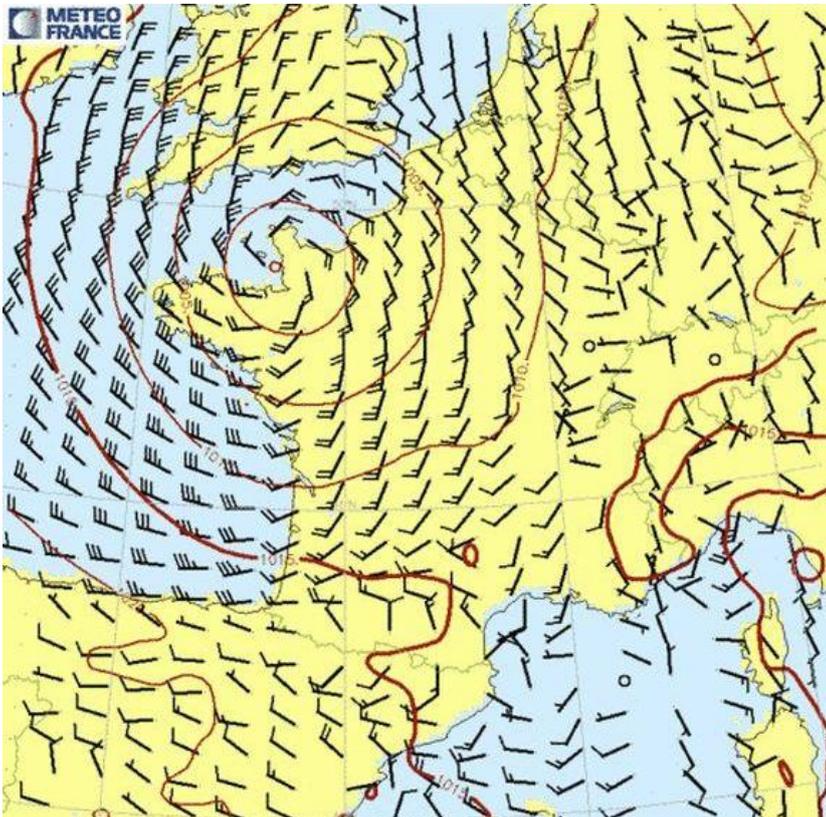


MagnétismeMA1 Champ magnétique

I Sources de champ magnétique.....	2
1.) Topographie du champ magnétique.....	2
2.) Champ magnétique terrestre	2
3.) Champ créé par une spire ou un ensemble de spires circulaires	3
4.) Propriétés de symétrie et d'invariance de la distribution de courants	5
II Moment magnétique.....	6
1.) Boucle de courant plane (ou spire)	6
2.) Aimant	7
III Actions d'un champ magnétique extérieur	7
1.) Rails de Laplace alimentés, plongés dans un champ magnétique extérieur uniforme	7
2.) Spire rectangulaire alimentée	9
dans un champ magnétique extérieur uniforme	9
3.) Action d'un champ magnétique extérieur sur un aimant.....	11
4.) Application : Effet moteur d'un champ magnétique tournant	11

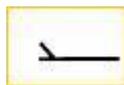


Vent et isobares <http://www.culture-maritime.com/>

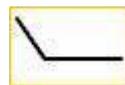
L'hampe indique la direction d'où vient le vent. **Les barbules** indiquent la vitesse en nœuds selon le code suivant :



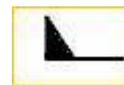
Vent nul



5 nœuds



10 nœuds



50 nœuds

I Sources de champ magnétique

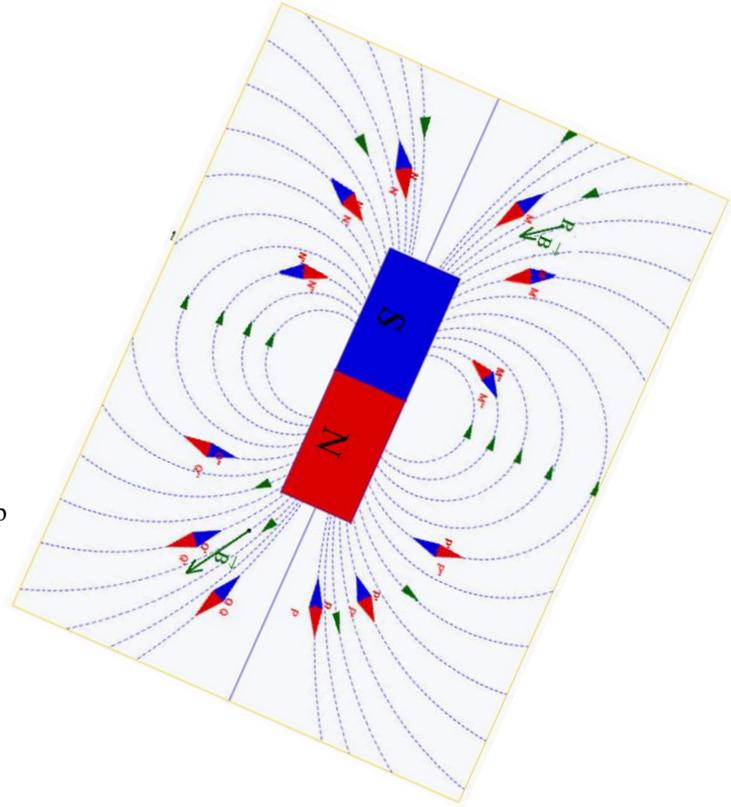
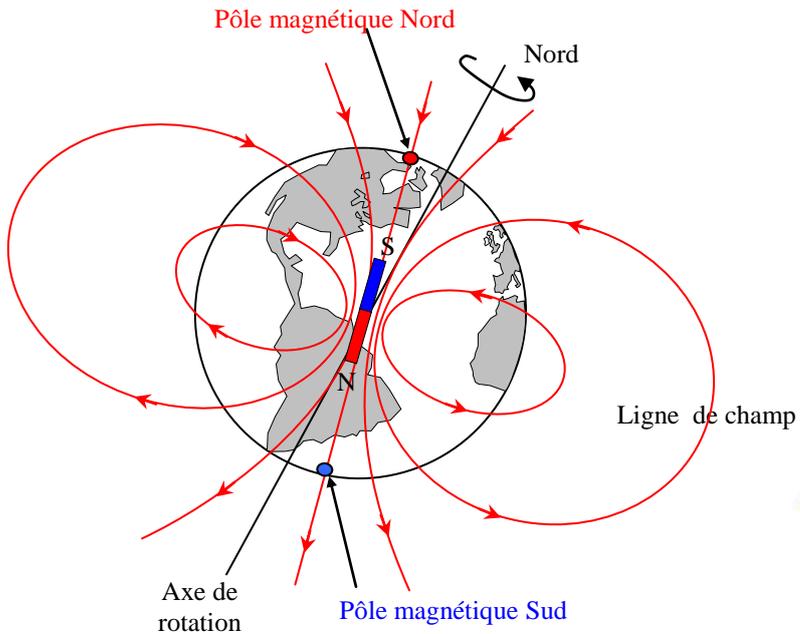
1.) Topographie du champ magnétique

Ligne de champ magnétique : Courbe tangente en chacun de ses points au champ magnétique \vec{B} en ce point, orientée dans le sens du champ \vec{B} .

Spectre magnétique : Tracé des lignes de champ magnétique.

Obtention : - sonde à effet Hall ou "Teslamètre" ;
- petit aimant de boussole ou limaille de fer.

2.) Champ magnétique terrestre

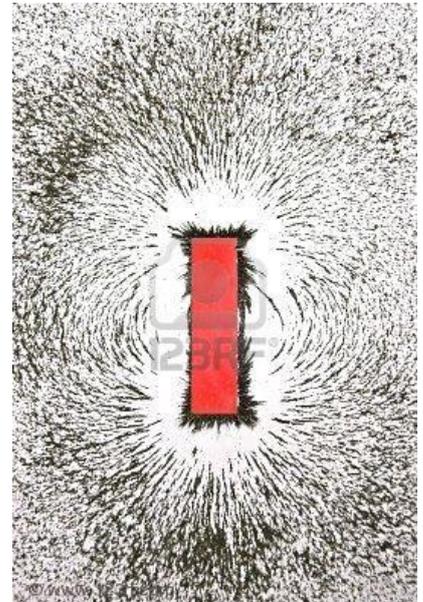


Ordres de grandeurs :

Pour la Terre : $B \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Pour un aimant : $B \approx 0,1 \text{ à } 1 \text{ T}$

Pour les IRM : $B \approx 3 \text{ T}$.

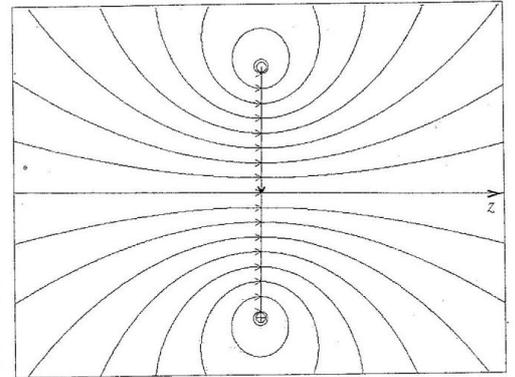
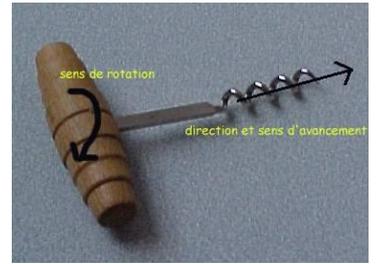
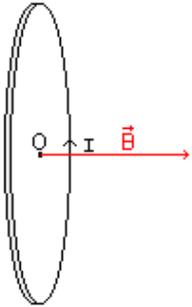


3.) Champ créé par une spire ou un ensemble de spires circulaires

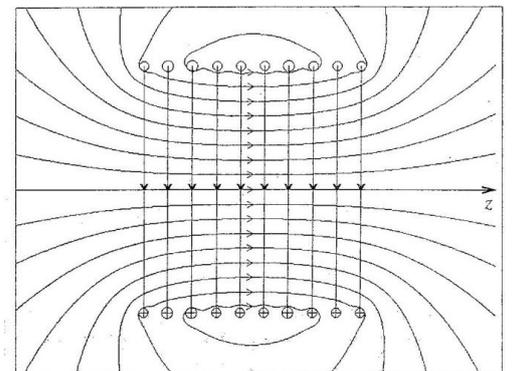
Sur l'axe d'une spire, $\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \alpha \vec{e}_z$

A l'intérieur d'un solénoïde, $\vec{B} = \mu_0 n I \vec{e}_z$

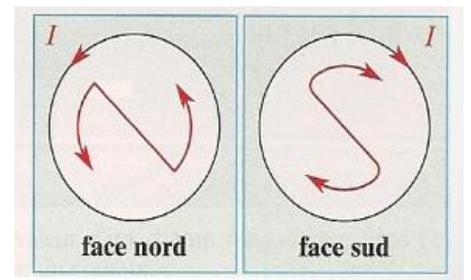
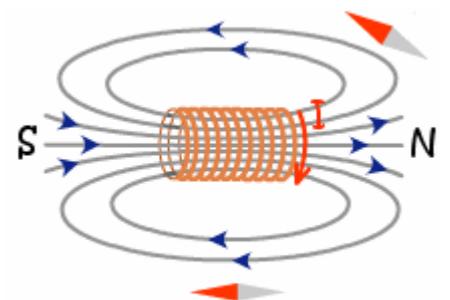
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$ Perméabilité absolue du vide



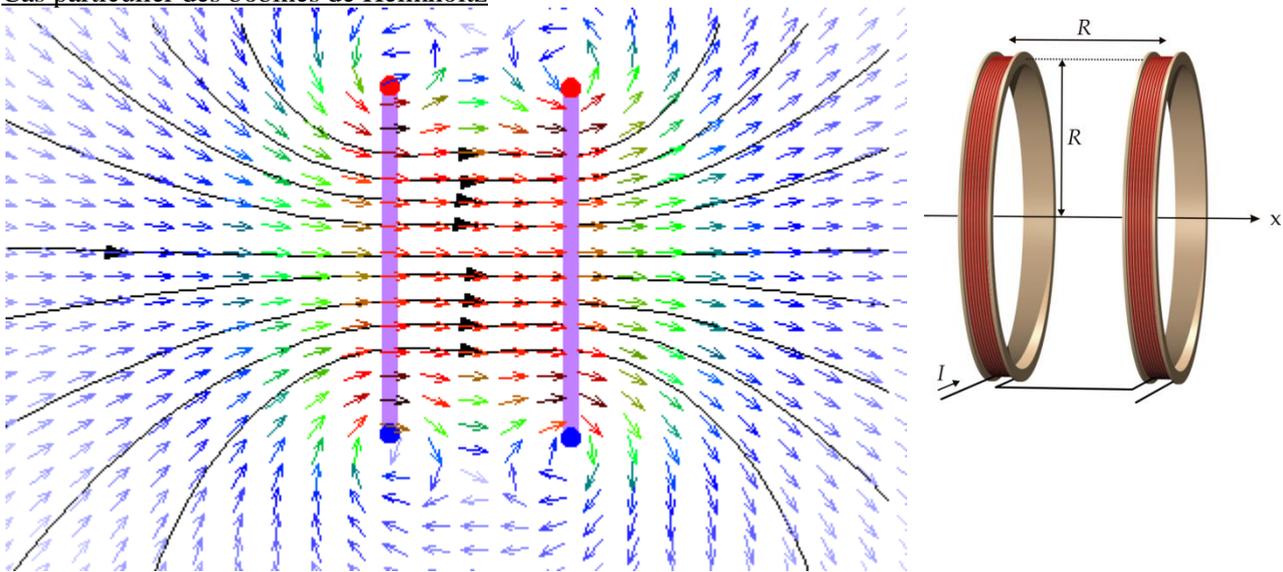
Doc. 2 . Lignes de champ magnétique d'une spire.



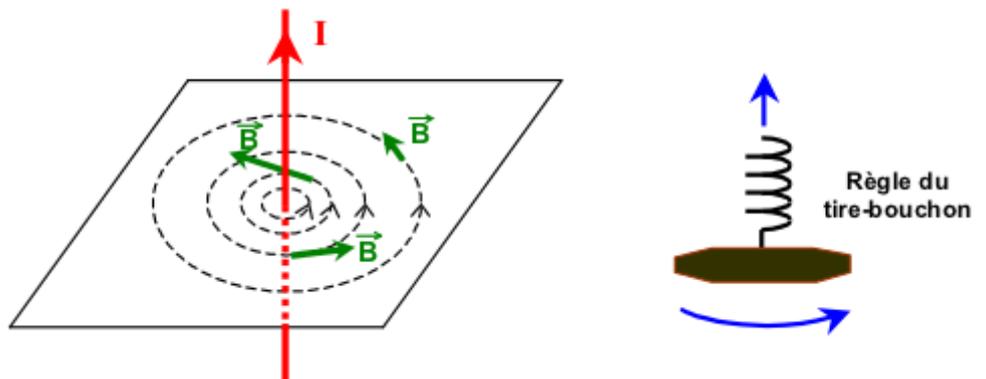
Doc. 3 . Lignes de champ magnétique d'un ensemble de dix spires parcourues par des courants identiques.



Cas particulier des bobines de Helmholtz



Fil rectiligne :



Les lignes de champ tourbillonnent autour de leur source (courants). Sens : règle du tire-bouchon.
 Les lignes de champ sont en général fermées.

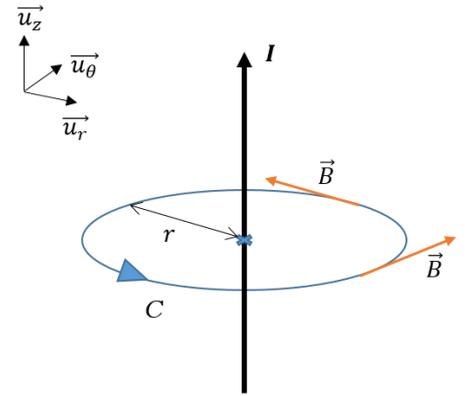
4.) Propriétés de symétrie et d'invariance de la distribution de courants

a) Invariances :

- On place un point M qui regarde la distribution
- On le déplace par translation le long de la distribution ou par rotation autour d'elle.

Si le point M voit la même distribution, il y a invariance de la distribution.

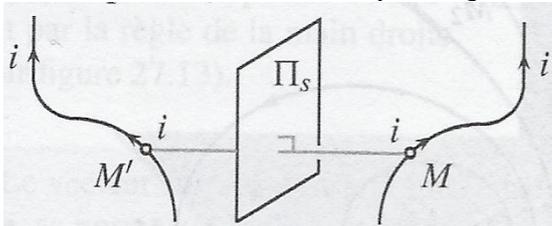
Le champ magnétique au point M ne dépendra pas de la coordonnée qui "produit" l'invariance : C'est le principe de Curie.



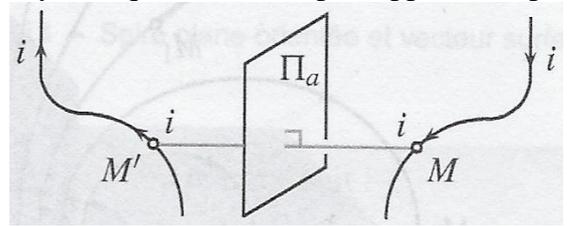
Exemple : fil rectiligne infini

b) Symétries et antisymétries :

Distributions de courant symétriques (à gauche)



ou antisymétriques (à droite) par rapport à un plan



Exemple : spire circulaire

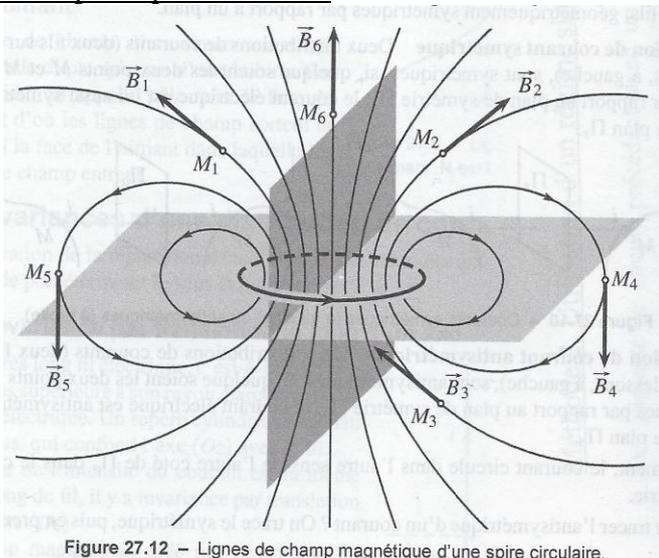


Figure 27.12 – Lignes de champ magnétique d'une spire circulaire.

Conclusion :- distribution de courant présentant un plan de symétrie :

En deux point M et M' symétriques par rapport à un plan de symétrie de la distribution, le champ magnétique en M' est l'opposé du symétrique du champ magnétique en M : $\vec{B}(M') = -sym(\vec{B}(M)/\Pi_{sym})$.

Le champ \vec{B} est orthogonal au plan de symétrie Π_{sym} d'une distribution de courants.

- distribution de courants présentant un plan d'anti symétrie :

En deux point M et M' symétriques par rapport à un plan d'antisymétrie de la distribution, le champ magnétique en M' est le symétrique du champ magnétique en M : $\vec{B}(M') = sym(\vec{B}(M)/\Pi_{antisym})$

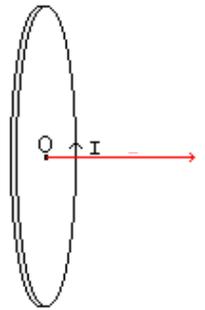
Le champ \vec{B} est contenu dans le plan d'antisymétrie $\Pi_{antisym}$ d'une distribution de courants.

II Moment magnétique1.) Boucle de courant plane (ou spire)

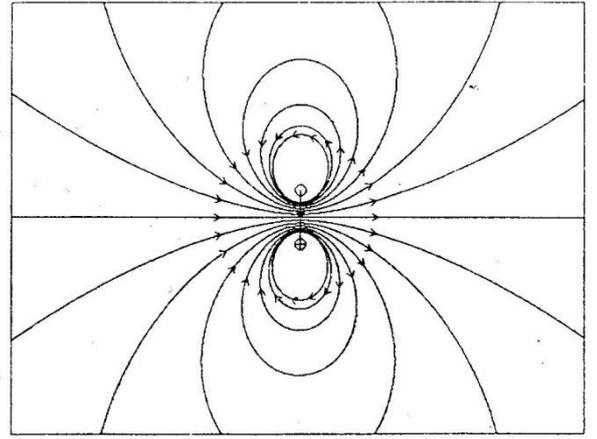
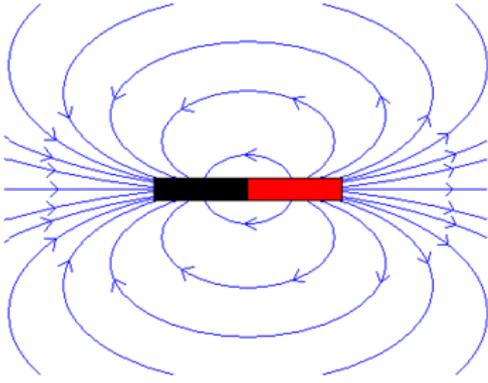
Vecteur surface : $\vec{S} = S\vec{n}$

Moment magnétique d'une boucle de courant plane, parcourue par un courant I :

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



2.) Aimant



$\mathcal{M} \approx 10 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ pour un aimant usuel
 $\mathcal{M} \approx 10^{23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ pour la terre

<https://toutestquantique.fr/paramagnetisme-et-ferromagnetisme/>

III Actions d'un champ magnétique extérieur

1.) Rails de Laplace alimentés, plongés dans un champ magnétique extérieur uniforme

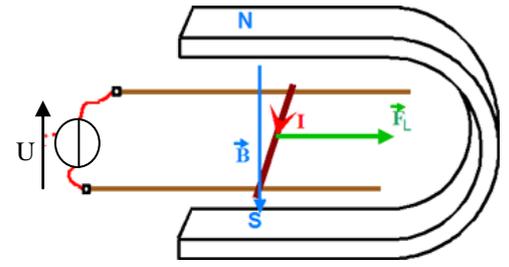
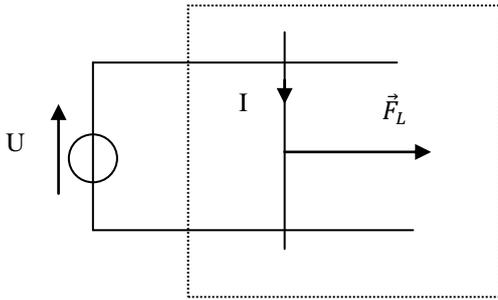
Résultats expérimentaux : Les aimants et les fils parcourus par des courants s'attirent ou se repoussent suivant le pôle de l'aimant ou le sens du courant. Ils sont sources de champ magnétique \vec{B} .

Le champ magnétique se manifeste par des forces :

- une particule de masse m , de charge q , de vitesse \vec{v} , soumise à un champ \vec{B} , subit la force de Lorentz $\vec{f} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$
- une portion de circuit de longueur dl et parcourue par un courant I , plongée dans un champ, subit la force de Laplace élémentaire $\vec{df}_L = I\vec{dl} \wedge \vec{B}$.

Un circuit de longueur l subit la force de Laplace $\vec{f}_L = \oint \vec{df} = \oint I\vec{dl} \wedge \vec{B}$.

Expérience de Laplace Vue de dessus



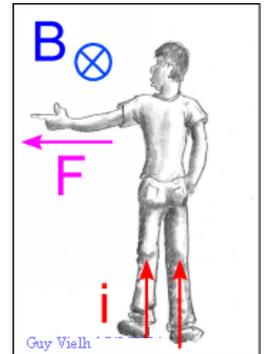
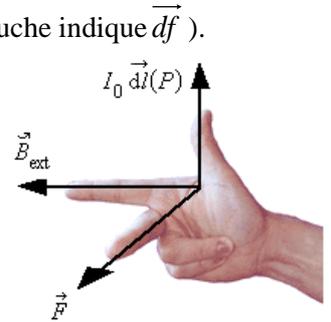
Force de Laplace agissant sur le segment $[MN]$ parcouru par un courant I , plongé dans un champ uniforme \vec{B}

$$\vec{F}_L = I \vec{MN} \wedge \vec{B}$$

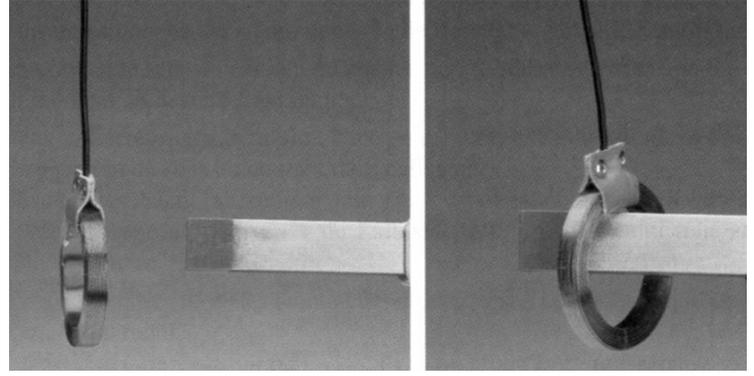
Puissance de la force de Laplace : $P_L = I \cdot B \cdot l \cdot v$

Règles d'orientation : Trièdre direct $(I \vec{dl}, \vec{B}, d\vec{f})$ (règle des 3 doigts de la main droite)

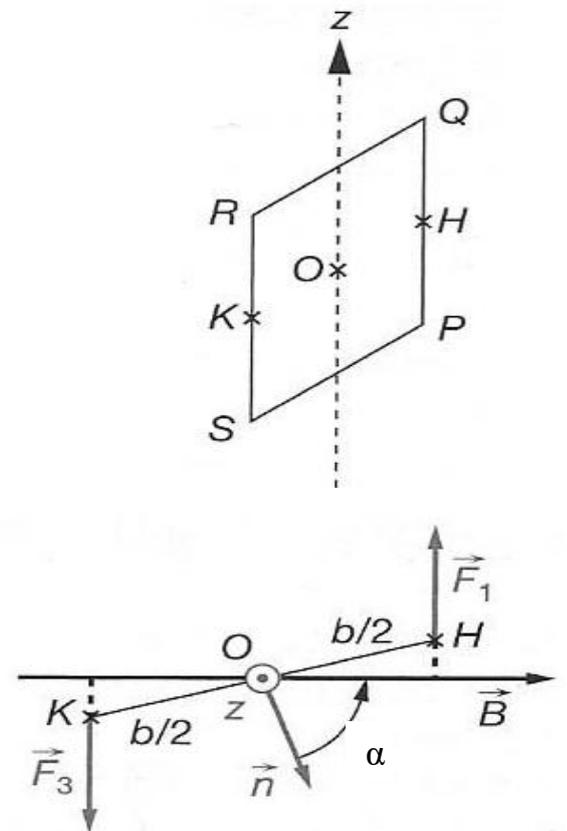
ou bonhomme d'Ampère (I le parcourant des pieds vers la tête, il regarde fuir \vec{B} , et son bras gauche indique $d\vec{f}$).

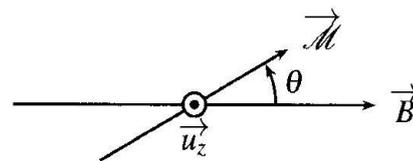


2.) Spire rectangulaire alimentée dans un champ magnétique extérieur uniforme



Propriété : Un circuit ou un aimant de moment magnétique $\vec{\mathcal{M}}$, plongé dans un champ extérieur \vec{B} uniforme, subit un couple magnétique de Laplace de moment résultant $\vec{\Gamma}_L = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}$.





3.) Action d'un champ magnétique extérieur sur un aimant

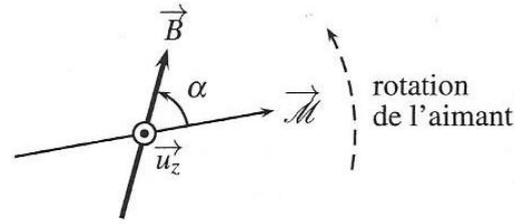


Figure 27.3 – Rotation d'un aimant dans un champ magnétique.

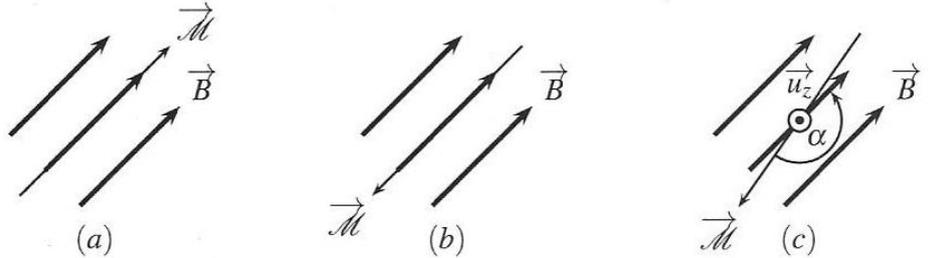
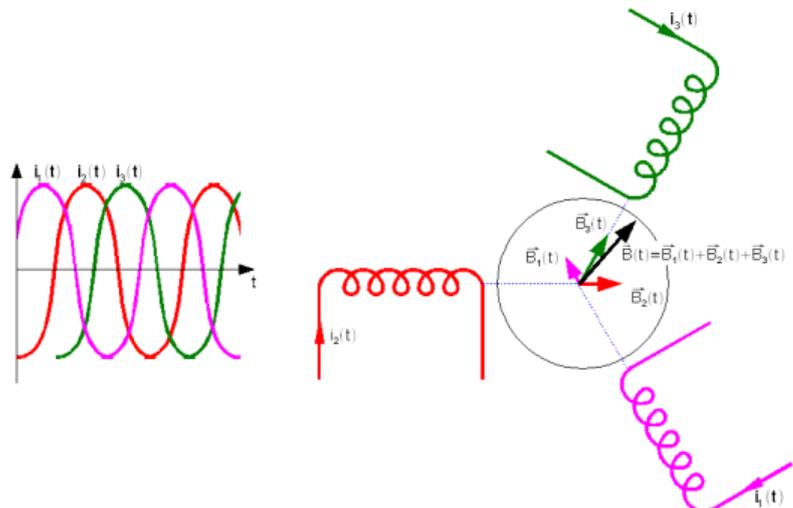


Figure 27.4 – Stabilité de la position d'un aimant dans un champ magnétique, cas (a) parallèle (b) antiparallèle (c) antiparallèle perturbé.

4.) Application : Effet moteur d'un champ magnétique tournant

Expérience : Soient trois bobines fixes, dont les axes sont décalés de $\frac{2\pi}{3}$, alimentées par un réseau triphasé équilibré.

Une aiguille aimantée (petit aimant mobile) placée au centre de ce système se met à tourner dès que les bobines sont alimentées. On remarque que, suivant que l'on alimente les bobines par un système direct ou indirect de tensions, l'aiguille aimantée tourne dans un sens ou l'autre. De plus, sa vitesse de rotation dépend de la fréquence d'alimentation des bobines.



Principe des moteurs dont les moteurs synchrones : <http://rvb15.fr/ressources/moteurs/>

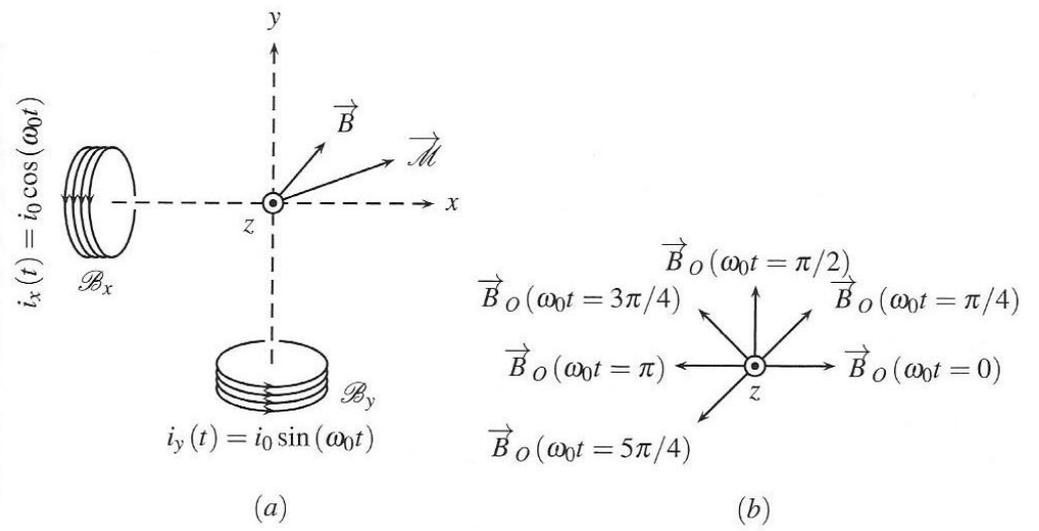


Figure 27.6 – Champ magnétique tournant et moment dipolaire : (a) dispositif expérimental, (b) champ tournant.