AlloSchool

Physique et Chimie : 1ère Année Bac

Séance 23 (Les forces électromagnétiques - La loi de Laplace)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

Sommaire

I- Force électromagnétique

1-1/ Mise en évidence de la force de Laplace

1-2/ La loi de Laplace

1-3/ Caractéristiques de la force de Laplace

II- Applications de la loi de Laplace

2-1/ Le haut parleur électrodynamique

2-2/ Le moteur à courant continu

III- Le couplage électromagnétique (SM)

3-1/ Transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique

3-2/ Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique

3-3/ Conclusion

IV- Exercices

4-1/ Exercice 1

4-2/ Exercice 2

4-3/ Exercice 3

4-4/ Exercice 4

I- Force électromagnétique

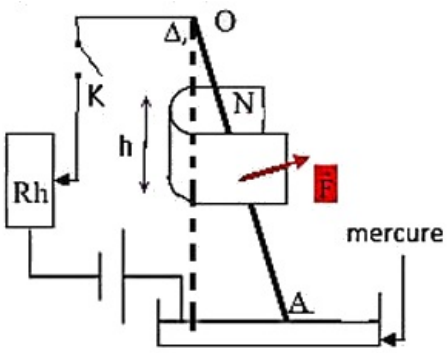
1-1/ Mise en évidence de la force de Laplace

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 trompe dans le mercure.

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



Observations

Lorsque l'interrupteur K est ouvert, la tige demeure dans sa position d'équilibre verticale.

Lorsqu'on ferme l'interrupteur K , on constate la 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.

Interprétation

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

1-2/ La loi de Laplace

Un conducteur rectiligne de longueur L, parcouru par un courant d'intensité I, placé dans un champ magnétique $\overrightarrow{B}$ est soumis à une force : $\overrightarrow{F} = I.\overrightarrow{L} \wedge \overrightarrow{B}$

1-3/ Caractéristiques de la force de Laplace

Point d'application

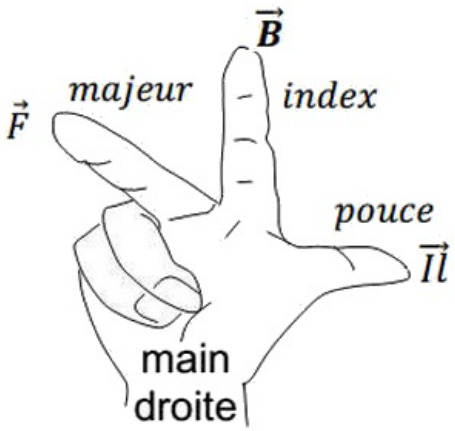
Au milieu de la portion de conducteur placée dans le champ magnétique.

Direction

La droite d'action de la force est perpendiculaire à la fois aux lignes de champ magnétique et au conducteur.

Sens

Il faut toujours que le trièdre soit direct :



Intensité

$$F = B.I.L.\sin\alpha$$

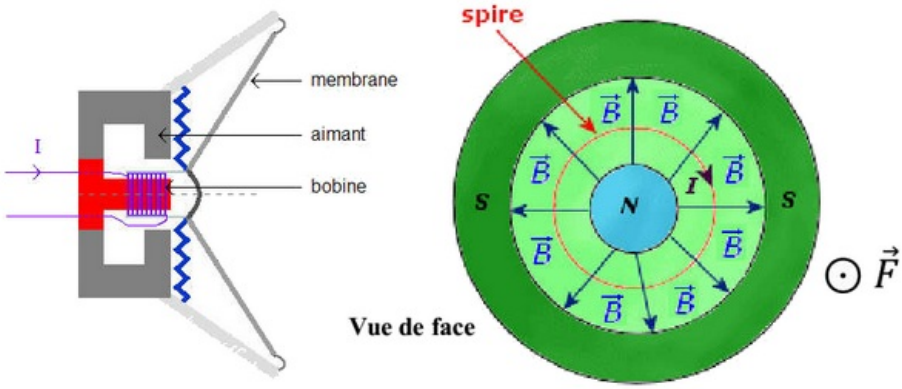
II- Applications de la loi de Laplace

2-1/ Le haut parleur électrodynamique

Le haut parleur électrodynamique est constitué principalement :

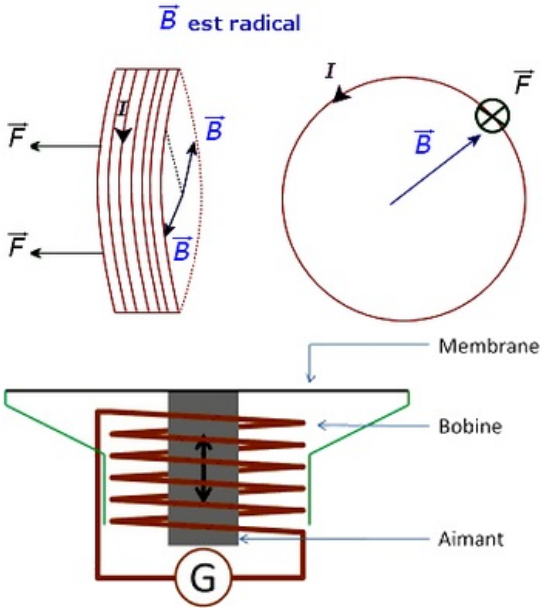
- d'un aimant circulaire ;
- d'une bobine circulaire mobile placée autour d'un des pôles de l'aimant ;
- d'une membrane reliée à la bobine ;
- d'un « saladier » ou support qui contient l'aimant, la bobine et la membrane.

Les fils de la bobine sont connectés à la sortie du haut-parleur.



Principe de fonctionnement

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 :



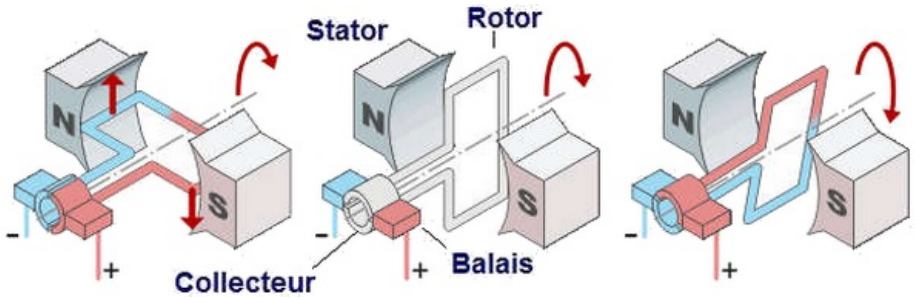
2-2/ Le moteur à courant continu

Un moteur est constitué d'un Rotor, partie tournante recouverte de fils conducteurs et d'un stator, aimant ou électroaimant statique.

Le courant circule dans la spire mais dans deux sens opposés de chaque côté de la spire. Ainsi par interaction avec le champ magnétique crée par le stator, il se créé deux forces de Laplace qui tendent toutes deux à faire tourner la spire dans le même sens (création d'un couple).

Pour que la spire puisse effectuer un tour complet, il faut inverser le courant dans la spire à chaque demi-tour. Cette inversion est réalisée par le collecteur.

Les balais servent au transport du courant de la partie fixe à la partir mobile.

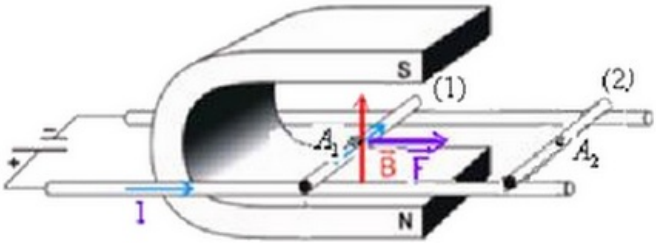


III- Le couplage électromagnétique (SM)

3-1/ Transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique

Rails de Laplace

Une tige de longueur l placée dans un champ magnétique $\overrightarrow{B}$, 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 : $F = B.I.l$



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

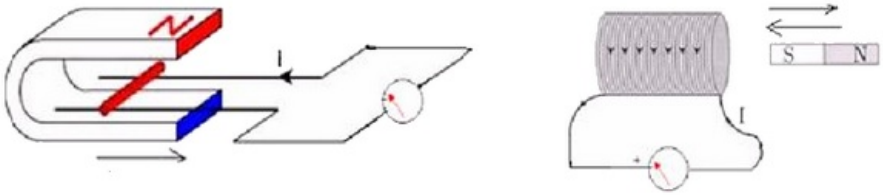
$$W_{\overrightarrow{F}} = \overrightarrow{F} . \overrightarrow{A_1A_2} = B.I.l.d \ (d = A_1A_2)$$

On a : $W_{\overrightarrow{F}} \geq 0$ (Travail moteur)

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

3-2/ 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.

3-3/ 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.

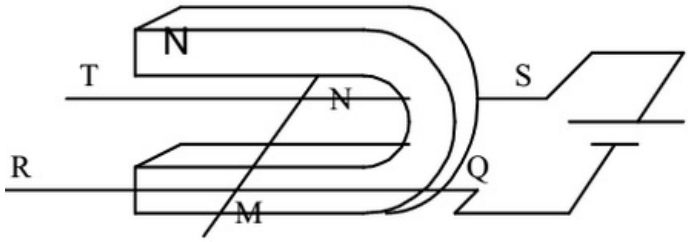
IV- Exercices

4-1/ Exercice 1

Un aimant en U crée un champ magnétique.

Deux tiges de cuivre QR et ST constituent deux rails conducteurs horizontaux sur lesquels peut se déplacer une barre cylindrique MN qui ferme le circuit.

Le générateur a une f.é.m. de $6V$ et la résistance totale du circuit est 2Ω.



1. Quelle est la valeur de l'intensité I du courant qui traverse le circuit ?
2. Quelle est la particularité du champ magnétique entre les deux branches de l'aimant ? Donner la direction et les sens du vecteur champ magnétique entre les branches de l'aimant.

La valeur du champ magnétique est $B = 0,05T$. La longueur MN est de $10cm$.

On suppose que la barre est soumise sur toute sa longueur au champ magnétique.

3. Donner les caractéristiques de la force électromagnétique agissant sur la barre MN.

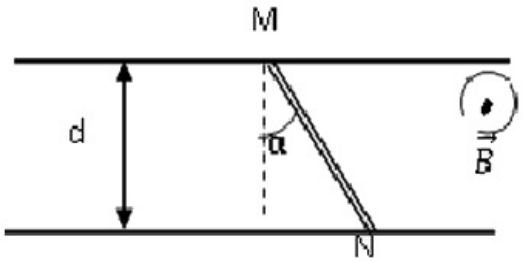
On intervertit les pôles de l'aimant.

4. Que se passe-t-il ?

4-2/ Exercice 2

Un fil conducteur MN se trouve dans un espace de largeur $d = 25cm$, dans lequel se trouve un champ magnétique uniforme, la masse du fil MN est $m = 40g$.

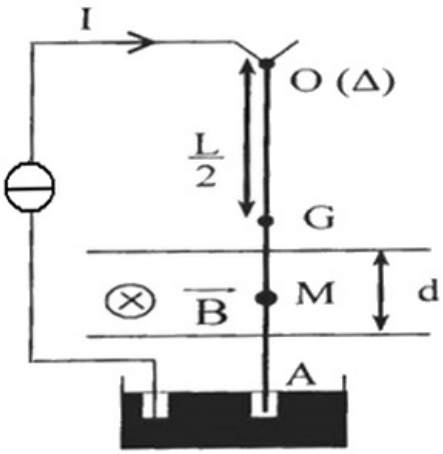
lorsqu'on fait passer un courant d'intensité I, le fil conducteur se déplace.



1. Quelle est la cause de déplacement du fil.
2. Trouver l'intensité du champ magnétique B sachant que $F = P$ (F : force électromagnétique, P : le poids de la tige MN) avec $I = 6A$ et $\alpha = 25^\circ$.
3. Donner les caractéristiques de la force de Laplace.
4. Si on change l'intensité du champ magnétique B, que va-t-il arriver a la valeur de la force de Laplace ?

4-3/ Exercice 3

La figure suivante représente le conducteur pendule dans sa position initiale (circuit ouvert) :



C'est un fil cylindrique et homogène de longueur $OA = L = 30cm$ et de asse $m = 20g$, il est mobile autour d'un axe (Δ) passant par le pont O et soumis sur la distance $d = 3cm$ à l'action d'un champ magnétique uniforme tel que $B = 0,1T$, ce champ s'applique autour du point M tel que $OM = 20cm$.

Le courant qui parcourt le fil est dirigé dans le sens indiqué sur la figure d'intensité $I = 6A$.

On donne $g = 10N.Kg^{-1}$.

1. Montrer que le fil dévie en indiquant le sens de déviation.
2. Calculer la valeur de la force de Laplace exercée sur la tige au point M.
3. Représenter toutes les forces exercées sur la tige dans sa nouvelle position d'équilibre.
4. Écrire la condition d'équilibre de la tige.

On suppose que l'inclinaison β est faible de sorte que le fil est soumis à l'action du champ magnétique sur une longueur très voisine de d.

5. Déterminer à l'aide d'une étude complètement détaillée la valeur de l'inclinaison β.

4-4/ Exercice 4

Une tige rectiligne homogène OA en aluminium, de longueur $L = 30cm$, de masse $m_1 = 20g$ est capable de tourner autour d'un axe fixe horizontal passant par son extrémité O.

Elle trempe légèrement en A dans le mercure contenu dans une cuve. La tige est parcourue par un courant électrique d'intensité $I = 12A$, et elle est soumise à un champ magnétique uniforme de vecteur $\overrightarrow{B}$ perpendiculaire au plan vertical dans lequel elle peut se mouvoir.

La tige tourne dans une position faisant un angle $\alpha = 18^\circ$ avec la verticale.

L'action du champ magnétique s'exerce sur une longueur de la tige comprise des points B et C situés respectivement à $20cm$ et $25cm$ de O (figure -1-) :

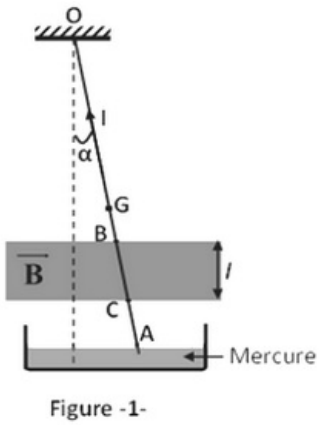


Figure -1-

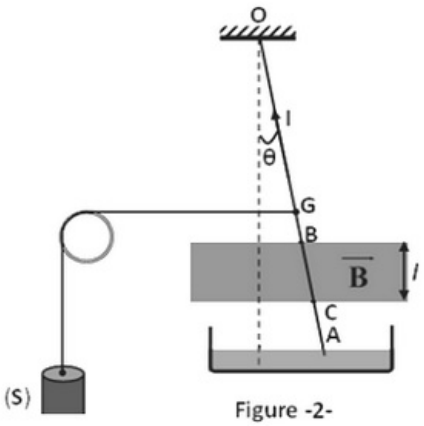


Figure -2-

On donne : $g = 10N.Kg^{-1}$

1. Donner le sens et la direction de la force électromagnétique appliquée sur la tige.
2. Préciser le sens de $\overrightarrow{B}$.
3. Représenter, sur la figure -1-, toutes les forces appliquées sur la tige.
4. Calculer la valeur de la force électromagnétique appliquée sur la tige.
5. En déduire la valeur du champ magnétique.

La tige, toujours parcourue par le même courant d'intensité $I = 12A$ et baignant dans un champ magnétique de valeur $B = 0,5T$ sur la partie BC, est maintenant attachée en son centre G par un fil de masse négligeable qui supporte sur son autre extrémité un solide (S) de masse m_2.

Lorsque le système est en équilibre, la tige s'incline un angle $\theta = 30^\circ$ par rapport à la verticale (figure -2-).

6. Représenter les forces appliquées sur la tige et sur le solide (S).
7. Calculer la valeur de la force de Laplace s'exerçant sur la tige.
8. Déduire la masse m_2 du solide (S).