

# Electromagnétisme - Chapitre 1 : Le champ magnétique

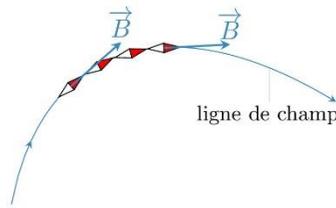
## Ce qu'il faut retenir...

### GENERALITES :

Le champ magnétique est une grandeur vectorielle permettant de décrire les effets du courant électrique ou des matériaux magnétiques tels que les aimants.

### Direction et ligne de champ :

- Une ligne de champ une ligne en tout point tangente au champ. On oriente la ligne de champ dans le sens du vecteur
- Deux lignes de champ ne peuvent pas se croiser, sauf si le vecteur est nul au point d'intersection.
- Les lignes de champ magnétique sont des courbes fermées qui entourent les sources.
- Elles divergent du pôle nord et convergent vers le pôle sud.



**Sens :** on utilise la règle de la main droite ou du tire-bouchon.

Un pôle magnétique est un point de « convergence » des lignes de champ magnétique. Les lignes de champs divergent du pôle nord et convergent vers le pôle sud.

**Norme :** le champ magnétique dans le vide est proportionnel à l'intensité du courant qui le crée. En Tesla (T).

### Ordre de grandeurs :

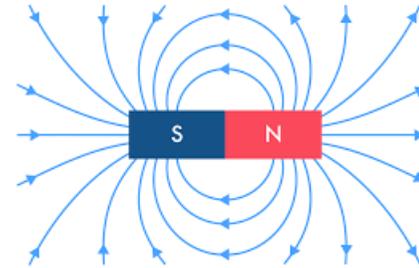
Champ magnétique terrestre :  $5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Champ créé par un aimant : de 0.1 à 1 T

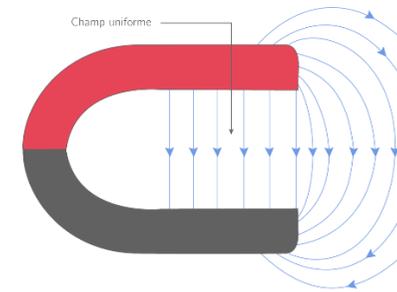
Champ au voisinage d'un électroaimant : 1 à 10 T

### EXEMPLES :

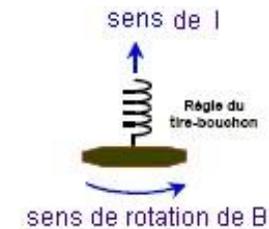
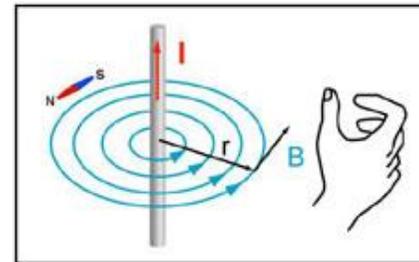
#### L'aimant droit :



#### L'aimant en U :

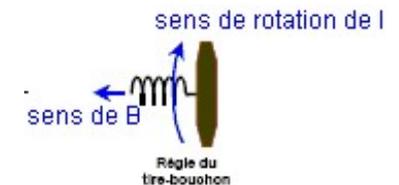
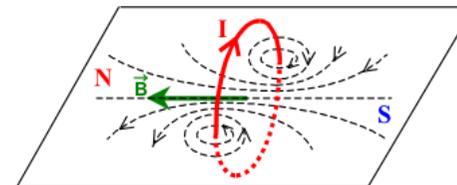


#### Le fil infini :

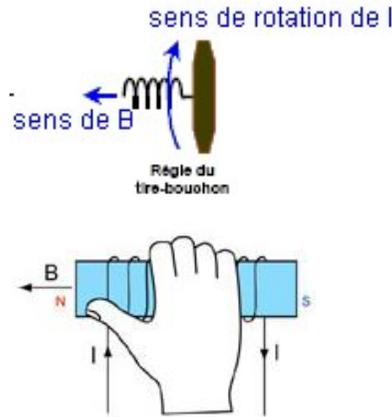
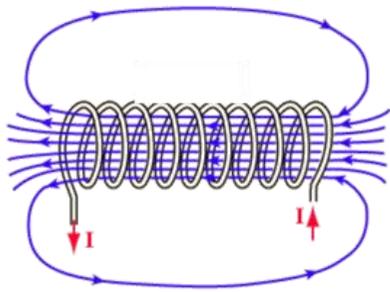


$$\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_r$$

#### La spire :



**Solénoïde :**



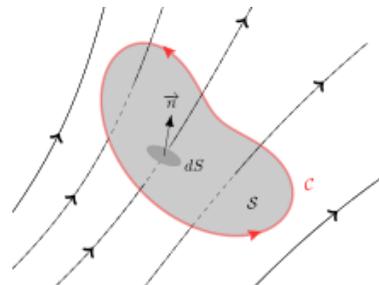
Solénoïde infini d'axe Oz comportant n spires par unité de longueur :

Le champ est nul à l'extérieur et uniforme à l'intérieur.

$$\vec{B}_{int} = \mu_0 n I \vec{u}_z \quad \text{et} \quad \vec{B}_{ext} = \vec{0}$$

**FLUX DU CHAMP MAGNETIQUE :**

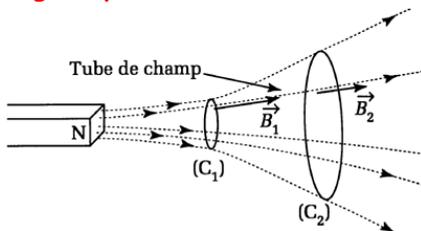
Orientation d'une surface : Soit une surface S s'appuyant sur un contour C orienté.  $\vec{n}$  est un vecteur unitaire normal à l'élément de surface dS et dont le sens se déduit de la règle du tire-bouchon.  $d\vec{S} = dS \vec{n}$



Le flux magnétique  $\Phi$  à travers S est  $\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$ , en weber Wb.

Cas d'une surface plane et d'un champ  $\vec{B}$  uniforme :  $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$

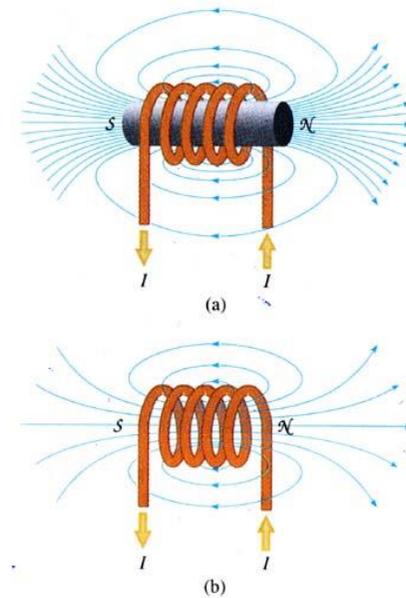
**Le champ magnétique est à flux conservatif = Le flux du champ magnétique à travers une surface fermée est nul.**



Flux entrant (à travers S1)  
= Flux sortant (à travers S2)

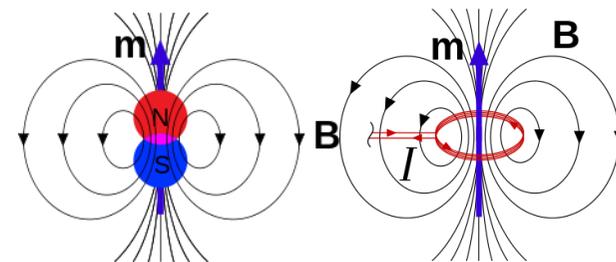
Conséquences :

- Le champ magnétique est plus intense dans les zones où les lignes de champ se resserrent.
- On augmente le champ magnétique créée par un solénoïde (b) en y introduisant un noyau de fer (a).
- Il est impossible de séparer un pôle nord d'un pôle sud.

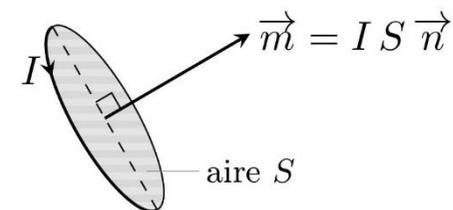


**DIPOLE MAGNETIQUE :**

Considérons une spire de rayon a parcouru par un courant I. On remarque que le champ produit à grande distance de la spire (pour  $r \gg a$ ) est comparable à celui produit par un aimant. On parle de dipôle magnétique et on le caractérise par un vecteur  $\vec{m}$  appelé moment dipolaire magnétique et orienté Sud-Nord.



Moment magnétique d'une spire plane :  $\vec{m} = I \vec{S}$  en  $A \cdot m^2$



**ACTION D'UN CHAMP MAGNETIQUE :**

Sur une charge  $q$  en mouvement : force de Lorentz

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

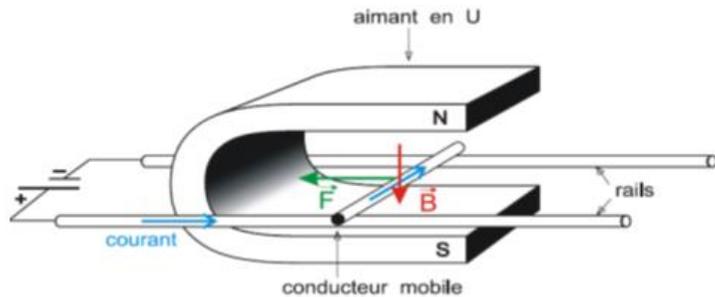
Sur un conducteur parcouru par un courant : force de Laplace

Si la force de Lorentz agit sur chaque particule chargée, la force de Laplace en est une conséquence et agit sur le matériau conducteur de ces particules.

Conducteur filiforme parcouru par un courant  $i$  où  $d\vec{l}$  est un élément du conducteur orienté comme  $i$  :

$$\vec{F}_L = \int_{\text{conducteur}} i d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

Rails de Laplace :



Cas d'un champ uniforme et  $i$  identique en tout point du circuit (ARQS)

- La force exercée sur un conducteur rectiligne de longueur  $l$  est :

$$\vec{F}_L = i \vec{l} \wedge \vec{B}$$

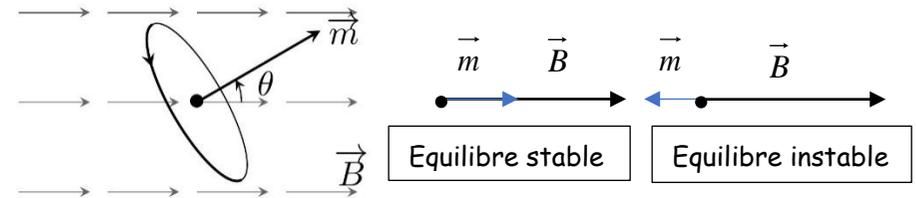
- Pour un **circuit fermé** :  $\oint d\vec{l} = \vec{0}$  (Chasles). Il subit donc un **couple** :

$$\vec{F}_L = \vec{0}, \text{ le moment est } \vec{\Gamma} = \vec{m} \wedge \vec{B}$$

Sur un dipôle magnétique :

Cas d'un champ uniforme : couple de moment  $\vec{\Gamma} = \vec{m} \wedge \vec{B}$

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



Applications : moteur à courant continu, boussole, visualisation des lignes de champ avec de la limaille de fer.

