ magnétique :

- Les corps diamagnétiques, soumis à un champ extérieur il y a création d'un champ induit qui s'oppose au champ extérieur.

On ne voit pas les effets d'un aimant approché d'un corps diamagnétique.

- Les corps paramagnétiques possèdent un moment magnétique permanent (du aux spins des électrons) qui amplifie le champ extérieur.

L'effet d'un aimant est très faible sur ce genre de corps.

- Les corps ferromagnétiques peuvent s'aimanter très fortement sous l'effet d'un champ extérieur, et pour certains, ils peuvent conserver une aimantation rémanente même si le champ extérieur a disparu.