

Chapitre 16 : Force électromagnétiques et couplage électromécanique

Introduction :

Le magnétisme est un phénomène très important car il régit le fonctionnement des moteurs électriques, qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique.

En effet, nous allons voir que l'interaction entre un champ magnétique et un courant électrique crée une force, qui a un rôle moteur considérable.

I La force de Laplace :

1) Mise en évidence : *Expérience du rail de Laplace*

On dispose d'un aimant en U et d'un barreau de cuivre relié à un circuit électrique et dans lequel nous pouvons faire passer un courant.

- Faites un schéma de l'expérience
- Que se passe-t-il si le circuit électrique est ouvert en présence du champ magnétique ?
- On ferme le circuit, que se passe-t-il ?

2) Définition :

Une portion de circuit **parcourue par un courant et placée dans un champ magnétique** est soumise à une force appelée force électromagnétique ou **force de Laplace**.

3) Sens de la force de Laplace :

➤ Expérience :

Dans le montage du 1), on décide de changer le sens du courant parcourant le barreau en cuivre :

- Que remarque-t-on par rapport à l'expérience précédente ?
- En gardant le même sens pour le courant, nous retournons l'aimant afin que le champ magnétique ait un sens opposé au précédent :
Que se passe-t-il ?

➤ Conclusion :

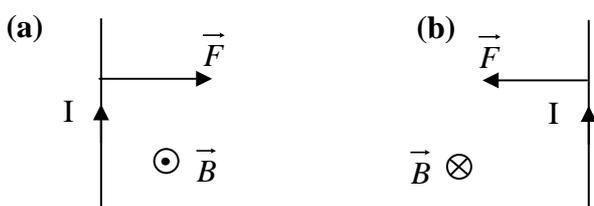
Le sens de la force électromagnétique dépend du sens du courant électrique dans le conducteur ainsi que du sens du champ magnétique.

➤ Comment déterminer le sens de la force :

On utilise pour cela une règle, il s'agit encore de la **règle de la main droite** mais sous une autre forme :

Prenez votre main droite, dirigez votre pouce dans le sens du courant, votre index dans le sens du champ magnétique, alors votre majeure tenue perpendiculairement aux autres doigts donne le sens de la force de Laplace.

➤ Remarque : représentation des trois vecteurs dans un plan :



(a) Le champ magnétique est dirigé vers le lecteur, la force de Laplace est donc dirigée vers la droite.
(b) Le champ magnétique est dirigé vers la feuille, la force de Laplace est donc dirigée vers la gauche.

4) Valeur de la force de Laplace :

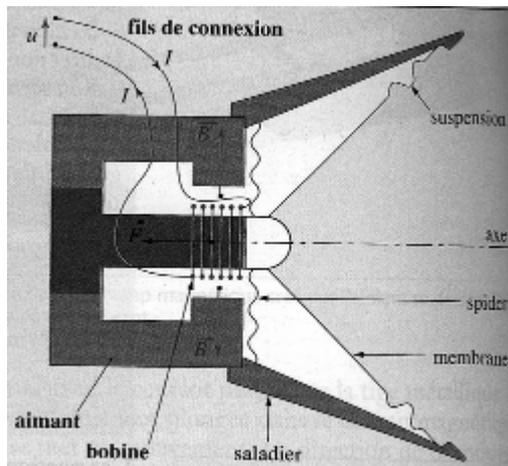
Cette valeur dépend de la valeur du champ magnétique (B), de la valeur du courant électrique (I), mais aussi de la longueur du conducteur concerné (l) et de l'angle qu'il fait avec le champ magnétique (α). Ce qui donne comme expression :

$$F = I l B \sin \alpha \text{ avec } \begin{cases} F \text{ en Newton (N)} \\ I \text{ en ampère (A)} \\ l \text{ en mètre (m)} \\ B \text{ en Tesla (T)} \\ \alpha \text{ en degré (}^\circ\text{)} \end{cases}$$

II Applications de cette force motrice :

1) Fonctionnement du haut parleur électrodynamique :

➤ Description : *Fiche élève 1*



- ✓ Les principaux constituants du haut parleur sont **l'aimant et la bobine**.
- ✓ Ces deux éléments sont **cylindriques de même axe**, ainsi la **bobine peut coulisser** le long de l'aimant.
- ✓ Le champ magnétique a **même valeur** en tous points de l'entrefer, et est toujours dirigé de l'intérieur vers l'extérieur.
- ✓ La **membrane du haut parleur est solidaire** de la bobine.

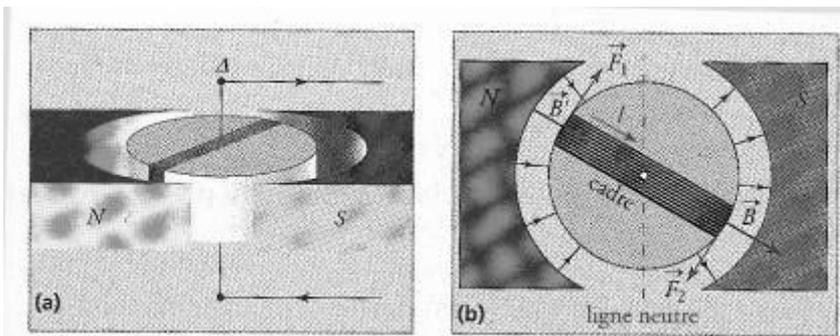
➤ Fonctionnement :

La bobine qui reçoit une intensité électrique subit, en présence du champ magnétique, une **force de Laplace** qui la fait bouger et qui fait donc bouger la membrane. La membrane **fait vibrer l'air** ce qui produit le son.

Le haut parleur est un **convertisseur d'énergie électrique en énergie mécanique** : il y a donc **couplage électrodynamique** d'où son nom (voir plus loin).

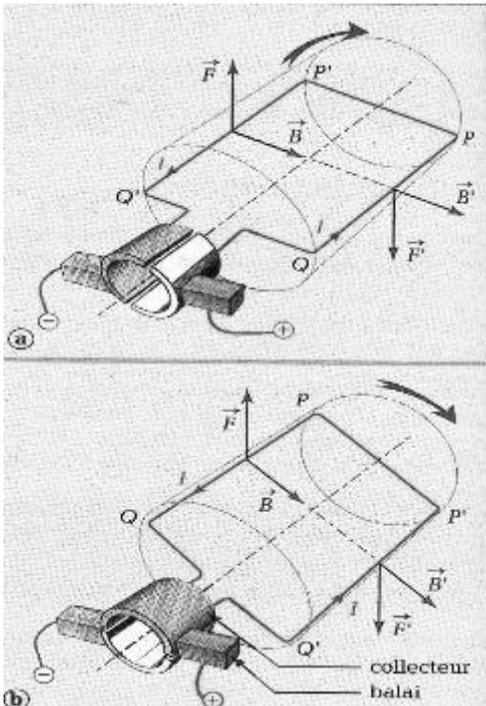
2) Le moteur à courant continu :

➤ Description : *Fiche élève 2*



- ✓ Ce moteur possède une partie **mobile**, **le rotor**, qui est constitué d'une bobine dans laquelle peut circuler un courant électrique.
- ✓ La deuxième partie est une partie **fixe**, appelée **stator**, et qui est constituée d'un aimant. Le champ magnétique est radial, c'est-à-dire **suivant un rayon** du cercle qu'il décrit.

➤ Fonctionnement :



Pour comprendre ce fonctionnement nous raisonnons sur **une des spires (rectangulaire)** de la bobine constituant le rotor.

Le courant circule dans la spire mais dans **deux sens opposés de chaque côté de la spire**. Ainsi par interaction avec le champ magnétique créé par le stator, **il se crée 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 partie mobile.

➤ Le rendement d'un moteur est défini par :

$$\eta = \frac{W_{\text{mécanique}}}{W_{\text{électrique}}} = \frac{P_{\text{mécanique}}}{P_{\text{électrique}}}$$

La puissance mécanique est la puissance utile sachant qu'il y a des pertes par effet Joule dans le moteur.

Type de moteur	Puissance utile du moteur
TGV sud est	1MW
Essuie-glaces	1 kW
Montre à quartz	0.1 mW

III Aspect énergétique du couplage électromécanique :

1) Qu'est-ce qu'un couplage ?

Un couplage, c'est un transfert d'énergie entre deux systèmes.

Ici on parle de couplage électromécanique car on peut effectuer une conversion électrique-mécanique aussi bien qu'une conversion mécanique-électrique avec le même système (par exemple le moteur à courant continu).

2) Mise en évidence de la réciprocité :

Expérience

Exemple de l'alternateur :

Quand on déplace un aimant devant une bobine, il apparaît une tension aux bornes de la bobine. Ce phénomène est utilisé pour produire une tension électrique.

La mise en mouvement d'un aimant ou d'un électroaimant devant une bobine permet de convertir une partie de l'énergie mécanique associée au mouvement de l'aimant en énergie électrique.

