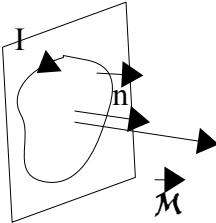


DIPOLE MAGNETIQUE

I – Moments magnétiques :

1- Définition :

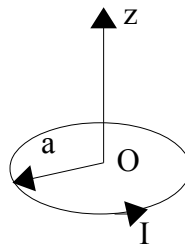
→ Boucle de courant :



Pour un circuit filiforme plan parcouru par un courant d'intensité I .

$$\vec{M} = I S \vec{n}$$

Exemple : spire circulaire de rayon a d'axe (Oz) .



$$\vec{M} =$$

→ Enroulement constitué de N spires :

Le moment magnétique total est la somme des moments magnétiques de chaque spire .

Pour une bobine comportant N spires identiques de surface S de normale \vec{n}

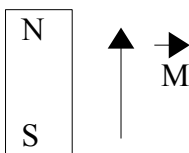
$$\vec{M} =$$

La notion de moment magnétique peut s'étendre au cas des aimants permanents .

→ Aimants permanents :

Certains matériaux, dits ferromagnétiques, permettant de créer des aimants permanents . Au niveau microscopique, ils sont constitués de petits dipôles magnétiques alignés (moments magnétiques atomiques) . Les aimants puissants sont constitués d'alliages entre matériaux ferromagnétiques (Fe, Co, Ni) et de terres rares (Néodyme par exemple) .

Un aimant peut donc être modélisé par un moment magnétique :



→ Les atomes et les particules élémentaires possèdent également un moment magnétique .

$$\text{Unités : } [\vec{M}] = A.m^2$$

2- Ordres de grandeurs :

→ Atome :

Ordre de grandeur : magnéton de Bohr $\mu_B = \frac{e \hbar}{2m} = 9,3 \cdot 10^{-24} \text{ A.m}^2 \approx 10^{-23} \text{ A.m}^2$

→ Aimant :

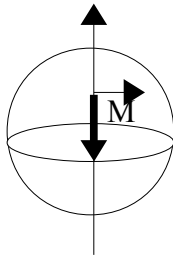
$$n \approx 10^{29} \text{ atomes.m}^{-3}$$

Le moment magnétique volumique maximum $M_{max} = n \mu_B \approx 10^6 \text{ A.m}^{-1}$

Pour une aiguille de boussole $M \approx 1 \text{ A.m}^2$

→ Terre :

Le moment magnétique de la terre est dû à des mouvements convectifs internes



Pôle Nord terrestre = pôle Sud de l'aimant

$$M_T \approx 8 \cdot 10^{22} \text{ A.m}^2$$

II- Champ créé par un dipôle magnétique :

1- Approximation dipolaire :

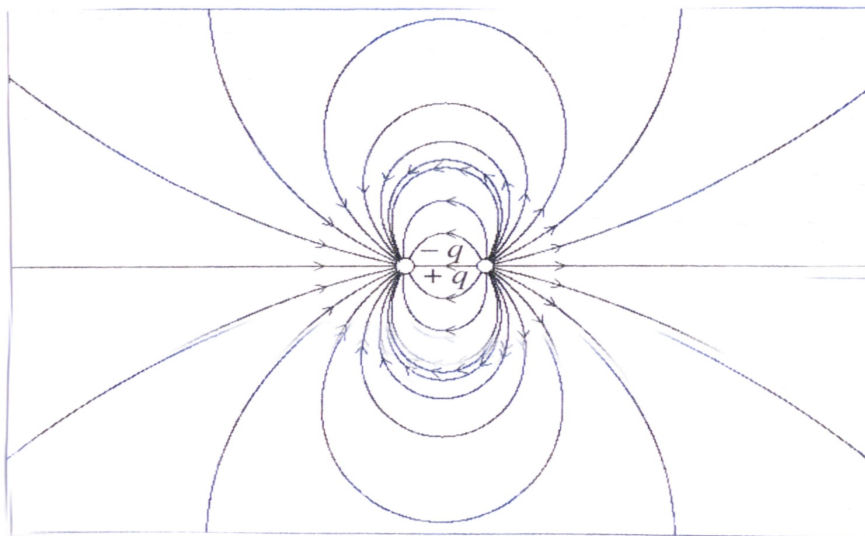
Un dipôle magnétique est une distribution de courant (ou un aimant permanent) de moment magnétique \vec{M} non nul dont la taille caractéristique a est infiniment petite devant les autres dimensions du problème .

Dipôle actif : on étudie le champ créé à grande distance .

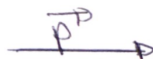
Dipôle passif : étude de l'action d'un champ magnétique extérieur dont la distance caractéristique de variation est grande devant a .

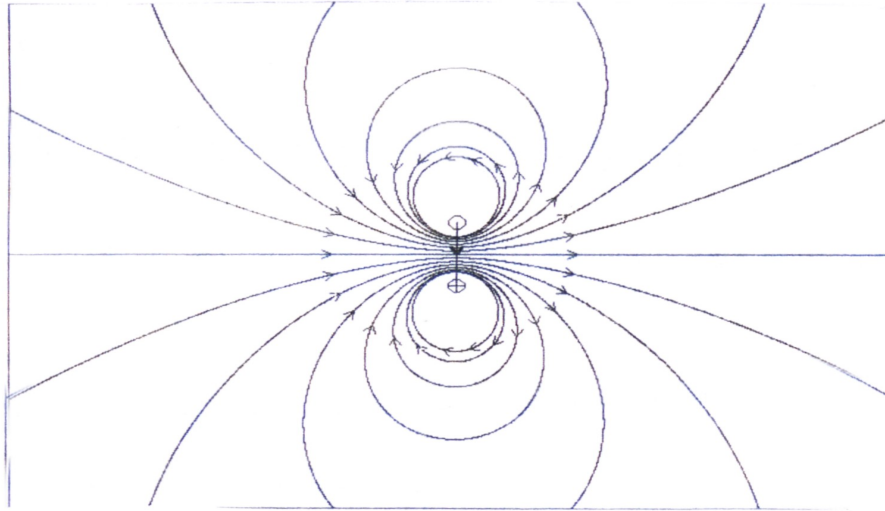
2- Champ magnétique créé à grande distance par un dipôle magnétique :

Cf cartographie des lignes de champ créées par un dipôle électrostatique et un dipôle magnétique



Dipôle électrostatique





Dipôle magnétique
 \vec{m} →

→ Loin des sources les cartographies sont identiques, le champ magnétique créée à grande distance a même topologie que le champ électrostatique créé à grande distance par un dipôle électrostatique . Par analogie, on peut déterminer l'expression du champ magnétique créé à grande distance .

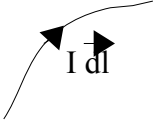
III- Action d'un champ magnétique extérieur :

1- Force de Laplace :

Un conducteur parcouru par un courant d'intensité I et plongé dans un champ magnétique extérieur \vec{B}_e subit des actions mécaniques appelées actions mécaniques de Laplace.

Au niveau microscopique, les porteurs de charges subissent la composante magnétique de la force de Lorentz $q \vec{v} \wedge \vec{B}_e$; les interactions entre les porteurs de charges et le milieu conducteur entraînent un transfert de quantité de mouvement à l'ensemble du conducteur .

Un élément $I \vec{dl}$ subit une force de Laplace élémentaire :



La résultante des forces de Laplace s'exerçant sur un circuit (C) :

2- Actions d'un champ uniforme :

→ Résultante :

→ Moment :

Généralisation :

Plongé dans un champ magnétique \vec{B}_e uniforme, un dipôle magnétique de moment \vec{M} est soumis à un couple de moment $\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B}_e$.

On admet que ces actions mécaniques sont associées à une énergie potentielle : $E_p = -\vec{M} \cdot \vec{B}_e$

3- Champ non uniforme :

La résultante est non nulle $\vec{F} = (\vec{M} \cdot \text{grad}) \vec{B}_e$

Au premier ordre le moment calculé en un point A est indépendant de A $\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B}_e$ et

$$E_p = -\vec{M} \cdot \vec{B}_e$$

4- Effet des actions mécaniques :

Plongé dans un champ extérieur \vec{B}_e , un dipôle libre tend à minimiser son énergie potentielle (tend à chercher à atteindre une position d'équilibre stable) .

\vec{M} tend à s'aligner dans le sens de \vec{B}_e . Si le champ extérieur n'est pas uniforme, la résultante \vec{F} tend à attirer le dipôle dans la zone où le champ est le plus intense .