

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



isobares : courbes de pression identiques
pour le champ de pression = champ scalaire.

autre ex : courbes de niveau = courbes
de m altitude)

Champ de vitesse du vent
= champ vectoriel

donne des indicat° sur la direct° et le
sens, et sur la force l'intensité du vent
⇒ représenté par 1 vecteur

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

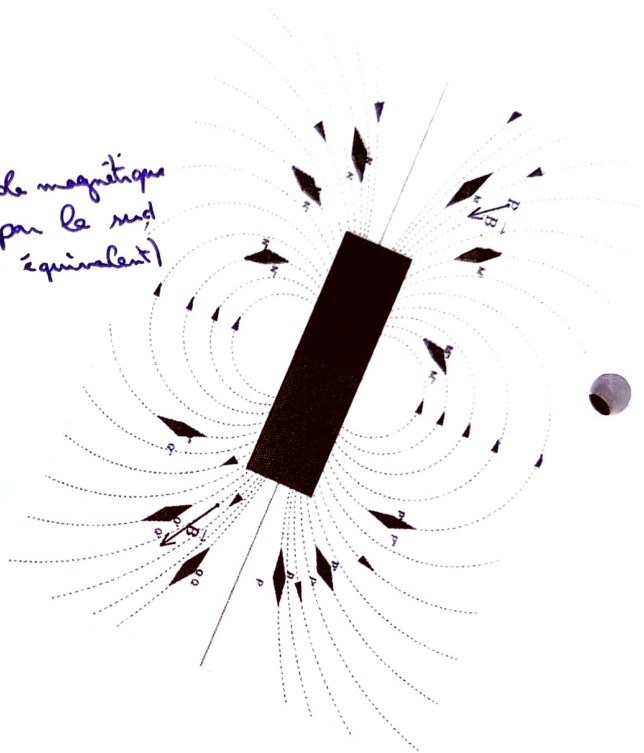
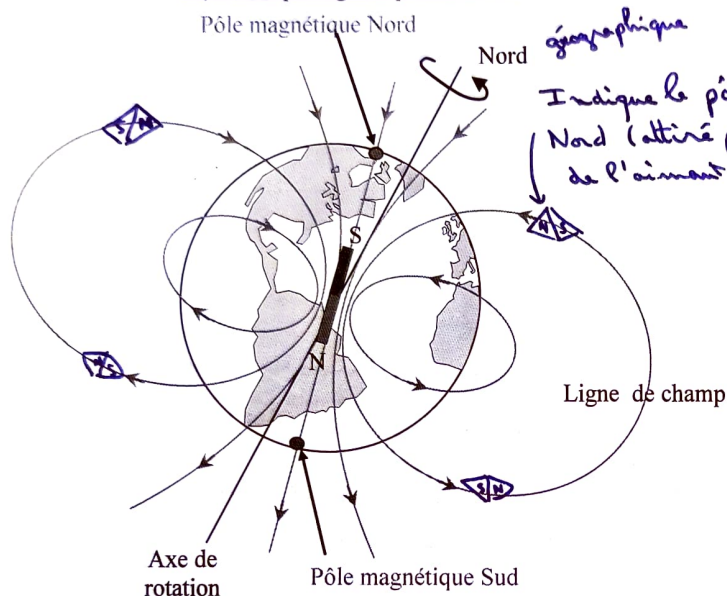
1.) Topographie du champ magnétique

- * 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 : $B \approx 3 \text{ T}$.

Plus les lignes de champ sont serrées, plus le champ est intense

Rq: unité de B : le Tesla T

$$\vec{F}_m = q \vec{v} \wedge \vec{B} \text{ force magnétique.}$$

$$\vec{F}_m = m \vec{a} \text{ 2nd loi de Newton}$$

$$m a = q v B$$

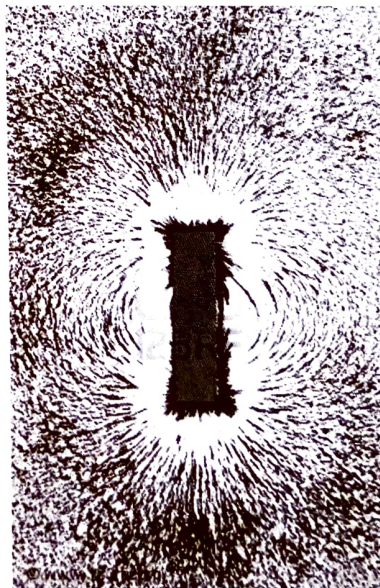
$$\Rightarrow [B] = \left[\frac{m a}{q v} \right]$$

$$\Rightarrow u_B = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{C} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$u_B = \text{kg} \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$q = i t : C = A \cdot s$$

$$u_B = \text{kg} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} = \text{T}$$

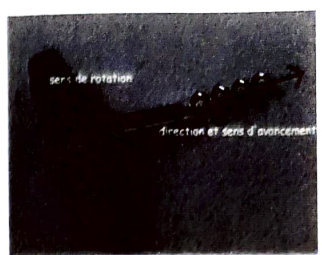
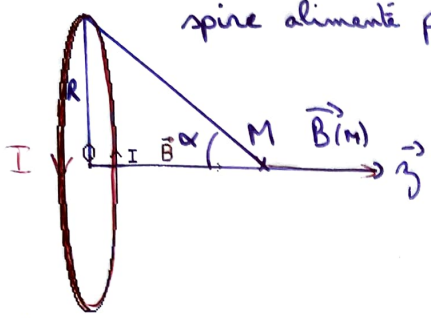


3.) Champ créé par une spire ou un ensemble de spires circulaires

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

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

spire alimentée par 1 géné



Le sens de B est donné par la règle du tire bouchon ou règle de la main droite : on tourne dans le sens de I, le pouce indique $\vec{B}$.

Champ crée au centre de la spire. $\alpha = \frac{\pi}{2}$

$$\vec{B}(0) = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3\left(\frac{\pi}{2}\right) \vec{e}_z = \frac{\mu_0 I}{2R} \vec{e}_z$$

Pour 1 bobine plate : N spires tq $l \ll R$

$$\vec{B}_N(0) = N \vec{B}(0)$$

La règle du tire bouchon fonctionne dans les 2 sens : Si on tourne ds le sens indiqué sur la ligne de champ, le pouce indique le sens de courant.

Solénoïde : Bobine tq $l \gg R$ comportant N spires.

$$\vec{B} = \mu_0 n I \vec{e}_z$$

où $n = \frac{N}{l}$ nb de spires par unité de longueur.

Champ uniforme à l'int : lignes de champs //.

Près des bords, les lignes de champ s'écartent, le champ diminue.

À l'ext du solénoïde, en dehors de son axe, $B \approx 0$

AN: N = 1000 spires

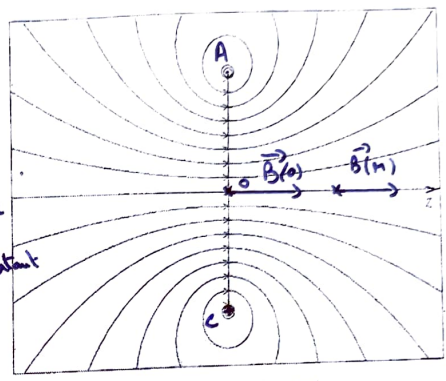
l = 40 cm

I = 0,5 A

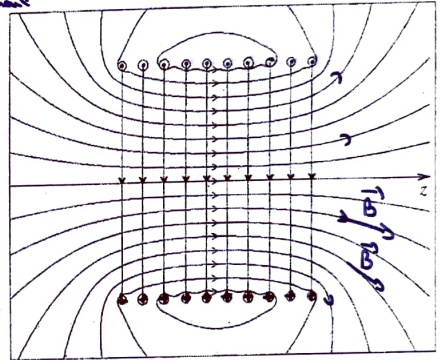
$$\Rightarrow B = 1,6 \times 10^{-3} \text{ T}$$

Les spires sont alimentées en série pour être parcourues par le même courant. En général elles sont jointes ("ne sont comprimées") et entaillées d'1 isolant

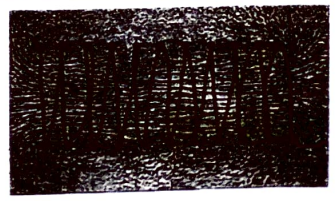
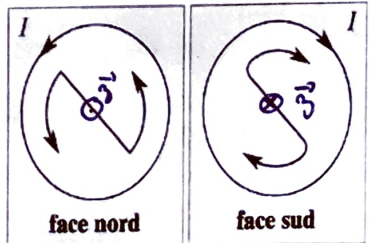
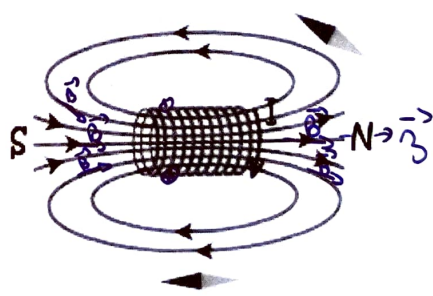
Pour 1 solénoïde : les lignes de champ créées sont identiques à celles créées par 1 aimant droit.



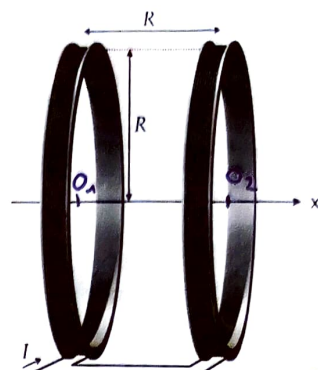
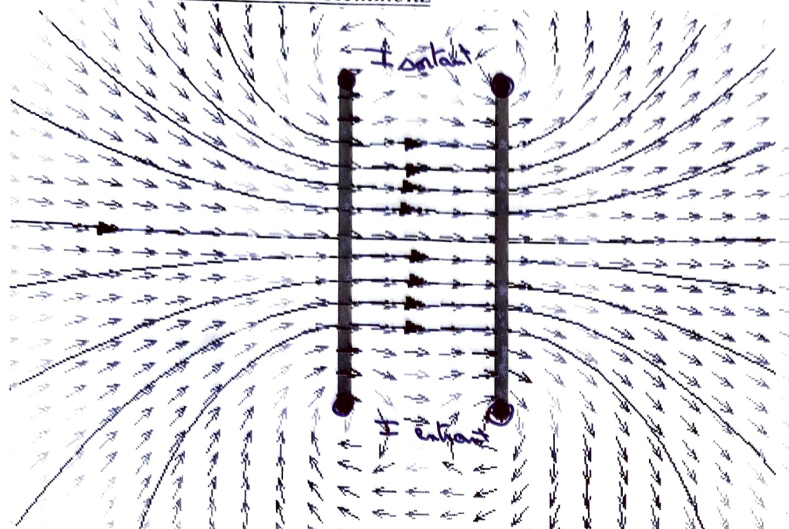
Doc. 2 : Lignes de champ magnétique d'une spire.



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



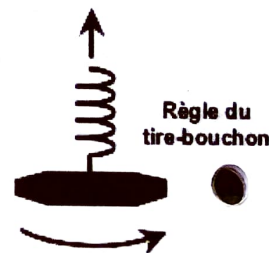
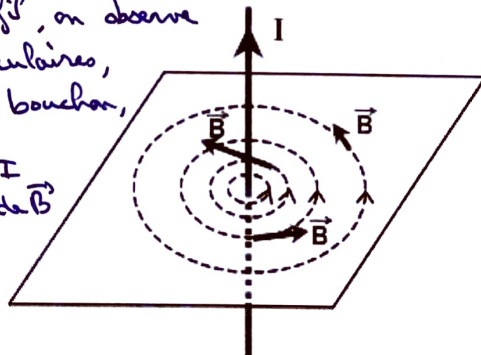
Cas particulier des bobines de Helmholtz



$\vec{B}$ dans le sens de (Ox)
 Si les courants circulent en sens inverse l'un de l'autre,
 $\vec{B} \approx 0$ au centre O

Les 2 bobines sont alimentées en série pour avoir I identique si elles sont espacées de R , les lignes de champ sont // entre les 2 bobines $\Rightarrow$ champs uniforme
 Utilisé ds le dispositif particule ds 1 champ quasi uniforme (cercle ou hélice)

Fil rectiligne: Ds 1 plan $\perp$ au fil, on observe exp des lignes de champ circulaires, centrées par la règle du tire bouchon, ou de la main droite.
 Le pouce indique le sens de I , quand on tourne dans le sens de $\vec{B}$ sur la ligne de champ.



Les lignes de champ tourbillonnent autour de leur source (courants).
 Les lignes de champ sont en général fermées.

Sens : règle du tire-bouchon.

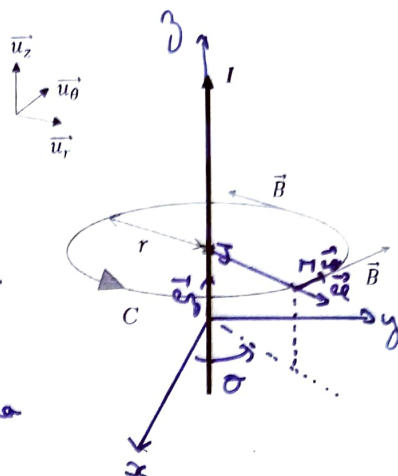
4.) Propriétés de symétrie et d'invariance de la distribution de courants

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.



$\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z$
coord cylindrique.

Exemple : fil rectiligne infini

$$\vec{OM} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z$$

Au pt M, $B(r, \theta, z)$
créé par 1 fil rectiligne infini

Distribut de courant invariante par
translat suivant (Oz)

M se déplace suivant (Oz) ne voit aucune différence sur la distribut.

$\Rightarrow B$ indép de z

Distribut invariante par rotat
autour de (Oz)

M en tournant autour de (Oz) ne voit pas de changement pour la distribut

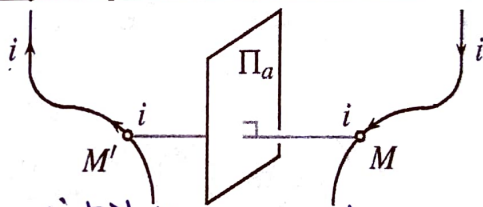
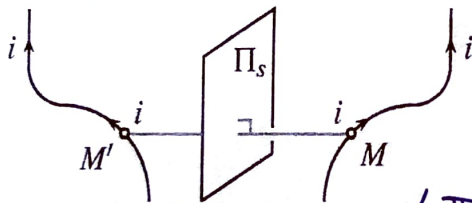
$\Rightarrow B$ indép de θ

B ne dépend que de la distance à l'axe $B(r)$

b) Symétries et antisymétries :

Distributions de courant symétriques (à gauche)

ou antisymétriques (à droite) par rapport à un plan

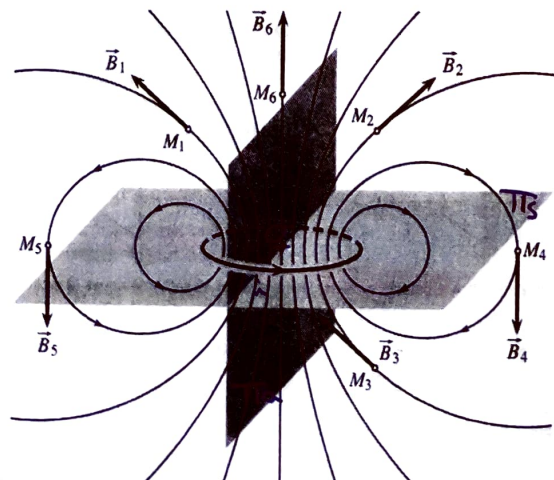


Pour 2 pb M et M' sym / Π avec $M, M' \in$ distribut de courant

A gauche Π est 1 plan de symétrie Π_s si $i(M) = i(M')$

A droite Π est 1 plan d'antisymétrie Π_a si $i(M) = -i(M')$

Exemple : spire circulaire



Π , plan qui contient la spire est 1 plan de symétrie pour cette distribut (aucun courant en dehors de ce plan)

Le plan Π_a , $\perp$ à Π_s , passant par O est 1 plan d'antisymétrie : de part et d'autre de ce plan, les courants circulent en sens inverse.

Pour M_1 et M_2 sym / Π_a : $\vec{B}_2 = \text{sym}(\vec{B}_1 / \Pi_a)$

Pour $M_6 \in \Pi_a$: $\vec{B}_6 \subset \Pi_a$

Pour M_2 et M_3 sym / Π_s : $\vec{B}_3 = -\text{sym}(\vec{B}_2 / \Pi_s)$

Pour $M_4 \in \Pi_s$: $\vec{B}_4 \perp \Pi_s$

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 : $\vec{B}(M') = -\text{sym}(\vec{B}(M)/\Pi_{\text{sym}})$.

Le champ $\vec{B}$ est orthogonal au plan de symétrie Π_{sym} d'une distribution de courants. en 1 pt de Π_s

- 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 : $\vec{B}(M') = \text{sym}(\vec{B}(M)/\Pi_{\text{antisym}})$

Le champ $\vec{B}$ est contenu dans le plan d'antisymétrie Π_{antisym} d'une distribution de courants. en 1 pt de Π_a

II Moment magnétique

1.) Boucle de courant plane (ou spire)

Vecteur surface : $\vec{S} = S\vec{n}$ définie pour 1 surface plane

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

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

$\vec{S}$ de norme égale à la surface S délimitée par la spire et orienté par la règle du tire bouchon.

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

$\uparrow \quad \quad \uparrow \quad \quad \uparrow$
 $A.m^2 \quad A \quad T.m^2$

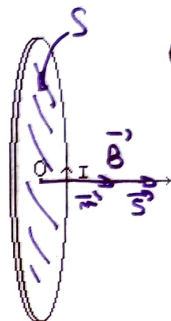
ex: bobine plate de TP

$$R = 6,5 \text{ cm} \quad I = 2 \text{ A} \quad S = \pi R^2$$

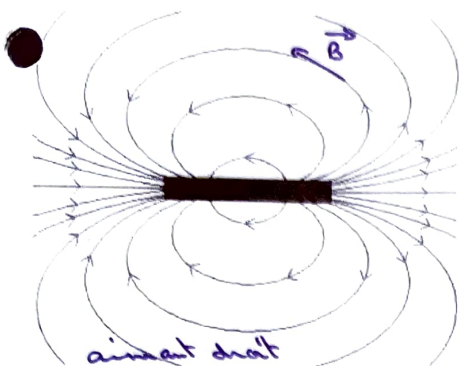
$$M_{\text{spire}} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ A.m}^2$$

$$M_{\text{N spire}} = N M_{\text{spire}}$$

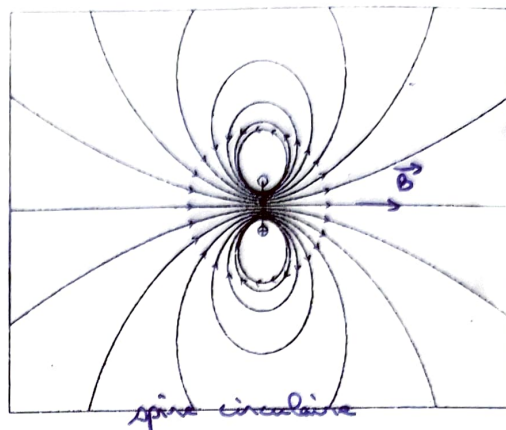
$$N = 100 \text{ (spires)} \quad M_{\text{N spire}} = 2,6 \text{ A.m}^2$$



2.) Aimant



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



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

À très grande distance de l'aimant ou de la spire (si le dispositif est quasi confondu avec son centre), on observe que les lignes de champ ont la même forme.

⇒ On définit l'aimant par analogie avec la spire.

$\vec{M}$ représente aussi bien une courant qu'un aimant ou à grande distance distribué de



Rq: En spé, on définit l'aimantat = moment magnétique volumique de l'ordre de 10^6 A.m^{-1} pour les aimants.

I 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 $d\vec{f}_L = I d\vec{l} \wedge \vec{B}$.

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

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

$$\vec{f}_L = I d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

$$d\vec{l} = \vec{v} dt \text{ déplacement élémentaire}$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

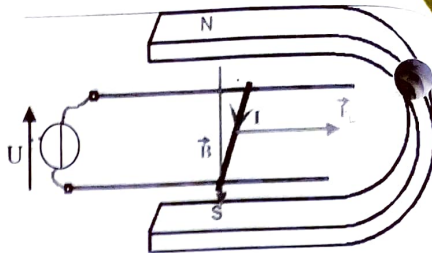
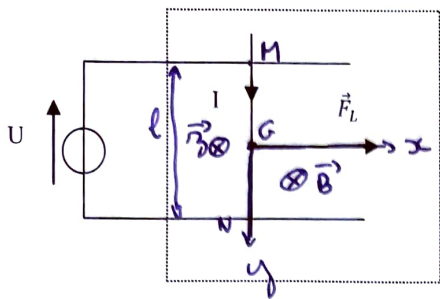
$$I d\vec{l} = \frac{dq}{dt} \vec{v} dt$$

$$= dq \vec{v}$$

Pour que I circule, le circuit doit être fermé

$$\vec{f}_L = \oint_{\text{circuit}} d\vec{f}$$

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 : $P_L = I \cdot B \cdot l \cdot v = \vec{F}_L \cdot \vec{v}$

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 $d\vec{f}$). $= I \vec{dl} \wedge \vec{B}$

Calcul de la force de Laplace sur la tige MN où MN est orienté dans le sens de I

$$d\vec{F}_L = I d\vec{l} \wedge \vec{B} \text{ où } d\vec{l} \text{ orienté dans le sens de } I$$

$$d\vec{l} = dy \vec{e}_y \quad \vec{B} = B \vec{e}_z$$

$$d\vec{F}_L = I dy B \vec{e}_y \wedge \vec{e}_z$$

$$d\vec{F}_L = I dy B \vec{e}_x$$

$$\vec{F}_L = \int_{MN} I B dy \vec{e}_x$$

$$= I B \vec{e}_x \int_{MN} dy$$

$$\vec{F}_L = I B l \vec{e}_x \text{ où } l = \text{MN distance entre les rails}$$

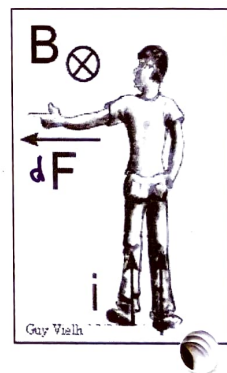
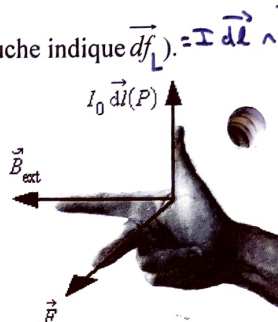
$$\vec{F}_L = I \vec{MN} \wedge \vec{B} \text{ agit sur le segment (MN)}$$

Puissance de la force de Laplace

$$P_L = \vec{F}_L \cdot \vec{v} \text{ où } \vec{v} \text{ est la vitesse de la tige en translation}$$

$$(\vec{v} = \vec{v}_0)$$

$$\vec{v} = v \vec{e}_x \quad P_L = I B l v \quad \text{cf TD MA}_1 + \text{MA}_3$$



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

- le pôle Nord de l'aimant attire la face sud de la spire.

$\Rightarrow$ on trouve le sens du courant avec la règle des tire bouchon.

Rq: si on change le sens de I , la spire est repoussée par l'aimant et se retourne pour orienter sa face sud vers l'aimant.



spire attirée par l'aimant

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

Force de Laplace s'exerçant sur la spire rectangulaire

$$\text{Sur } [PQ] \quad \vec{F}_1 = I \vec{PQ} \wedge \vec{B} = Iab \vec{e}_y$$

$$\text{Sur } [QR] \quad \vec{F}_2 = I \vec{QR} \wedge \vec{B} = I \vec{HK} \wedge \vec{B}$$

do le sens (+e_y)
(on tourne de $\vec{HK}$ vers $\vec{B}$)

$$\text{Sur } [RS] \quad \vec{F}_3 = I \vec{RS} \wedge \vec{B} \text{ où } \vec{RS} = -\vec{PQ}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_3 = -\vec{F}_1$$

$$\text{Sur } [SP] \quad \vec{F}_4 = I \vec{SP} \wedge \vec{B} \text{ où } \vec{SP} = -\vec{QR}$$

$$\vec{F}_4 = -\vec{F}_2$$

Résultante: $\vec{F}_L = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$

$$\vec{F}_L = \vec{0}$$

Moment résultant des acts de Laplace / $\vec{\Gamma}_L(\vec{F}_1) = \vec{OH} \wedge \vec{F}_1$ (où H point d'application de $\vec{F}_1$)

(= centre de gravité de [PQ])

gamma majuscule $\neq$ moment magnétique

$\vec{n}$ normale à la spire (normale au plan PQRS)
orientée dans le sens du tire bouchon / I

$$OH = \frac{b}{2}$$

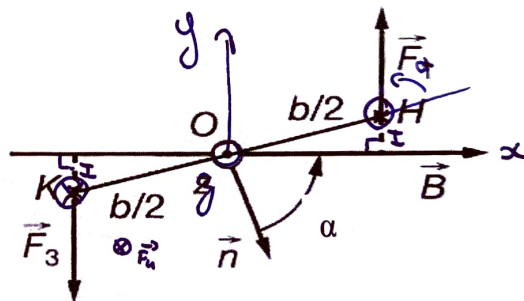
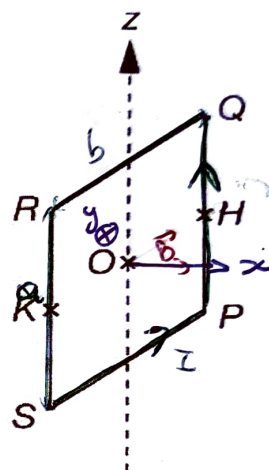
$\vec{\Gamma}_1$ est orienté suivant $+\vec{e}_y$ (règle du tire bouchon)
et sa norme vaut $\|\vec{OH}\| \|\vec{F}_1\| \sin(\angle \vec{OH}, \vec{F}_1)$

$$\vec{\Gamma}_1 = \vec{\Gamma}_L(\vec{F}_1) = \frac{b}{2} Iab \sin \alpha \vec{e}_y$$

$$\vec{\Gamma}_2 = \vec{\Gamma}_L(\vec{F}_2) = \vec{OK} \wedge \vec{F}_2 = \vec{0} \text{ car } \vec{OK} \text{ et } \vec{F}_2 \text{ sont colinéaires}$$

$$\vec{\Gamma}_3 = \vec{\Gamma}_L(\vec{F}_3) = \vec{OL} \wedge \vec{F}_3 = (-\vec{OH}) \wedge \vec{F}_1 = -\vec{\Gamma}_1(\vec{F}_1)$$

$$\vec{\Gamma}_4 = \vec{\Gamma}_L(\vec{F}_4) = \vec{OL} \wedge \vec{F}_4 = (-\vec{OH}) \wedge (-\vec{F}_2) = \vec{0}$$



$$10 \quad \vec{\Gamma}_{L0} = \sum_{i=1}^4 \vec{\Gamma}_i = 2 \vec{\Gamma}_1$$

$$\boxed{\vec{\Gamma}_{L0} = Iab B \sin \alpha \vec{e}_z}$$

Moment magnétique de la spire

$$\vec{\mathcal{M}} = IS \vec{n} \text{ où } S = ab$$

$$\boxed{\vec{\mathcal{M}} = Iab \vec{n}}$$

Résultante des act de Laplace $\boxed{\vec{\Gamma}_{L0} = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}}$

$$(\vec{\Gamma}_{L0} = Iab \vec{n} \wedge \vec{B} \vec{e}_x)$$

Puissance des act de Laplace pour 1 spire rectangulaire en rotat autour d'un axe fixe (Oz)

$$\vec{B} = B \vec{u}_x \text{ constant}$$

$$\vec{\Gamma}_L = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B} \text{ avec } \theta \text{ orienté de } \vec{B} \text{ vers } \vec{\mathcal{M}} \text{ (coordonnées cylindriques)}$$

① $\theta = -\alpha$ / schéma de la page précédente

$$\vec{\Gamma}_L \text{ est suivant } (\vec{u}_z)$$

$$\vec{\Gamma}_L = -\|\vec{\mathcal{M}}\| \|\vec{B}\| \sin \theta \vec{u}_z$$

$$\Gamma_{Lz} = -\|\vec{\mathcal{M}}\| \|\vec{B}\| \sin \theta$$

$$\text{Puissance des act de Laplace } \boxed{P_L = \Gamma_{Lz} \cdot \omega}$$

où $\omega = \dot{\theta}$ vitesse angulaire.

⇒ TMC pour 1 solide en rotat autour d'un axe fixe.

TMC appliquée à 1 spire parcourue par 1 courant I de moment magnétique

$$\vec{\mathcal{M}} = IS \vec{n} \text{ de moment résultant } \vec{\Gamma}_L = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}$$

de project Γ_{Lz} sur l'axe de rotation (Oz)

$$\Delta = (Oz) \text{ axe fixe } \frac{dL_0}{dt} = \sum \Gamma_{\Delta} \text{ R galiléen.}$$

$$\text{Si } \Gamma_{Lz} \text{ est le seul non nul : } \frac{dL_0}{dt} = \Gamma_{Lz}$$

$$\text{où } L_0 = J_0 \omega \text{ moment cinétique}$$

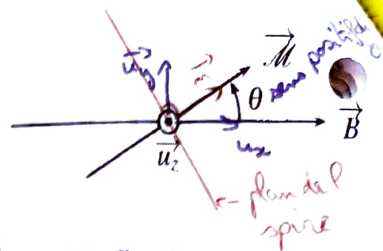
J_0 moment d'inertie de la spire / O

q TMC solide en rotat / axe fixe

$$\Rightarrow J_0 \frac{d\omega}{dt} = -\|\vec{\mathcal{M}}\| \|\vec{B}\| \sin \theta$$

$$\omega = \dot{\theta} \quad \frac{d\omega}{dt} = \ddot{\theta}$$

$$\Rightarrow \boxed{J_0 \ddot{\theta} = -\|\vec{\mathcal{M}}\| \|\vec{B}\| \sin \theta} \text{ équ. diff du 2nd ordre}$$



À l'équilibre $\sum \Gamma_{\Delta} = 0$

$$\Rightarrow \Gamma_{Lz} = 0$$

$$\Rightarrow \|\vec{\mathcal{M}}\| \|\vec{B}\| \sin \theta = 0 \Rightarrow \theta = 0$$

La spire s'oriente de façon à avoir $\vec{\mathcal{M}}$ et $\vec{B}$ colinéaires à l'équilibre

Rq: Rappel théorème de la puissance cinétique $\frac{dE_c}{dt} = \sum P$ où $E_c = \frac{1}{2} J_0 \omega^2$

Solide en rotat autour d'un axe fixe.

Rq: Appliqué au moteur à courant continu.

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

Par analogie avec la spire, on peut représenter l'aimant par son moment magnétique $\vec{M}$
 $\Rightarrow$ Couple résultant des acts de Laplace sur l'aimant $\vec{\Gamma}_L = \vec{M} \wedge \vec{B}$

À l'équilibre : L'aimant s'oriente de façon à avoir $\vec{M}$ et $\vec{B}$ colinéaires.
 $\Rightarrow$ Annulation de $\vec{\Gamma}_L$ à l'équilibre

$$\vec{\Gamma}_L = \|\vec{M}\| \|\vec{B}\| \sin \alpha \vec{u}_z$$

Posit° d'équilibre stable

Lorsqu'on déplace légèrement l'aimant par rapport à sa position d'équilibre (d'un angle petit) le moment qui apparaît tend à le ramener à sa posit° initial.

- (a) $\vec{M}$ et $\vec{B}$ sont // de même sens
 $\Rightarrow$ posit° d'équilibre stable
 (b) $\vec{M}$ et $\vec{B}$ sont // de sens inverse
 $\Rightarrow$ équilibre instable

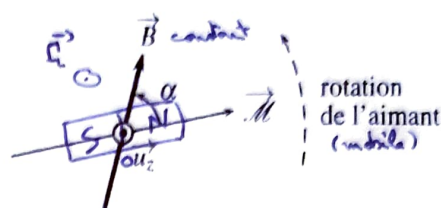


Figure 27.3 – Rotation d'un aimant dans un champ magnétique.

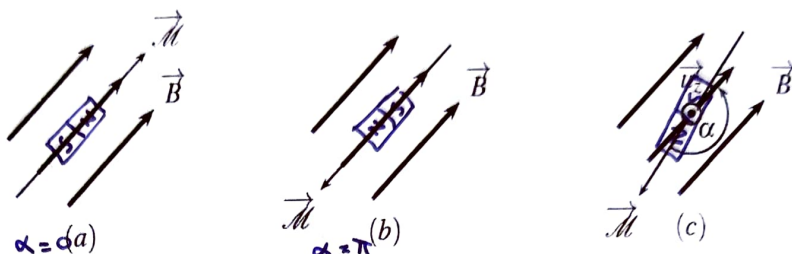


Figure 27.4 – Stabilité de la position d'un aimant dans un champ magnétique, cas (a) parallèle (b) antiparallèle (c) antiparallèle perturbé.

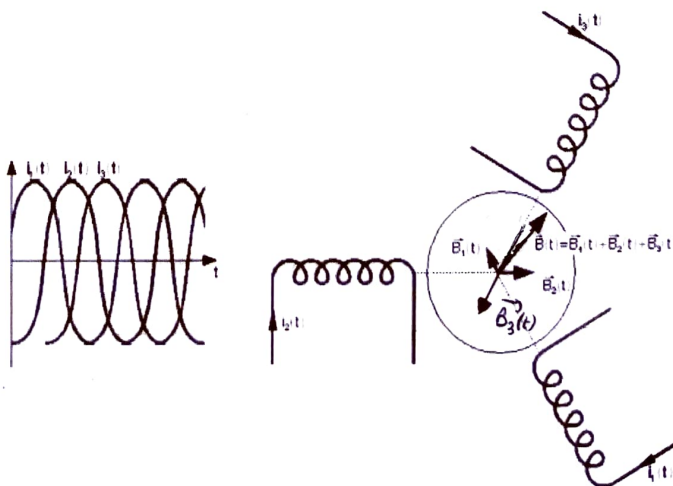
$\vec{B}$ constant Aimant mobile autour de l'axe (Oz)

(c) Si on déplace légèrement l'aimant / (b), l'aimant se retourne pour se mettre en posit° (a).

4.) Application : Effet moteur d'un champ magnétique tournant = Principe des moteurs synchrones

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

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/>

Principe du moteur synchrone avec 2 bobines.

On place 2 bobines $\perp$ et à égale distance de O , $O_2O = a_0$, alimentées

en quadratures (courant déphasés de $\frac{\pi}{2}$)

p3: Champ crée sur l'axe d'une bobine: $\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 I}{2R} N \sin^2 \alpha \vec{e}_z$ avec $\vec{e}_z$ orienté par le tire bouchon.

B_x crée en O un champ $\vec{B}_x$ proportionnel à i_x , orienté par le tire bouchon.

$$\vec{B}_x = k i_x \vec{e}_x \quad \text{où } i_x = i_0 \cos(\omega_0 t)$$

De même B_y crée en O

$$\vec{B}_y = k i_y \vec{e}_y \quad \text{où } i_y = i_0 \sin(\omega_0 t) = i_0 \cos(\omega_0 t - \frac{\pi}{2})$$

k facteur géométrique: dépend de α, R, μ_0
 $\Rightarrow$ identique pour B_x et B_y si O est à la même distance.

$$\text{Au pt } O \quad \vec{B} = \vec{B}_x + \vec{B}_y$$

$$\vec{B}_0 = k (i_x \vec{e}_x + i_y \vec{e}_y)$$

$$\vec{B}_0 = k i_0 (\cos(\omega_0 t) \vec{e}_x + \sin(\omega_0 t) \vec{e}_y)$$

On calcule $\vec{B}_0$ à différents instants (fig (b))
 $\Rightarrow$ On obtient un champ tournant à la vitesse angulaire ω_0 (= pulsation d'alimentation des bobines avec $\omega_0 = 2\pi f_0$ et f_0 fréquence d'alimentation).

Si on place un aimant droit au centre, de moment magnétique $\vec{M}$.

Ht, l'aimant cherche à s'aligner sur $\vec{B}$

$\Rightarrow$ aimant mis en rotation à la vitesse angulaire ω_0 .

Rq: • En pratique, on met 3 bobines pour éviter les a-coups.

• on peut remplacer l'aimant droit par 1 bobine, ou par 1 cage métallique (phénomène d'induction MAZ, principe des moteurs asynchrones: la cage ne tourne pas à la vitesse angulaire ω_0)

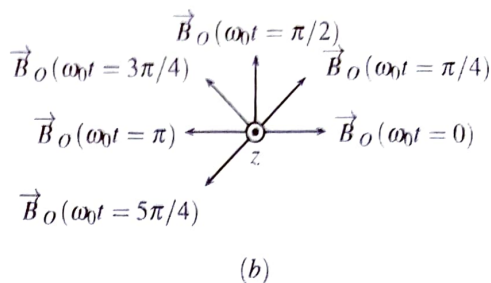
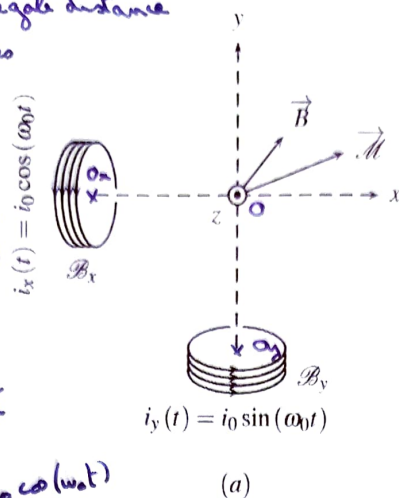


Figure 27.6 - Champ magnétique tournant et moment dipolaire : (a) dispositif expérimental, (b) champ tournant.