

## ACTION D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE SUR UN ÉLÉMENT DE CIRCUIT PARCOURU PAR UN COURANT

### OBJECTIF

Montrer expérimentalement l'action d'un champ magnétique sur un conducteur parcouru par un courant.

Prévoir la direction, le sens et le module de la force exercée sur le conducteur.

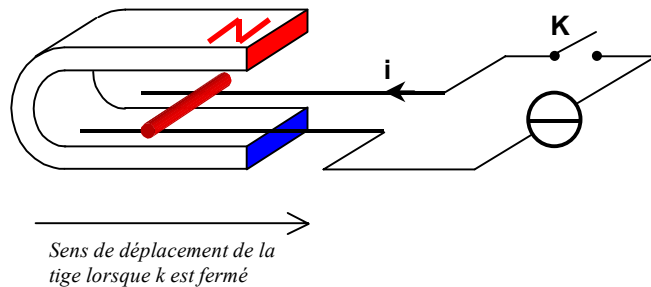
Décrire l'action d'un champ sur une spire circulaire ou rectangulaire.

Connaître quelques exemples de dispositifs utilisant l'action électromagnétique.

### I- ETUDE EXPÉRIMENTALE

Le dispositif représenté ci-dessous comporte les éléments suivants :

- ① Un aimant en U créant, entre ses pôles, un champ magnétique uniforme vertical dirigé vers le bas.
- ② Un générateur de courant constant I.
- ③ Un conducteur mobile pouvant se déplacer librement, entre les pôles de l'aimant, dans une direction donnée et parcouru par le courant I.



Lors de la fermeture de l'interrupteur **K**, la tige se déplace de gauche à droite sur les rails.

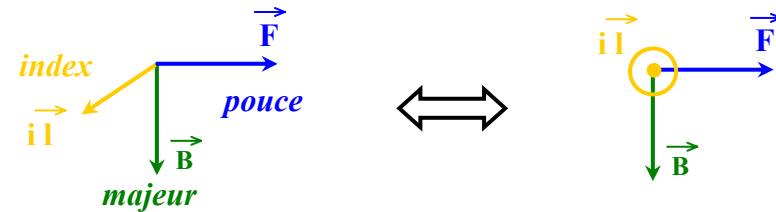
Lors d'un autre essai, la tige se déplace dans l'autre sens dans les deux cas suivants :

- Retournement de l'aimant ( inversion du champ ) sans changer le sens du courant.
- Inversion du sens du courant sans retourner l'aimant.

### II- INTERPRÉTATION – LOI DE LAPLACE

Le mouvement de la tige résulte d'une force électromagnétique  $\vec{F}$  dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ① Direction : perpendiculaire à  $\vec{B}$  et au conducteur.
- ② Sens : donné par la règle de la main droite ( schéma ci-dessous ).
- ③ Module : proportionnel à  $i$  ( intensité du courant ), à la longueur  $l$  de la tige, à l'intensité  $B$  du champ magnétique et au sinus de l'angle entre le conducteur et le champ.



On définit le vecteur  $i\vec{l}$  par :

- sa direction : celle du conducteur;
- son sens : celui du sens réel du courant;
- son module :  $i.l$  .

**Remarque 1** : Il est important de choisir le sens de la flèche du courant ( convention ) dans le même sens que le courant réel pour avoir toujours  $i > 0$ .

**Loi de Laplace** : Un conducteur de longueur  $l$  parcouru par un courant  $i$  et placé dans un champ magnétique  $\vec{B}$  est soumis à une force électromagnétique  $\vec{F}$  ( force de Laplace ) appliquée au milieu du conducteur dont les caractéristiques sont :

- ① Direction : perpendiculaire à  $\vec{B}$  et au conducteur.
- ② Sens : donné par la règle de la main droite.
- ③ Module :  $F = \|\vec{F}\| = i.l.B.\sin(\vec{i}, \vec{B})$   $F$  en (N) ;  $i$  en (A) ;  $l$  en (m) et  $B$  en (T).

**Remarque 2** : Dans la pratique,  $\vec{B}$  est souvent perpendiculaire au conducteur, on a donc :  
 $F = i.l.B$

**Application** : Dans l'expérience on a  $i = 5A$  ;  $l = 4cm$  ;  $B = 0,3T$  et  $\vec{B} \perp \vec{l}$  .  
Ce qui donne  $F = i.l.B = 5 \times 0,04 \times 0,3 = 0,06 N$ .

### III- ACTION DU CHAMP MAGNÉTIQUE SUR UNE SPIRE

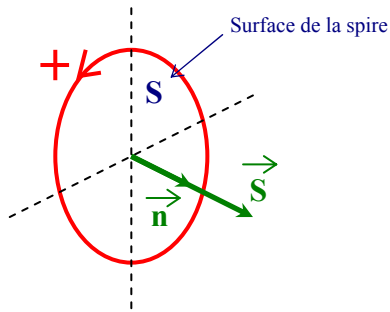
#### 1- Orientation d'une spire

Un circuit de forme quelconque peut être décomposé en un grand nombre de petits circuits rectilignes. Ainsi la loi de Laplace pourra s'appliquer à des circuits de forme quelconque. Notre étude se limitera à des circuits à géométrie simple ( spires circulaires ou rectangulaires parcourues par un courant ).

Il est nécessaire d'orienter ces spires ( contours fermés ) dans l'espace.

On définit alors le vecteur  $\vec{S} = S \cdot \vec{n}$  avec :

- $S$  : surface de la spire
- $\vec{n}$  : vecteur normal à la surface ( perpendiculaire au plan de la spire, de module  $n = 1$  et de sens donné par la règle du tire bouchon en choisissant un sens positif " + " ( sens du courant dans la spire " + " ).



#### 2- Spire rectangulaire dans un champ magnétique uniforme

Considérons une spire de forme rectangulaire, parcourue par un courant  $i$  et capable de tourner autour d'un axe vertical  $\Delta$ .

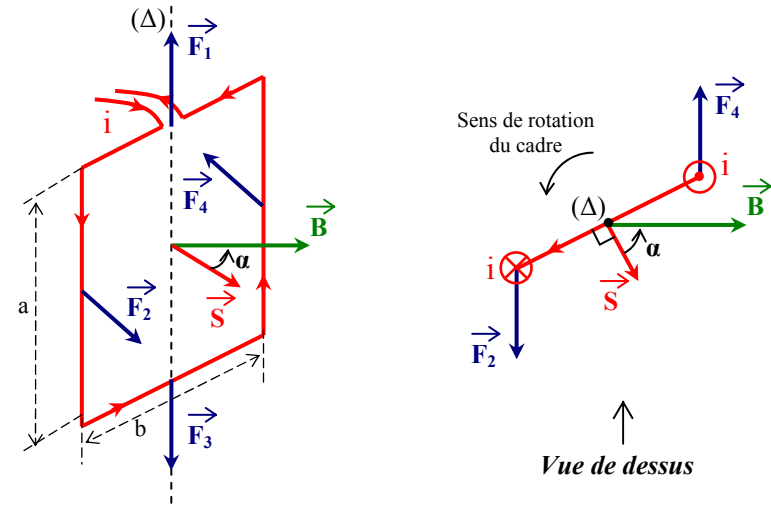
Cette spire est placée dans un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$ .

Chacun des côtés du cadre est soumis à une force de Laplace appliquée en son milieu. Ces forces ont les propriétés suivantes :

- ①  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_3$  et  $\vec{F}_2 = -\vec{F}_4$  ce qui implique que l'ensemble des forces n'imprime pas un mouvement de translation de cadre.
- ②  $F_2 = F_4 = iaB$ . Ces deux forces ne sont pas parallèles à l'axe  $\Delta$ , elles ont donc un effet de rotation du cadre autour de l'axe  $\Delta$ .

- ③  $F_1 = F_3 = ibB$ . Ces deux forces sont parallèles à l'axe  $\Delta$ , elles n'ont donc aucun effet sur la rotation du cadre autour de l'axe  $\Delta$ .

Le schéma ci-dessous illustre l'action des quatre forces sur le cadre rectangulaire :



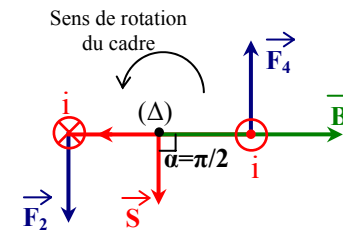
L'action des forces électromagnétiques augmentera avec :

- ① les dimensions  $a$  et  $b$  du cadre ( surface ) ;
- ② les intensités  $i$  et  $B$  ( courant + champ ) ;
- ③ la position angulaire  $\alpha$  du cadre par rapport aux lignes de champ.

**Remarque 1 :** L'action des forces électromagnétiques est maximale lorsque  $\alpha = \pm \pi / 2$ .

Cette remarque est valable pour toutes les machines tournantes ( moteurs ou génératrices ).

Le schéma ci-dessous illustre la cas ou  $\alpha = \pi / 2$ .



**Remarque :** Lorsque la spire est orientée suivant le courant  $i$  qui la traverse, le champ magnétique  $\vec{B}_{\text{spire}}$  produit par la spire est dans le même sens que le vecteur  $\vec{S}$ .  
On peut alors énoncé la propriété suivante :  
L'action électromagnétique est **optimale** lorsque le champ  $\vec{B}_{\text{spire}}$  produit par le courant de la spire est **perpendiculaire** au champ extérieur  $\vec{B}$  appelé aussi " **champ inducteur** ".

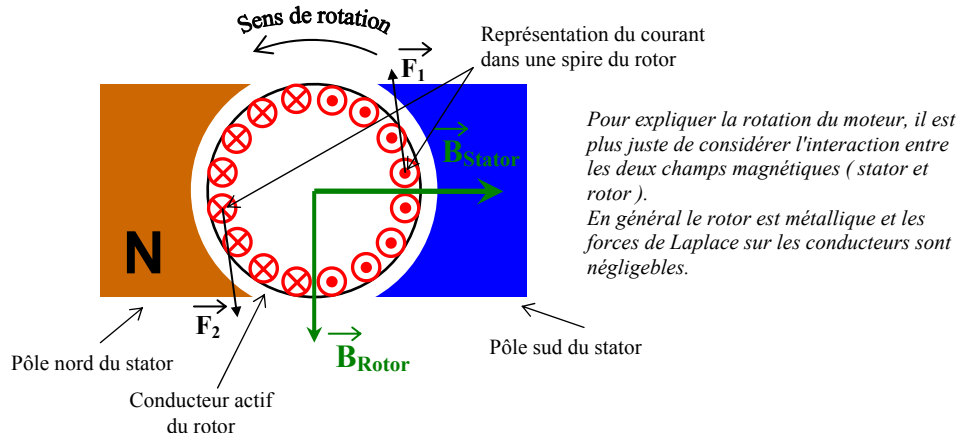
## IV- APPLICATIONS DE L'ACTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE

### 1- Le moteur à courant continu

Un moteur à courant continu est constitué des éléments suivants :

- Le stator dans lequel un aimant permanent ou un électroaimant **produit un champ magnétique** uniforme et radial.
- Le rotor constitué d'un cylindre autour duquel sont enroulées des spires parcourues par un courant.
- Le collecteur (charbons frottant sur des pistes) réalisant le contact électrique du rotor en rotation, mais aussi, assurant l'orthogonalité entre le champ du rotor et le champ inducteur du stator.

Le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement du moteur à courant continu:



Le principe de fonctionnement du moteur est le suivant :

- ① Le champ  $\vec{B}_{\text{rotor}}$  tend à s'aligner sur le champ  $\vec{B}_{\text{stator}}$  ce qui provoque la rotation du rotor.
- ② Le collecteur fait en sorte que les deux champs soient toujours perpendiculaires. Ainsi les forces provoquant la rotation sont maximales.

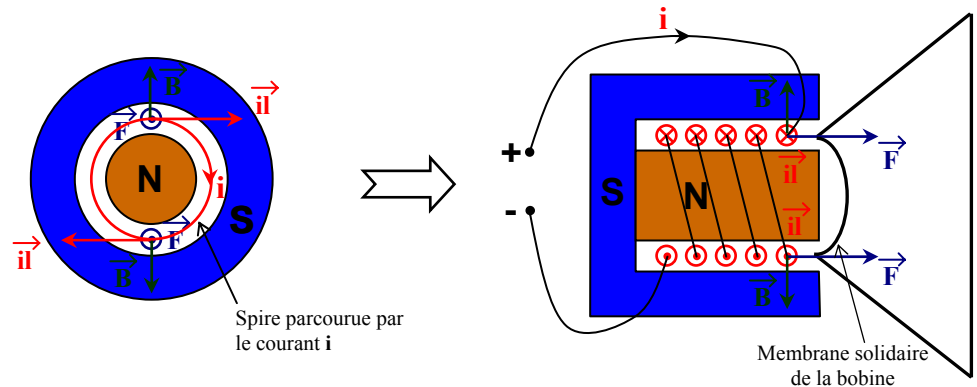
### 2- Le haut-parleur électromagnétique

Le haut-parleur transforme l'énergie électrique en énergie acoustique ( vibrations de pression de l'air ).

Il est constitué des éléments suivants :

- Un aimant à symétrie cylindrique produisant dans son entrefer, un champ magnétique radial dirigé du centre ( nord ) vers l'extérieur ( sud ).
- Une bobine mobile dans l'entrefer de l'aimant et parcourue par le courant de sortie d'un amplificateur audio par exemple.
- Une membrane solidaire de la bobine qui va transmettre, au milieu extérieur, les vibrations de la bobine.

Le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement du haut parleur :



Le principe de fonctionnement du haut-parleur est le suivant :

- ① Lorsqu'un courant  $i$  traverse la bobine, une force de Laplace  $\vec{F}$  s'applique sur chaque portions des conducteurs. La force résultante, proportionnelle à  $i$  agit sur la bobine sous forme de vibrations (  $i$  est variable ).
- ② La membrane subit les mêmes vibrations que la bobine, ce qui engendre des variations de la pression de l'air. La propagation du son est transmise par le cône solidaire de la membrane.