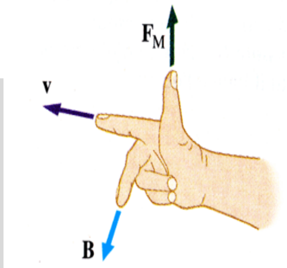
1. force de Lorentz:

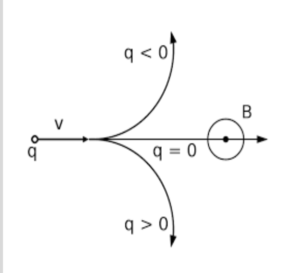


$\Rightarrow$ ***C'est la force exercée** <u>**par un champ électromagnétique**</u> $\left[\vec{E}.\vec{B}\right]$ **sur***

Une particule chargée de charge q en mouvement à la vitesse** $\vec{v}$ **dans un référentiel : $\boxed{\vec{f}(M,t)=q(\vec{E}(M,t)+\vec{v}\wedge\vec{B}(M,t))}$

$\Rightarrow$ *Le champ magnétique ne modifie pas la norme de la vitesse d'une charge. Il dévie une charge de sa trajectoire : La force magnétique $\vec{f}_m=q\vec{v}\wedge\vec{B}$ ne travaille pas car sa puissance est nulle et par conséquent l'énergie cinétique de la particule est conservée.*

$$\boxed{\frac{dE_c}{dt}=P(\vec{f}_m)=\underbrace{(q\vec{v}\wedge\vec{B}).\vec{v}}_{=0}=0\rightarrow v=cste=v_0}$$



$\Rightarrow$ ***Le champ électrique accélère et dévie les charges :***

$$\boxed{\frac{dE_c}{dt}=P(\vec{f}_e)=q\vec{E}.\vec{v}\Rightarrow dE_c=-q\,\overrightarrow{grad}V.\vec{dl}\Rightarrow\frac{1}{2}m(v_f^2-v_i^2)=-q\underbrace{(V_f-V_i)}_{d.d.p}}$$

$\Rightarrow$ ***La densité volumique de la force électromagnétique est :***

$$\boxed{\vec{f}_v=\frac{d\vec{f}}{dv}=\rho(\vec{E}+\vec{v}\wedge\vec{B})=nq(\vec{E}+\vec{v}\wedge\vec{B})}$$

Ou n est le nombre de charge par unité de volume

2. Force de Laplace

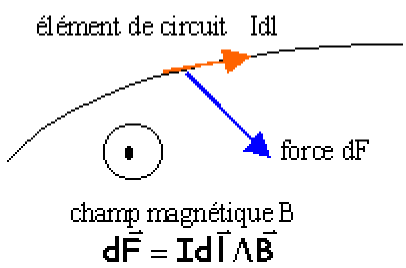
$\Rightarrow$ ***Tout circuit conducteur parcouru par un courant d'intensité i et Placé dans une zone de l'espace ou règne un champ magnétique est soumise à une force dite de Laplace .***

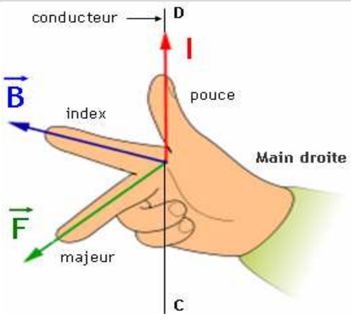
$\Rightarrow$ ***La force de Laplace et son moment élémentaires exercés sur un élément de circuit :***

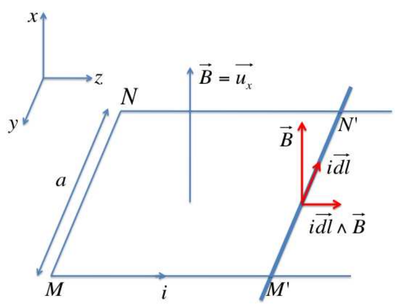
$$\boxed{d\vec{F}_L=i\vec{dl}\wedge\vec{B}\qquad d\vec{M}_{O,L}=\overrightarrow{OP}\wedge d\vec{F}_L=\overrightarrow{OP}\wedge(i\vec{dl}\wedge\vec{B})}$$

$\Rightarrow$ ***La force totale de Laplace et son moment total exercé sur tout le circuit :***

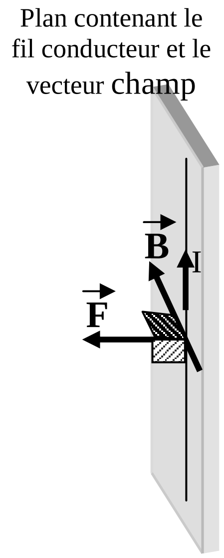
$$\boxed{\vec{F}_L=\int_{P\in C}I\vec{dl}\wedge\vec{B}\qquad \vec{M}_{O,L}=\int\overrightarrow{OP}\wedge d\vec{F}_L=\int_{P\in C}\overrightarrow{OP}\wedge(I\vec{dl}\wedge\vec{B})}$$

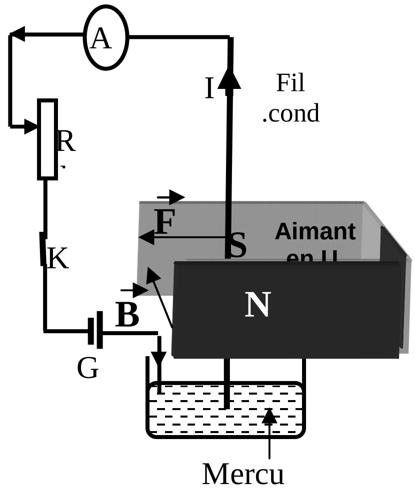


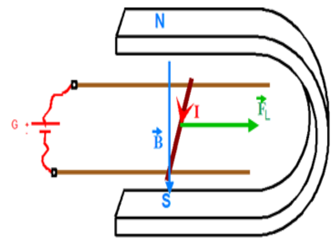




$\Rightarrow$ ***Les caractéristiques de la force de Laplace***







Direction : L'orthogonale au plan contenant le fil conducteur et le vecteur champ magnétique.
Sens : donné par la règle de bonhomme d'Ampère ou des trois doigts de la main droite
Valeur : $F = ILB\sin\alpha$; α = angle formé par le vecteur champ magnétique et la portion du fil.

Remarque :

$\Rightarrow$ ***La force de LAPLACE qui s'exerce :***

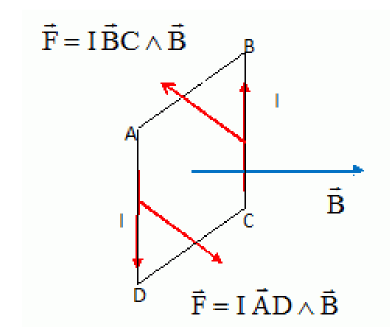
- ***sur un volume élémentaire $d\tau$, parcouru par un courant de densité volumique $\vec{j}$ placé dans un champ magnétique $\vec{B}$:*** $\boxed{d\vec{F}_L = \vec{j}\,d\tau \wedge \vec{B}}$
- ***un élément de surface dS d'une nappe de courant :*** $\boxed{d\vec{F}_L = \vec{j}_s dS \wedge \vec{B}}$

3. Action d'un champ magnétique extérieur uniforme sur un circuit filiforme fermé :

$\Rightarrow$ ***Lorsqu'un circuit est plongé dans un champ magnétique extérieur uniforme:***

La résultante des forces de Laplace est nulle :

$$\vec{F}_L = \oint I d\vec{l} \wedge \vec{B} = I\underbrace{\oint d\vec{l}}_{=0} \wedge \vec{B}_{ex} = \vec{0}$$

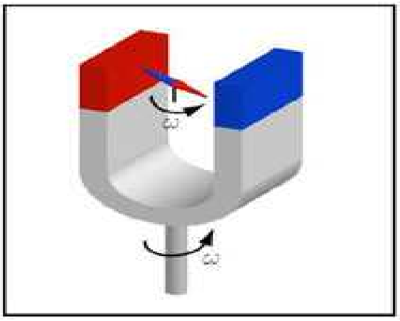


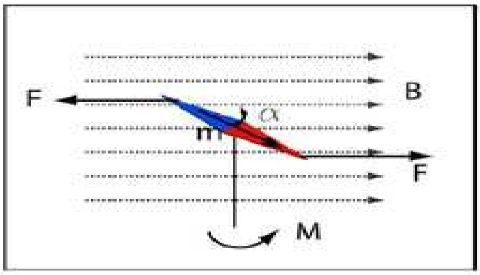
Le torseur des efforts de Laplace se réduit à un couple de moment : $\boxed{\vec{M} = \vec{m} \wedge \vec{B}}$ ***Où*** $\vec{m} = i\vec{S}$ ***son moment magnétique,*** $\vec{S}$ ***est le vecteur surface associé au contour décrivant le circuit.***

L'énergie potentielle d'interaction entre un dipôle magnétique rigide de moment magnétique $\vec{m}(\|\vec{m}\| = cte)$ ***et le champ magnétique*** $\vec{B}$ ***permanent qui lui est appliqué :***

$$\boxed{E_p = -\vec{m}.\vec{B}}$$

Les positions d'équilibres sont telles que $\vec{B}$ ***et*** $\vec{m}$ ***sont parallèles ou antiparallèles***

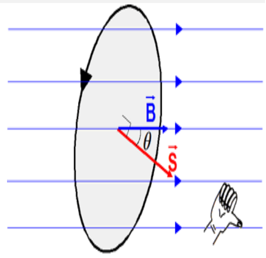




3. Travail des forces de Laplace sur un circuit filiforme fermé.

3.1. Flux magnétique :

$\Rightarrow$ Soit (C) un contour fermée orientée plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$. Le flux de $\vec{B}$ à travers (C) : $\boxed{\Phi(t) = \iint \vec{B}(M,t).\vec{n}(M)dS}$ **(en Webers Wb)**



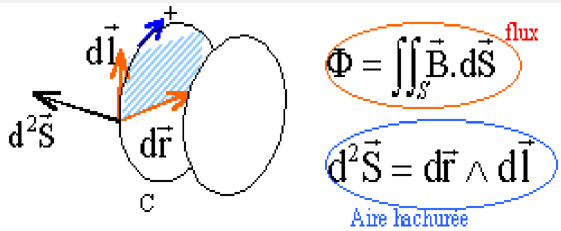
Ou S est une surface quelconque s'appuyant sur (C) et orientée par(C)

$\Rightarrow \Phi$ ne déprend pas de S qui s'appuie sur C car $\vec{B}$ est à flux conservatif.

3.2. Flux coupé :

$\Rightarrow$ Soit une boucle de courant (C) parcourue par I et placée dans un champ magnétique permanent $\vec{B}$. Le flux élémentaire coupé par le circuit (C) lors de son déplacement élémentaire $\vec{dr}$ vaut :

$$\boxed{\delta\Phi_c = \overbrace{\oint_{P\in circuit} \vec{B}.(\vec{dr} \wedge \vec{dl}_{cir}(p))}^{surface\,balayé}}$$



$\Rightarrow$ Le flux $\delta\Phi_c$ est orienté dans le sens de $(\vec{dr} \wedge \vec{dl}_{cir})$

$\Rightarrow$ Le flux de B est conservatif : lorsque le circuit se déplace d'une position ou son flux vaut Φ_1 à une position ou son flux vaut Φ_2, on a la relation suivante entre variation du flux entre les 2 positions et flux coupée:

$$\boxed{\Phi_c = \Phi_2 - \Phi_1 \ ou \ \delta\Phi_c = d\Phi}$$ *Valable en régime permanent*

3.3. Le travail élémentaire des forces de Laplace,

$\Rightarrow$ Le travail élémentaire des forces de Laplace, agissant sur un circuit filiforme indéformable parcouru par le courant i et se déplaçant dans un champ magnétique permanent est égal au produit de l'intensité de courant par la variation de flux entre les positions initiale et finale :

$$\boxed{W_L = i(\Phi_2 - \Phi_1)}$$

3.4. Energie potentielle magnétique.

$\Rightarrow$ On peut définir à une constante a dditive prés une énergie potentielle magnétique Ep telle que : $\Rightarrow \delta W_L = -dE_P = id\Phi$ (théorème de maxwell)

$\Rightarrow E_p = -I\Phi$: Énergie potentielle associée aux efforts de Laplace, exercés par le champ permanent sur le circuit

3.5. Règle de flux maximal

Un circuit linéique fermé indéformable parcouru par un courant invariable et se déplacent dans champ magnétique extérieur permanant se déplace d'un mouvement compatible avec ses liaisons jusqu'à ce que son énergie potentielle minimale, céda que le flux qui le traverse soit maximal $E_p = -I\Phi$