

Université Aboubekr BELKAID, Tlemcen

Faculté des sciences

Département de Maths



Cours Physique (2) : Electricité Générale

Chapitre V : Magnétostatique

Pour les étudiants de 1^{ère} année LMD Mathématiques

Par : Pr. Hadjou Bélaid Zakia

Année universitaire : 2025/2026

Sommaire du chapitre

| | |
|--------------------------|---|
| 1. Introduction | 3 |
| 2. Champ magnétique | 3 |
| 3. Force magnétostatique | 4 |
| 3.1. Force de Lorentz | 4 |
| 3.2. Force de Laplace | 5 |
| 4. Loi de Biot et Savart | 5 |

1. Introduction

L'observation des propriétés des aimants permanents, tels que ceux utilisés pour la fixation murale ou les systèmes de fermeture, permet d'illustrer la nature de la force magnétique. Celle-ci est définie comme une "force à distance". À l'instar de l'interaction électrostatique, il existe un champ ; le champ magnétique ; qui agit comme le médiateur de cette force à travers l'espace.

En effet, **les phénomènes liés à l'électricité et au magnétisme ont la même cause : la charge électrique**. Ils sont réunis sous l'appellation plus générale d'électromagnétisme.

Ils sont donc unifiés au sein d'une discipline unique : l'électromagnétisme. L'étude de ce domaine englobe les concepts de champ magnétique, de force de Lorentz, de force de Laplace, ainsi que les principes de l'induction électromagnétique.

Applications concrètes :

- **Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)** : mise en œuvre de champs magnétiques intenses pour l'exploration clinique du corps humain.
- **Accélérateurs de particules** : utilisation de champs magnétiques pour la déflexion et la détection des particules subatomiques.
- **Moteurs électriques** : conversion de l'énergie électrique en énergie cinétique.

2. Champ magnétique

Le champ magnétique est le médiateur de la force magnétique. Il est produit par les aimants et les courants électriques. Si on place un objet dans ce champ, il subit une force magnétique.

Il est possible d'observer les lignes de champ magnétique en saupoudrant de la limaille de fer près d'un aimant. La limaille de fer va s'aligner sur les lignes de champ (Figure 4.1). On peut obtenir aussi l'orientation des lignes à l'aide d'une boussole. On constate alors, que les lignes de champ magnétique possèdent les propriétés suivantes :

- Le champ magnétique est tangent aux lignes de champ.
- Les lignes de champ forment des boucles fermées et doivent sortir du pôle nord d'un aimant et se rendre jusqu'au pôle sud.
- Les lignes de champ ne se croisent pas.

Le vecteur de champ magnétique est noté par \vec{B} et est mesuré en Tesla (T).

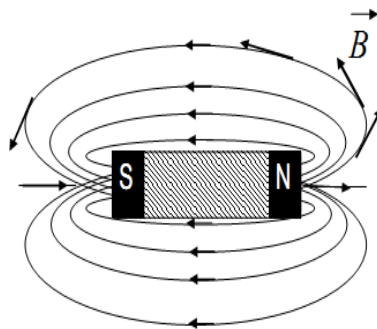


Figure 5.1 Lignes de champ magnétique

3. Force magnétostatique

3.1. Force de Lorentz

En examinant l'effet d'un champ magnétique sur une charge électrique, on constate que la charge q soumise à un champ électromagnétique subit une force constituée de deux parties :

- Partie électrique, force de Coulomb : $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$
- Partie magnétique qui s'écrit : $\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$

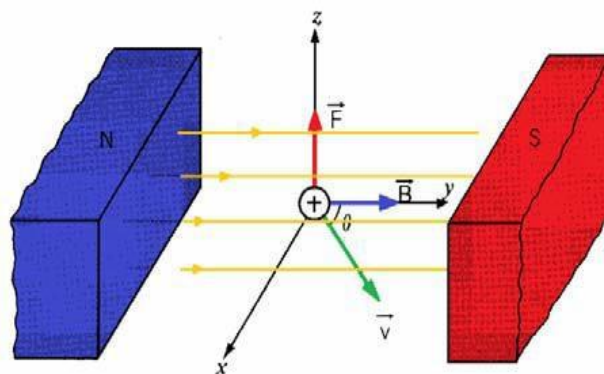


Figure 5.2 Force magnétique

L'ensemble de ces deux forces constitue la force de Lorentz : $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$

Avec : F est la force de Lorentz (exprimée en N),

q la charge qui subit la force (exprimée en C) ;

E le champ électrique (exprimé en V/m) ;

Chapitre V : Magnétostatique

v , est vitesse de la particule (exprimée en m/s) et

B le champ magnétique (T)

Un champ magnétique est une région de l'espace où, en l'absence du champ électrique une charge q animée d'une vitesse, est soumise à l'action d'une force :

$$\vec{F} = q. (\vec{v} \wedge \vec{E})$$

Cette force a comme propriétés :

- Son module est égal à : $F = q. v. B. \sin(\nu, B)$
- La force est perpendiculaire au plan formé par les vecteurs V et B
- La force magnétique est nulle si la vitesse est nulle ou si la vitesse a la même direction que le champ magnétique
- Le sens de la force magnétique est obtenu par la règle de la main droite. Où le pouce donne le sens de cette force. Dans le cas d'une charge positive elle a le même sens que le pouce et elle est opposée au sens du pouce dans le cas d'une charge négative.

3.2. Force de Laplace

Lorsqu'un fil conducteur de longueur l , parcouru par un courant électrique d'intensité I qui est placé dans un champ magnétique B . La force électromagnétique exercée s'écrit :

$$\vec{F} = I. \vec{l} \wedge \vec{B}$$

Où l est le vecteur de longueur, parallèle au conducteur et orienté dans le sens du courant.

Les caractéristiques de la force de Laplace sont :

- **Direction** : F est \perp à l et B
- **Sens** : déterminé à l'aide de la règle de la main droite (**Pouce** \rightarrow sens de I ; **Index** \rightarrow sens de B ; **Majeur** \rightarrow sens de F)
- **Intensité** : $F = |I. \sin\alpha|. l. B$, avec α est l'angle formé par l et B

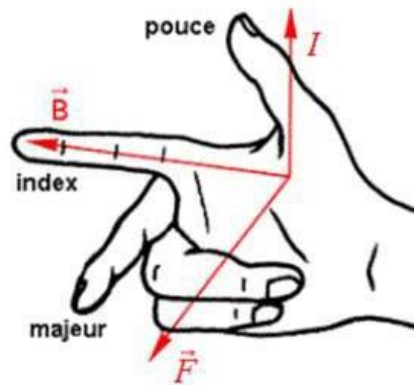


Figure 5.3 Règle de la main droite pour déterminer la force de Laplace

4. Loi de Biot et Savart

Les deux physiciens Biot et Savart ont trouvé la formule qui permet le calcul du champ magnétique produit par un fil parcouru par un courant continu.

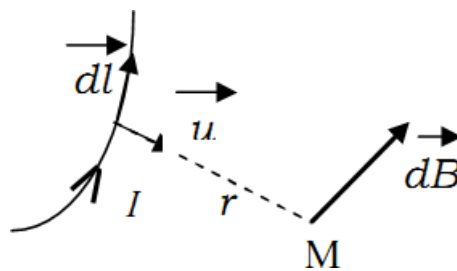


Figure 4.4 Champ magnétique produit en un point M

Soit un point M situé à une distance r du fil parcouru par un courant I d'un élément de longueur dl qui produit un champ magnétique infinitésimal, perpendiculaire à la fois à dl et au vecteur unitaire \vec{u} , qui est orienté vers le point M .

Chapitre V : Magnétostatique

L'expression de champ magnétique dans le cas général est : $\vec{dB} = \frac{\mu_0 \cdot d\vec{l} \wedge \vec{u}}{4\pi \cdot r^2}$

Pour le calcul de champ produit par le fil entier : $\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \wedge \vec{u}}{r^2}$

Avec : μ_0 appelée constante magnétique ou perméabilité du vide.

Sa valeur est :

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$ (elle peut être exprimée par l'unité Henry par mètre « H/m »).