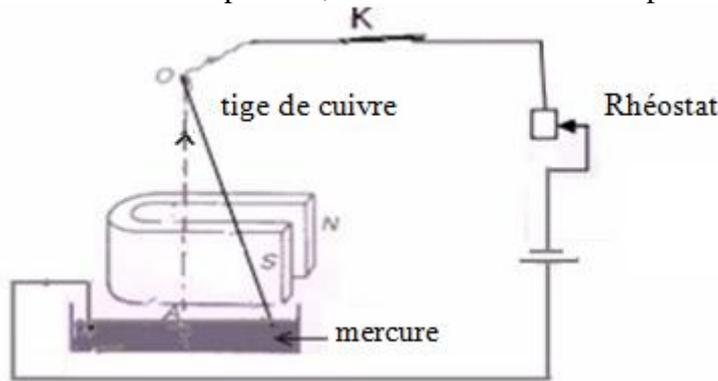


Forces électromagnétiques –Loi de Laplace

I-Mise en évidence de la force de Laplace

1) Expérience:

On réalise le montage expérimental suivant en utilisant une tige de cuivre (car le cuivre n'est pas attiré par l'aimant). La tige est capable de tourner librement autour du point O, son extrémité libre trempe dans le mercure.



La tige est placée dans un champ magnétique créé par un aimant en U.

Lorsque l'interrupteur K est ouvert, la tige demeure dans sa position d'équilibre verticale. Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, on constate que la tige s'incline par rapport à sa position d'équilibre verticale.

En inversant le sens du courant qui traverse la tige, elle s'incline dans le sens contraire.

2) Interprétation:

La tige métallique placée dans un champ \vec{B} et traversée par un courant électrique I est soumise à une force magnétique qu'on appelle force de Laplace.

3) Conclusion:

Lorsqu'une partie d'un conducteur métallique de longueur ℓ se trouve dans un champ magnétique \vec{B} et parcourue par un courant électrique d'intensité I, elle est soumise à une force magnétique \vec{F} appelée force de Laplace.

L'expression de la force de Laplace est donnée par la relation suivante:

$$\vec{F} = I \vec{\ell} \wedge \vec{B}$$

Le symbole \wedge représente le produit vectoriel.

Caractéristiques de la force de Laplace:

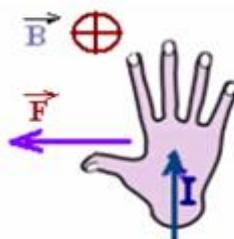
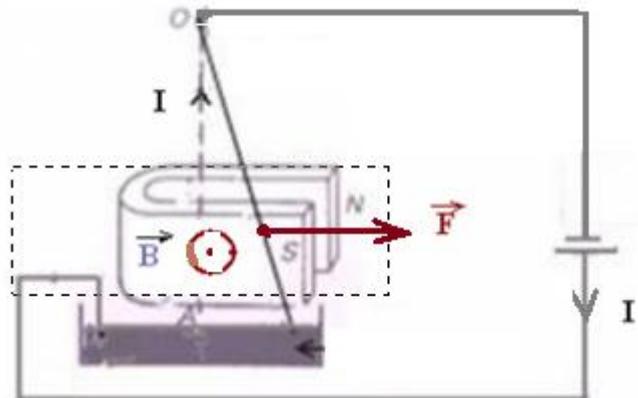
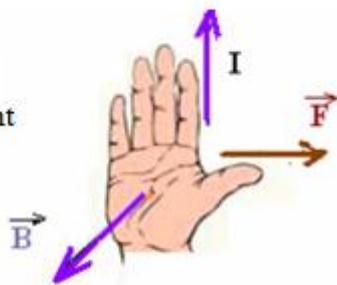
-Point d'application: milieu de la portion du conducteur qui se trouve dans le champ magnétique.

-Direction: perpendiculaire au plan déterminé par le conducteur et le vecteur champ magnétique.

-Sens: il est donné par la règle de la main droite suivante:

En plaçant la main droite de façon que les doigts soient dirigés dans le sens du courant électrique et la paume de main dirigée dans le sens du vecteur champ magnétique, le pouce tendu indique le sens la force magnétique.

cas du montage précédent



si on change le sens de \vec{B}

-Intensité :

l'intensité de la force de Laplace : $F = B.I.\ell.\sin \alpha$ avec $\alpha = (\vec{B}, \vec{\ell})$
 $\vec{\ell}$ étant orienté dans le sens du courant électrique .

$\alpha = (\vec{B}, \vec{\ell}) = \frac{\pi}{2}$ donc $\sin \alpha = 1$ par conséquent l'intensité de la force de Laplace

$$F = B.I.\ell$$

Exemples : Compléter les figures suivantes:

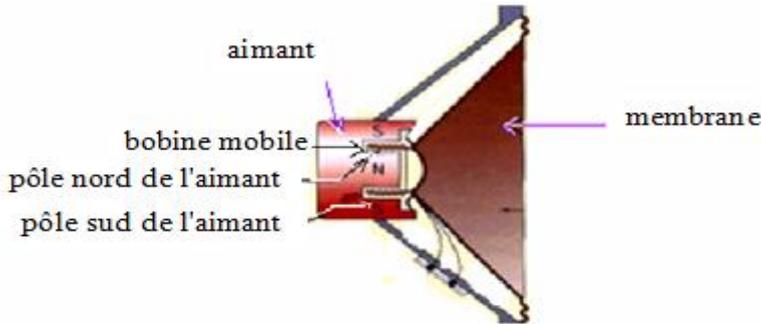
					الشكل
$B \otimes$	$I \rightarrow$	$F \downarrow$	$F \leftarrow$	$F \rightarrow$	الإجابة

II-Application de la loi de Laplace

1) Le haut parleur:

Le haut parleur est composé des éléments suivants:

- Un aimant circulaire qui crée un champ magnétique radial.
- Une bobine en cuivre pouvant tourner autour du pôle nord de l'aimant.
- Une membrane liée à la bobine.



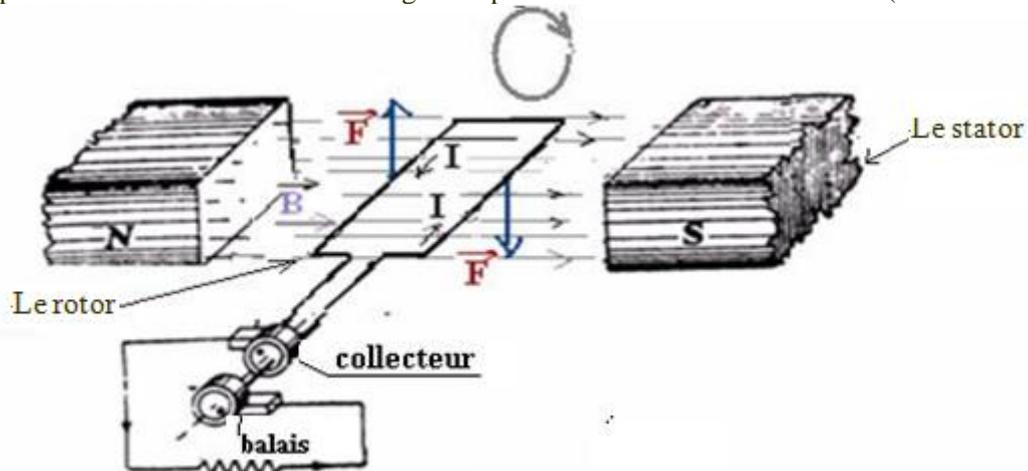
Lorsqu'un courant électrique d'intensité I passe dans la bobine, chacune de ses spires est soumise à la force de Laplace qui la met en mouvement ce qui provoque le mouvement de membrane qui agit sur la couche d'air qui l'entoure et elle produit un son qui a la même fréquence que celle du courant électrique.

2) Le moteur électrique à courant continu:

Il est constitué de deux parties essentielles:

- Le stator: c'est un aimant fixe qui crée un champ magnétique autour de lui.
 - Le rotor : c'est la partie mobile, elle a une forme cylindrique, c'est une association de spires mobiles autour d'un axe.
- Dans Le moteur électrique à courant continue ce sont les forces de Laplace qui entraine la rotation.

Le moteur le plus simple est constitué d'un cadre rectangulaire pouvant tourner autour d'un axe. (voir schéma ci-dessous)



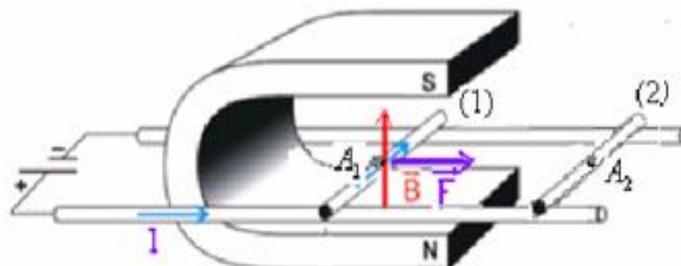
Le collecteur et le balais assurent la rotation du rotor dans le même sens.

III- Couplage électromagnétique (pour science mathématique)

1) Transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique:

a) Rails de Laplace:

Une tige de longueur ℓ placée dans un champ magnétique \vec{B} , et parcourue par un courant électrique d'intensité I se déplace sur deux rails parallèles et horizontaux sous l'action de la force de Laplace perpendiculaire à la tige d'intensité: $F = B I \ell$



Le travail de cette force durant le déplacement de la position (1) à la position (2) est:

$$W_{\vec{F}} = \vec{F} \cdot \vec{A}_1 \vec{A}_2 = F \cdot A_1 A_2 \cdot \cos 0 = F \cdot A_1 A_2 = B \cdot I \cdot \ell \cdot d \quad \text{avec : } A_1 A_2 = d \quad W_{\vec{F}} > 0 \quad \text{travail moteur.}$$

Dans cette expérience l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.

b) Le rôle moteur de la force de Laplace:

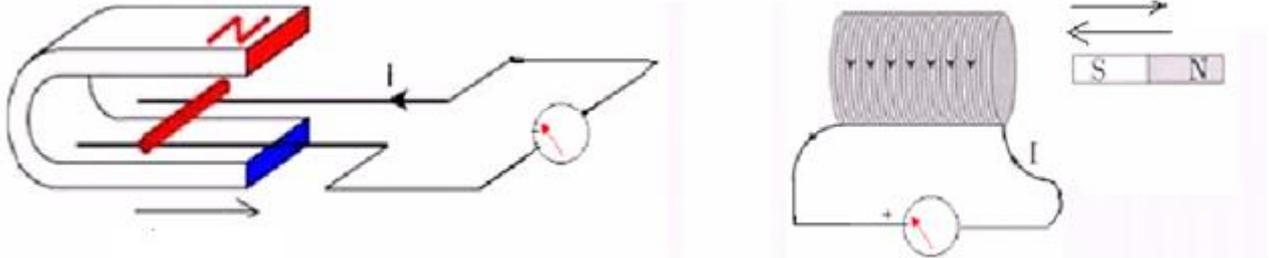
Dans le moteur électrique à courant continu, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.

Le moteur reçoit pendant une durée Δt Une énergie électrique $W_e = U \cdot I \cdot \Delta t$, il transforme une partie de cette énergie en énergie mécanique $W_{méc}$ et l'autre partie est dissipée par frottement sous forme d'énergie thermique par effet Joule.

Le rendement du moteur est égal au rapport de l'énergie utile sur l'énergie électrique reçue : $\rho = \frac{W_{méc}}{W_e}$

2) Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique:

En déplaçant un aimant près d'une bobine lié à un ampèremètre ou en déplaçant la tige sur deux rails liés à un ampèremètre et placées dans un champ magnétique on constate l'apparition d'un courant électrique dans le circuit.



Dans cette expérience l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique.

3) Conclusion:

Les moteurs électriques et les haut- parleurs transforment l'énergie électrique qu'ils reçoivent en énergie mécanique grâce à la force de Laplace.

Ce transfert de l'énergie électrique en énergie mécanique (ou l'inverse dans d'autre appareil) est connu sous le nom : Couplage électrodynamique.

(Signalons que cette transformation est presque totale car l'énergie perdue par frottement par effet Joule est très faible devant l'énergie reçue).

.....