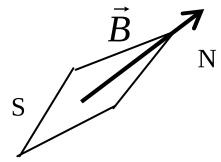
I) VECTEUR CHAMP MAGNETIQUE $\vec{B}$

1°) Détecteur élémentaire de champs magnétiques

Une boussole est un détecteur de champ magnétique. Elle adopte dans une région de l'espace :

- une **direction** donnée
- l'ordre des pôles Sud-Nord (S-N) fixe un **sens** sur cette direction
- la période de ses oscillations dépend de l'intensité du champ magnétique



2°) Le vecteur champ magnétique

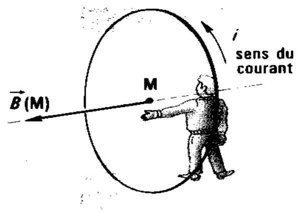
a la direction de la droite sn, le sens sn et une intensité mesurable par un teslamètre en Tesla (T).

3°) Lignes de champ

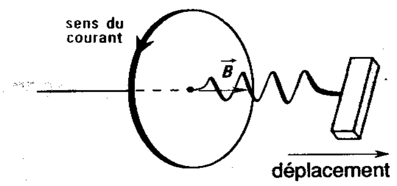
Ce sont **des lignes qui sont tangentes au champ magnétique en chacun de leurs points**. Elles sont **orientées conventionnellement dans le sens du champ.**

4°) Règles pratiques de détermination du sens du ch amp magnétique

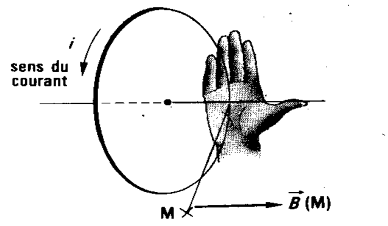
Elles permettent dans la plupart des cas de prévoir le sens du champ magnétique.



Bonhomme d'Ampère



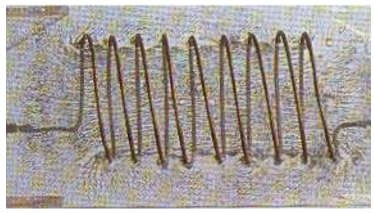
Tire-bouchon



Règle de la main droite

5°) Champ d'un solénoïde

Spectre d'un solénoïde (un solénoïde est une bobine de fil conducteur)



6°) Superposition

Lorsque plusieurs sources sont présentes, le vecteur champ magnétique est la somme des vecteurs champs magnétiques de chaque source.

II) INTERACTION AVEC LA MATIERE

1°) Interaction avec une particule chargée : force de Lorentz

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}(M)}$$

2°) Interaction avec un courant : force de Laplace

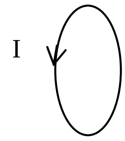
On appelle élément de courant le vecteur $\mathbf{I}\,\mathbf{d}\vec{\mathbf{l}}$ qui est orienté comme I.
La force élémentaire agissant sur l'élément de courant du fait de la présence du champ magnétique $\vec{\mathbf{B}}$ est donnée par : $\boxed{d\vec{F} = I\,d\vec{l} \wedge \vec{B}}$

3°) Action d'un champ magnétique uniforme sur un ci rcuit indéformable

La résultante des forces de Laplace est nulle. Le seul effet des forces de Laplace sera d'induire une rotation du circuit. **Le torseur des actions de Laplace est un couple.**

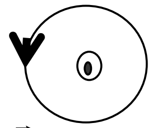
III)) DIPÔLE MAGNETIQUE

1°) Définition C'est une boucle de courant fermée parcourue par un courant.



2°) Moment dipôlaire magnétique $\boxed{\vec{M} = IS\vec{n}}$ où

- S est la surface du circuit
- $\vec{n}$ la normale orientée du circuit (par **la règle du tire bouchon**).
- I l'intensité du courant



3°) Champ créé par un dipôle magnétique $\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi r^3} M(2\cos\theta \vec{u}_r + \sin\theta \vec{u}_\theta)$

L'axe du dipôle est celui des coordonnées polaires.

IV) CALCUL DU CHAMP MAGNETIQUE

1°) Loi de BIOT et SAVART $\boxed{\vec{B}(M,t) = \frac{\mu_o}{4\pi} I \oint_{(C)} \frac{\vec{dl} \wedge \vec{u}}{(PM)^2} \quad \text{où } \vec{u} = \frac{\vec{PM}}{PM}}$

On commence toujours par exprimer le champ élémentaire créé par l'élément de courant $I\,\vec{dl}$:

$$\vec{dB}(M,t) = \frac{\mu_o}{4\pi} I \frac{\vec{dl} \wedge \vec{u}}{(PM)^2}$$

2°) Propriétés de symétrie (le contraire de celle qui seront vues pour un champ électrique).

Le champ magnétique, en un point d'un plan de symétrie positive, est orthogonal à ce plan.
Le champ magnétique, en un point d'un plan de symétrie négative, est dans ce plan.

3°) Illustrations (il faut savoir faire ces calculs)

Champ magnétique créé par un fil infini_ $\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_o I}{2\pi r}\vec{u}_\theta}$

Champ magnétique créé par une spire circulaire de rayon a $\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_o I}{2a}\sin^3\theta\,\vec{k}}$

Champ magnétique créé par un solénoïde fini_ $\boxed{\vec{B} = \frac{n\mu_o I}{2}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)\vec{k}}$ n est le nombre de spires par mètre.

Formule du solénoïde infiniment long $\boxed{\vec{B} = n\mu_o I\vec{k}}$ De la précédente où $\theta_1 = 0$ et $\theta_2 = \pi$.

V) CIRCULATION DU CHAMP MAGNETIQUE: THEOREME D'AMPERE

1°) Enoncé du théorème d'Ampère

La circulation du vecteur $\vec{B}$ le long d'un contour fermé (C) est égale à la somme des intensités algèbrisées des courants enlacés multipliée par μ_o. Le signe d'une intensité est positive si elle traverse (C) dans le sens de sa normale orientée.

On peut écrire cela sous la forme: $\boxed{\oint_{(C)} \vec{B}(M,t).d\vec{OM} = \mu_o I_{enlacé}}$

VI) FLUX DU CHAMP MAGNETIQUE

1°) Définition dans le cas simple d'un champ uniforme

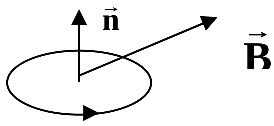
Soit un circuit (C) d'aire S plongé dans un champ $\vec{\mathbf{B}}$ uniforme. Soit $\vec{n}$ **une des normales orientées de (C)**.

Le flux Φ du champ magnétique à travers le circuit (C) est donné par : $\boxed{\Phi = \vec{\mathbf{B}}.\vec{\mathbf{n}}\mathbf{S}}$

Φ est exprimée en weber (Wb). $\vec{n}$ la normale orientée est donnée par la règle du tire-bouchon.

2°) Définition générale du flux

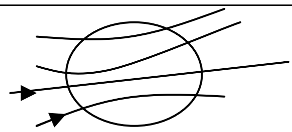
Si le champ n'est pas uniforme on exprime d'abord le flux élémentaire $\boxed{d\Phi = \vec{B}.\vec{n}dS}$ sur une petite surface sur laquelle le champ sera uniforme. On fera ensuite la somme (intégrale double) sur la totalité de la surface. $\boxed{\Phi = \oiint_S \vec{B}.\vec{n}dS}$



3°) Propriété fondamentale

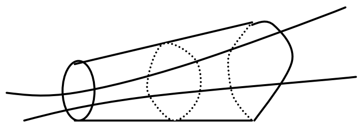
$\boxed{\text{Le flux sortant d'un champ magnétique quelconque est nul à travers toute surface fermée.}}$

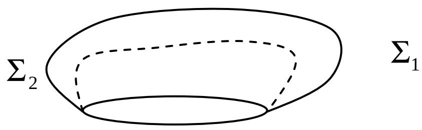
Ceci peut s'écrire: $\boxed{\oiint_S \vec{B}.\vec{n}dS = 0}$ Cela signifie qu'il sort autant de lignes de champ magnétique qu'il en rentre.



4°) Conséquences

- Un tube de champ magnétique a le même flux dans toute section.
- Le flux du champ magnétique est le même à travers toute surface s'appuyant sur le même contour.





5) Propriétés

Le champ magnétique est à divergence nulle.

$\boxed{\mathrm{div}(\vec{B}(M,t)) = 0}$ Cette relation exprime une propriété locale.

On dit aussi que le champ magnétique est à flux conservatif.

VI) CONTINUITE DU CHAMP MAGNETIQUE

La présence de courants surfaciques introduit une discontinuité du champ magnétique donnée par :

$$\boxed{\vec{\mathbf{B}}_2 - \vec{\mathbf{B}}_1 = \mu_o\, \vec{\mathbf{j}}_s \wedge \vec{\mathbf{n}}_{12}}$$

où le vecteur $\vec{\mathbf{n}}_{12}$ est orienté du milieu (1) vers le milieu (2).