

**Objectif :**

- ✚ Que se passe-t-il si l'on introduit un fil, parcouru par un courant d'intensité  $I$ , dans un champ magnétique uniforme ?
- ✚ Se familiariser avec l'utilisation du Teslamètre pour mesurer l'intensité du champ magnétique.
- ✚ Vérifier expérimentalement la loi de Laplace.
- ✚ Déterminer les caractéristiques de la force de Laplace ..
- ✚ comprendre le fonctionnement des moteurs électriques
- ✚ Couplage : l'objectif est de montrer que les forces de Laplace ont la possibilité de convertir quasi-intégralement l'énergie électrique en énergie mécanique et réciproquement.

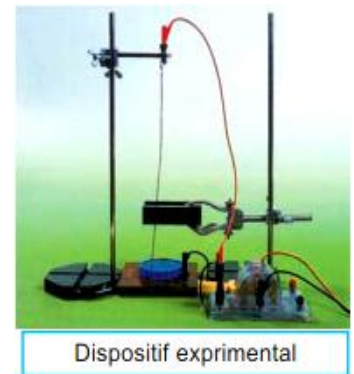
**I. Mise en évidence de la force de Laplace**

**I. 1- Activité expérimentale (1) :** <https://www.youtube.com/watch?v=UN9EP1grfZA>

a- **Manipulation :** soit le dispositif expérimental représenté dans la figure (N°1)

Le circuit du montage comporte :

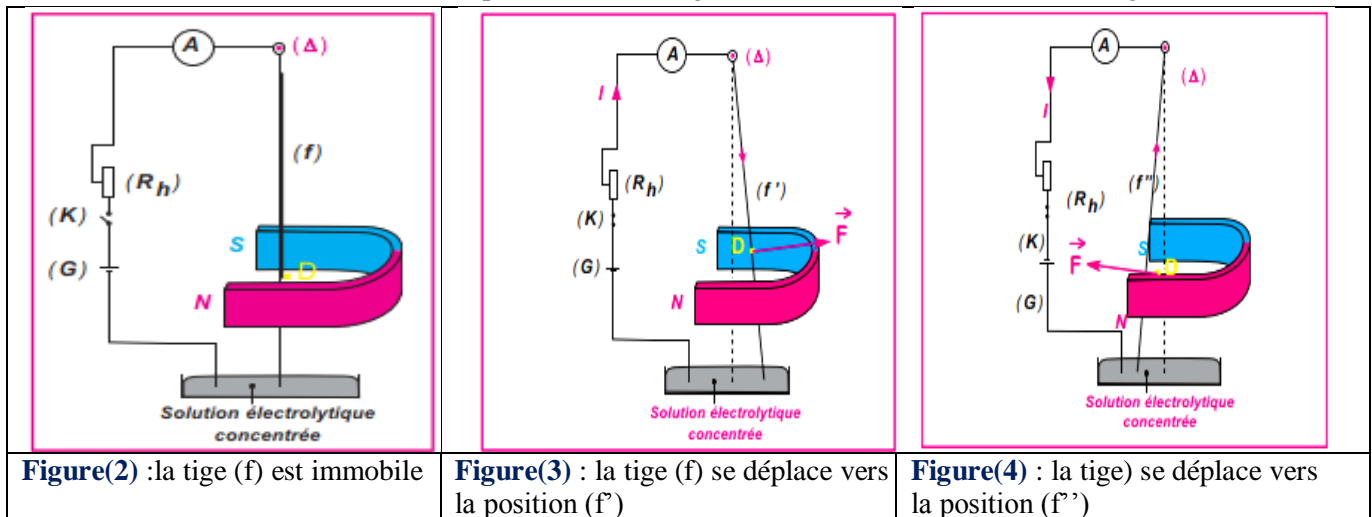
- ✓ un générateur de courant continu (G), un rhéostat ( $R_h$ ), un interrupteur (K) et un ampèremètre (A).
- ✓ une tige (f) en cuivre rectiligne et homogène, suspendue par son extrémité supérieure à un axe horizontal ( $\Delta$ ).
- ✓ une cuve contenant une solution électrolytique concentrée.
- ✓ un L'aimant en U est disposé tel que la tige (f) est placée dans l'entrefer.



Dispositif expérimental

b- **Observations :**

- (K) ouvert : la tige (f) est immobile selon la verticale figure(2).
- (K) fermé : la tige (f) s'écarte de la verticale dans le sens indiqué dans la figure(3).
- Invertissons le sens de circulation du courant électrique en agissant sur les connexions établies aux bornes de (G), le déplacement de la tige (f) a lieu dans le sens contraire figure(4).



- L'élévation de l'intensité  $I$  du courant électrique en agissant sur le rhéostat, fait augmenter l'inclinaison de la tige.

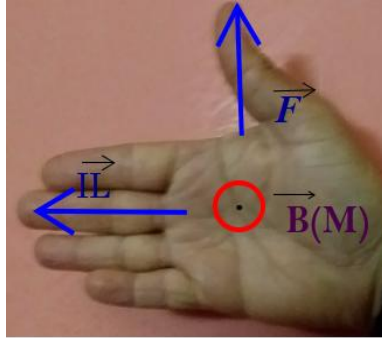
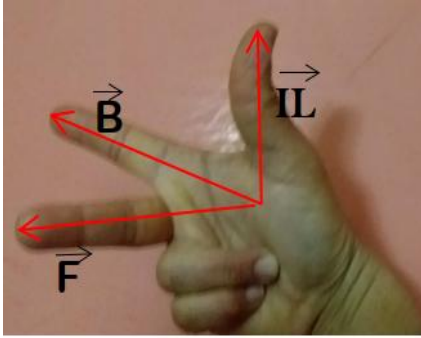
c) **Interprétation :** le déplacement de la tige traversée par le courant continu et immergée dans un milieu où règne un champ magnétique uniforme montre qu'elle est soumise à une force électromagnétique ; Cette **force électromagnétique** est appelée **force de Laplace**.

**I. 2- Conclusion :** Un conducteur parcouru par un courant électrique et placé dans un champ

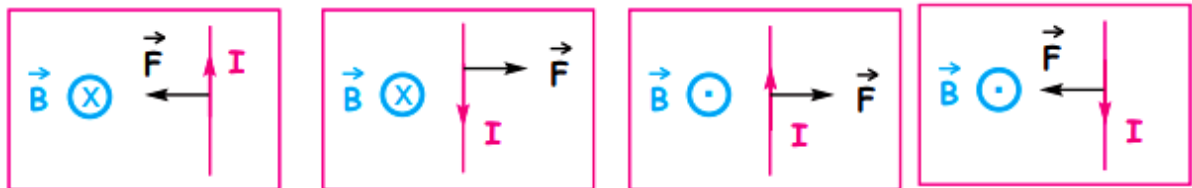
magnétique est soumis à une force magnétique appelée force de Laplace.

### I. 3- La loi de Laplace : Caractéristiques de la force de Laplace :

La force électromagnétique  $\vec{F}$  exercée par un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  sur une portion de conducteur rectiligne de longueur  $l$ , parcourue par un courant électrique d'intensité  $I$  est caractérisée par :

Point d'application	Point milieu de la portion de conducteur placée dans le champ magnétique.
Ligne d'action	perpendiculaire au plan déterminé par le conducteur et le vecteur champ magnétique.
sens	il est donné par la règle de la main droite ou par la règle des trois doigts de la main droite suivante:  Règle de la main droite  Règle des trois doigts de la main Droite
Intensité	$F = I.B.L.\sin\alpha$ ( N ) où : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>I</math> est l'intensité de courant (A)</li> <li>▪ <math>B</math> est l'intensité (la norme) du vecteur champ magnétique (T)</li> <li>▪ <math>\alpha</math> est l'angle formé par <math>B</math> par rapport au conducteur</li> </ul>

- Un conducteur parcouru par un courant  $I$  et placé dans un champ magnétique  $B$  est soumis à une force d'intensité  $F$ . C'est la loi de Laplace.
- La direction de la force de Laplace est perpendiculaire au plan formé par la portion de conducteur de longueur  $L$  parcouru par le courant électrique d'intensité  $I$  et la direction du vecteur champ magnétique  $\vec{B}$



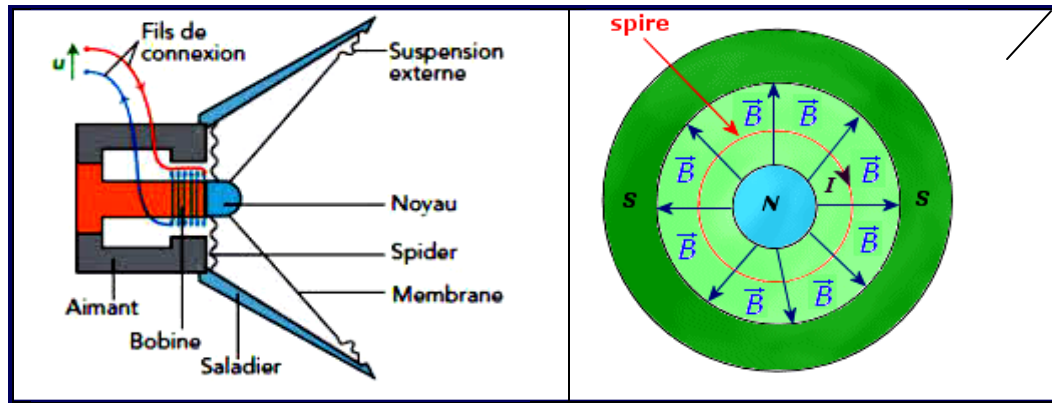
## II. Application à la loi de Laplace :

### II. 1- Le haut parleur: De quoi est composé un haut-parleur ? Comment fonctionne-t-il ?

Le haut parleur électrodynamique est constitué principalement (figure 5)

- 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.



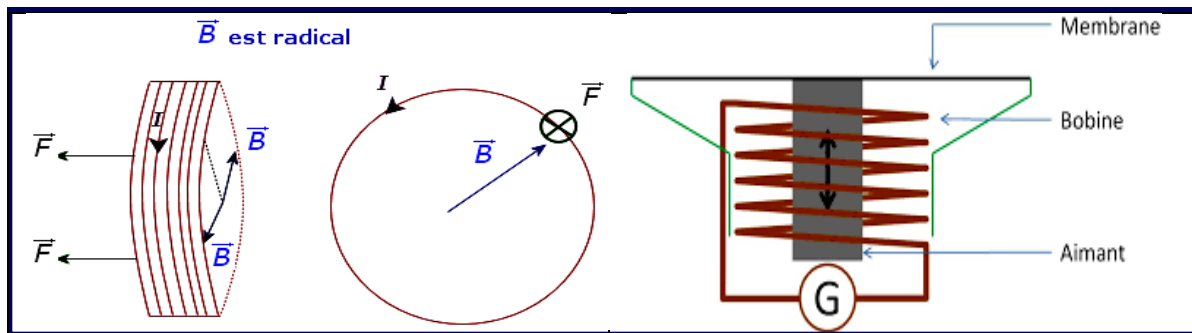


(figure 5)

Le champ magnétique créé par l'aimant est perpendiculaire en tout point au courant qui circule dans chacune des spires.

**Principe de fonctionnement du haut-parleur :** [https://youtu.be/L0b3\\_15DIos?t=20](https://youtu.be/L0b3_15DIos?t=20)

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.



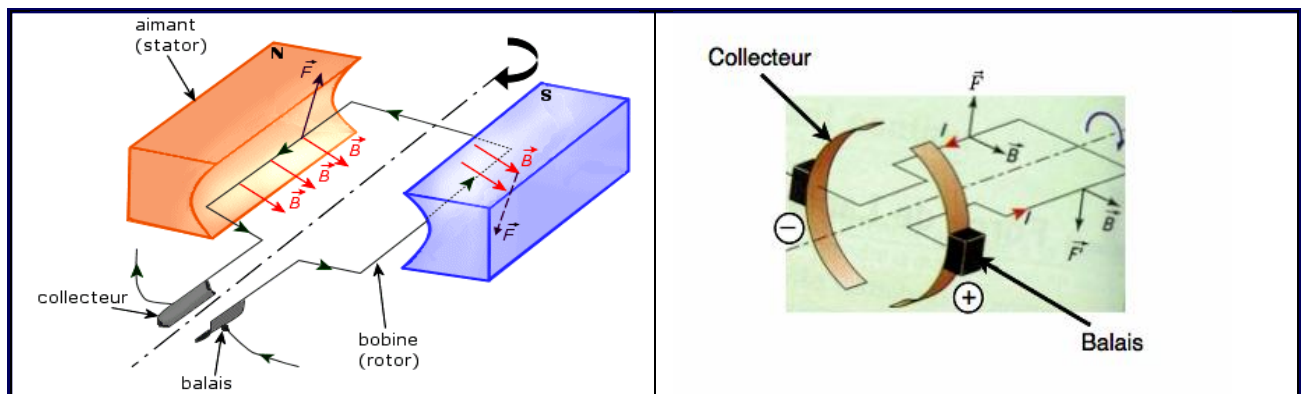
L'énergie électrique est transformée en énergie mécanique puis en énergie sonore.

## II. 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 continu 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)



### III. Le couplage électromagnétique :

#### III. 1- Activité expérimentale- Rails de Laplace:

[https://youtu.be/UN9EP1grfZA?list=PL5ni4Ef8Z6U4dCSxRvvyZeb2B9\\_ukaqJ&t=4](https://youtu.be/UN9EP1grfZA?list=PL5ni4Ef8Z6U4dCSxRvvyZeb2B9_ukaqJ&t=4)

a) **Manipulation :** soit le dispositif expérimental représenté dans la figure (N°6)

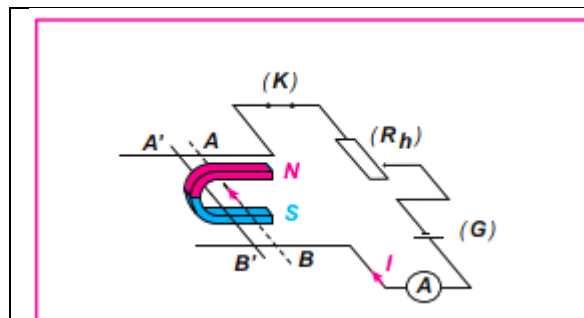
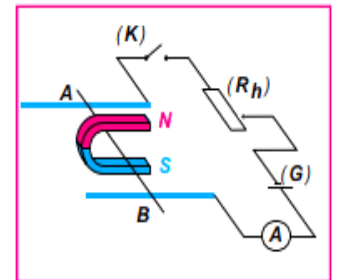
Le circuit de la figure n°6 comporte :

- deux rails horizontaux en cuivre, parallèles, reliés à un générateur de courant continu ( G ) par l'intermédiaire d'un rhéostat et un interrupteur ( K ).
- un ampèremètre ( A ) permettant de contrôler le passage du courant électrique.
- un barreau cylindrique (AB) en cuivre, rectiligne et homogène, reposant perpendiculairement sur les rails. Un aimant en U est disposé tel que le barreau (AB) est placée dans l'entrefer.

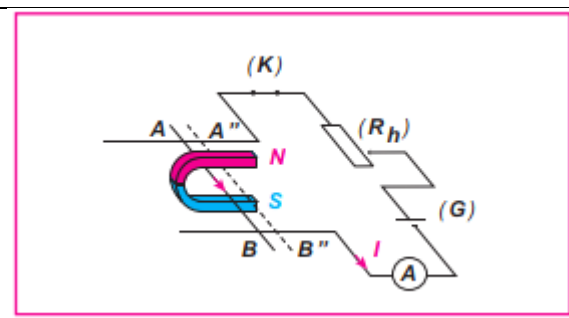


b) **Exploitation :**

- (K) ouvert : le barreau est immobile.
- (K) fermé : le barreau se met en mouvement perpendiculaire aux rails, dans le sens indiqué dans le document.
- Invertissons le sens de circulation du courant électrique en agissant sur les connexions établies aux bornes de (G) ; le déplacement du barreau a lieu dans le sens contraire .

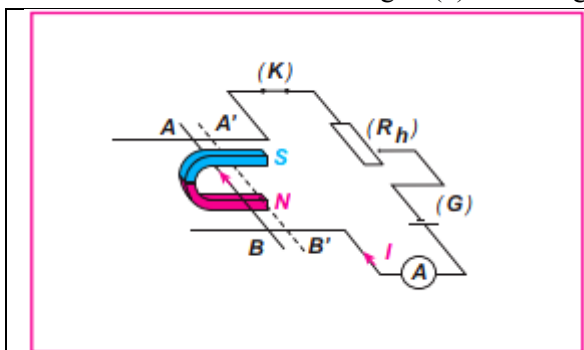


**Figure(7) :** le barreau (AB) se déplace vers la position (A'B').

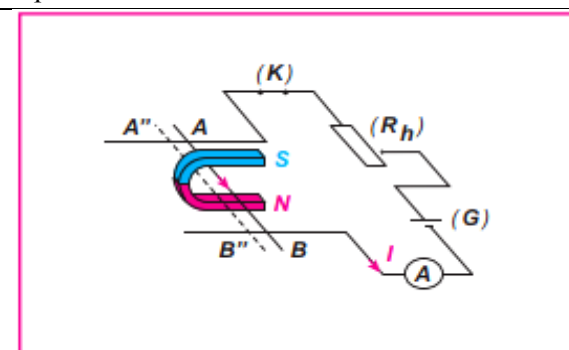


**Figure(8) :** le barreau (AB) se déplace vers la position (A''B'').

- Dans le circuit de la figure(7) on change la disposition de l'aimant en U :



**Figure(9) :** le barreau (AB) se déplace vers la position (A'B').



**Figure(10) :** le barreau (AB) se déplace vers la position (A''B'').

c) **Conclusion :** le barreau s'est déplacé sous l'action de la force de Laplace.

#### III. 2- Transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique:

Le travail de la force de Laplace durant le déplacement de la position (AB) à la position (A'B')

-voir figure (7)- est:  $w(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AA'} = F \cdot AA' \cos 0 = F \cdot d = B \cdot I \cdot l \cdot d$  avec  $AA' = d$

Donc  $w(\vec{F}) > 0 \Rightarrow \text{travail moteur}$

**Conclusion :** Une partie de l'énergie électrique fournie par le générateur est convertie en énergie mécanique. C'est le principe des moteurs à courant continu.

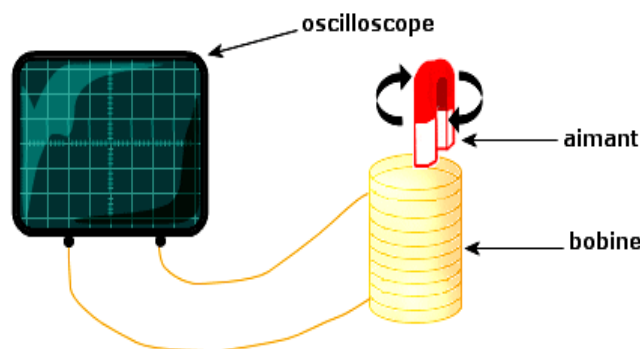
### III. 2- Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique:

Plaçons un aimant au voisinage d'une bobine de fil et faisons tourner cet aimant.

Les deux bornes de la bobine  
sont reliées à un oscilloscope.

On visualise l'apparition d'une tension alternative aux bornes de la bobine.

L'**énergie mécanique** (sous forme d'énergie cinétique) de l'aimant a été **transformée en énergie électrique et en énergie thermique**



### III. 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.
- Un dispositif constitué d'une bobine parcourue par un courant plongée dans un champ magnétique permet de transformer de l'**énergie électrique en énergie mécanique**.  
Un dispositif constitué d'un aimant tournant devant une bobine permet de transformer de l'**énergie mécanique en énergie électrique**.

On dit que ces systèmes réalisent un couplage électromécanique.

[illegible]

### Applications :

### Exercice 1 : Champ magnétique créé par une bobine plate

Une bobine plate comprend  $N=50$  spires de rayon  $R=10$  cm. Son plan est parallèle au méridien magnétique.

La bobine est parcourue par un courant d'intensité  $I$ .

Que doit être la valeur de l'intensité du courant qui circule dans la bobine pour qu'une petite aiguille aimantée, mobile autour d'un axe vertical et placée au centre de la bobine, tourne de  $60^\circ$  quand on lance le courant dans la bobine ?

On donne : Composante horizontale du champ magnétique terrestre  $B_H = 20 \mu T$ .

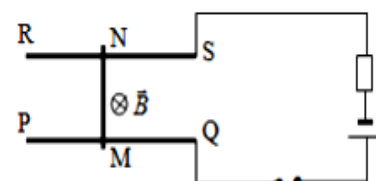
### Exercice 2 : Rails de Laplace

Une tige de cuivre MN, de masse  $m = 20\text{g}$  et de section constante est placée sur deux rails parallèles et horizontaux (PQ) et (RS), perpendiculairement aux rails. Les rails sont reliés par un générateur débitant un courant électrique d'intensité  $I = 3\text{A}$ . L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme, vertical et descendant d'intensité

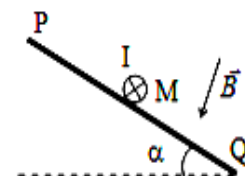
$B = 0,2T$ . (Voir figure 1). On admettra que la tige ne peut que glisser sans frottement sur les rails.

On donne :  $m = 20\text{g}$  ;  $\ell = MN = 10\text{ cm}$  ;  $B = 0,2\text{ T}$  ;  $I = 3\text{ A}$  ;  $g = 10\text{ N/kg}$

- 1) Quelles sont les forces appliquées à la tige ? Les représenter sur un schéma.
- 2) De quel angle  $\alpha$  doit-on incliner les rails (PQ) et (RS) pour que la tige soit en équilibre dans le cas où  $\vec{B}$  reste perpendiculaire aux rails (figure 2) .
- 3) Faire un schéma et préciser les caractéristiques de la force de Laplace.



*Figure 1*



*Figure 2*