

CHAPITRE OS13

Actions d'un champ magnétique

➤ Problématique

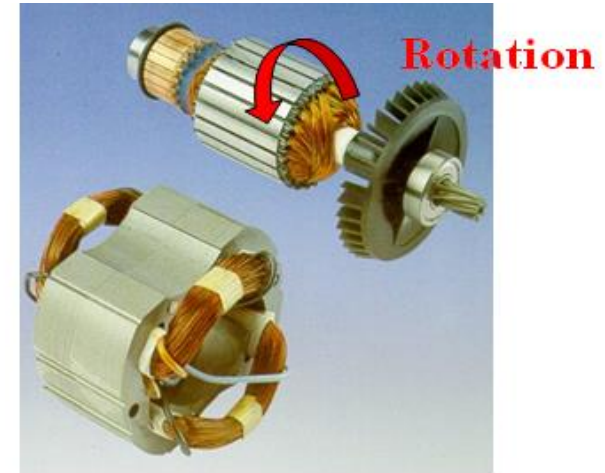
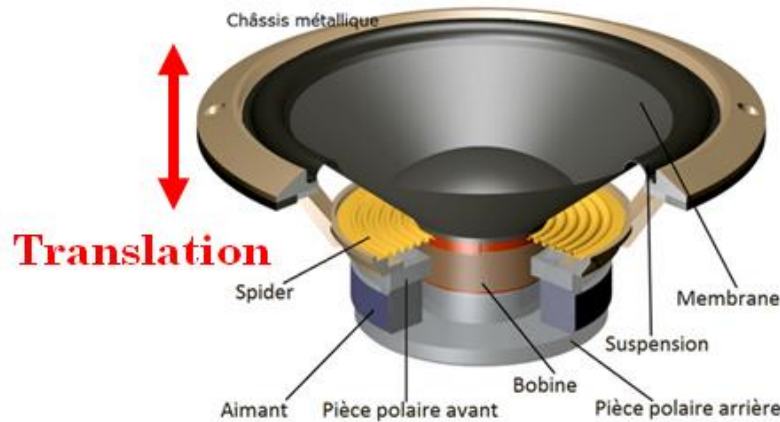


FIGURE 1 : Haut-parleur électrodynamique et moteur électrique

Question : Comment produire une action mécanique, i.e. un mouvement de translation ou de rotation, à l'aide d'un champ magnétique ?

- Circuit élec / aimant + chp magnétique extérieur
⇒ actions de Laplace

1 Force de Laplace

1.1 Mise en évidence : expérience des rails de Laplace

Situation initiale avant mise en route du générateur

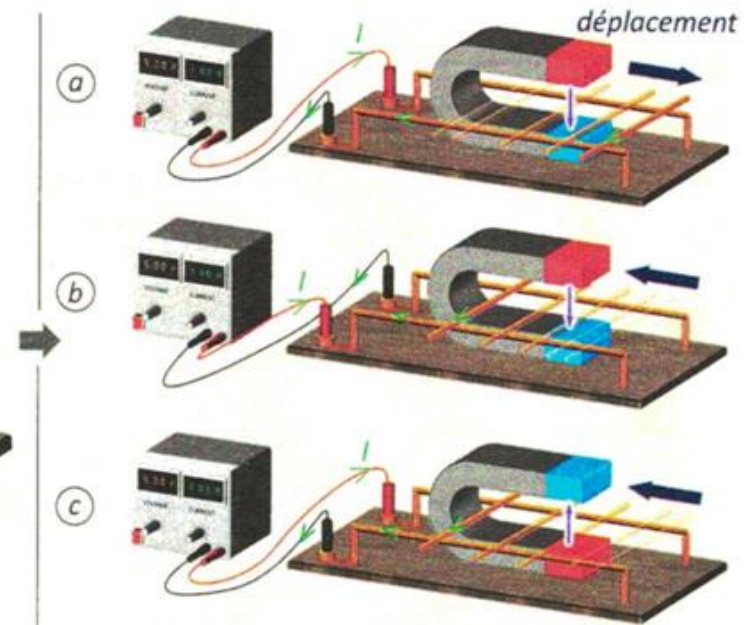
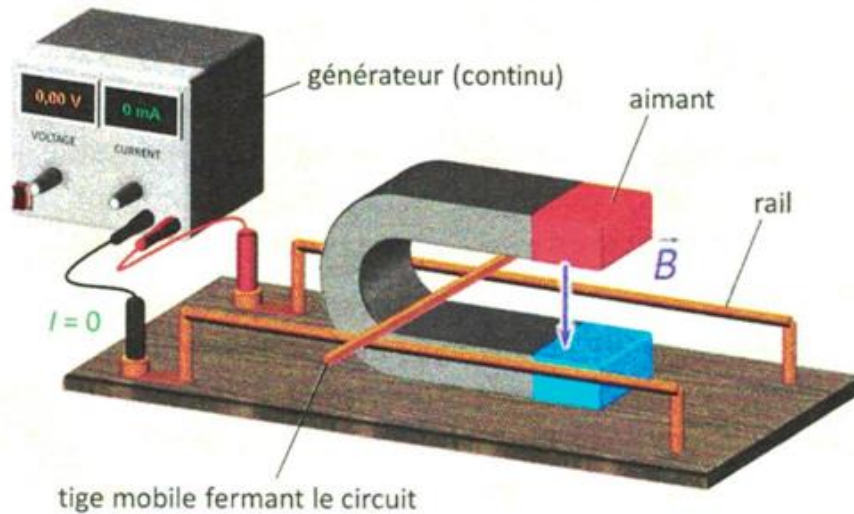


FIGURE 2 : Expérience des rails de Laplace

👁 Vidéo 1 : YouTube / Chaîne kaloucito / Vidéos / Manip Lycée Montaigne de Bordeaux : rail de Laplace (1'22s)

<https://www.youtube.com/watch?v=zoxr2Vwkxyg>

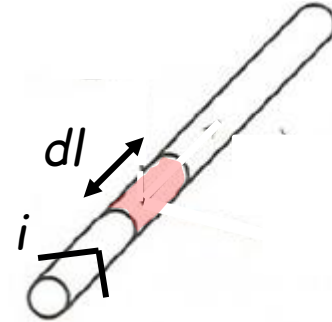
1.2 Force élémentaire de Laplace

➤ Élément de circuit considéré

➤ Forces exercées

force magnétique de Lorentz

$$\vec{f}_m = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$



q : charge électrique d'un seul porteur de charges

\vec{v} : sa vitesse

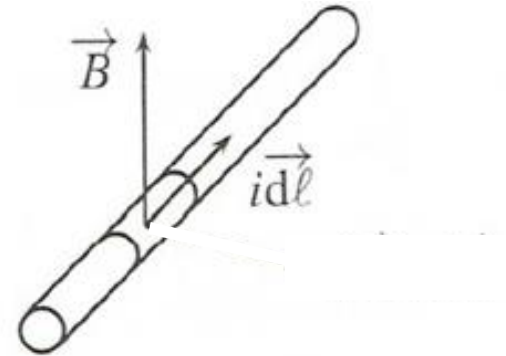
Sommation de la force de Lorentz exercée sur
chaque charge mobile de l'élément de conducteur :

force dite « élémentaire »

➤ Force élémentaire de Laplace

Définition

$$\vec{dF}_L = i d\vec{l} \wedge \vec{B}$$



➤ Champ extérieur et champ propre

1.3 Force de Laplace sur une tige en translation

➤ Dispositif des rails de Laplace

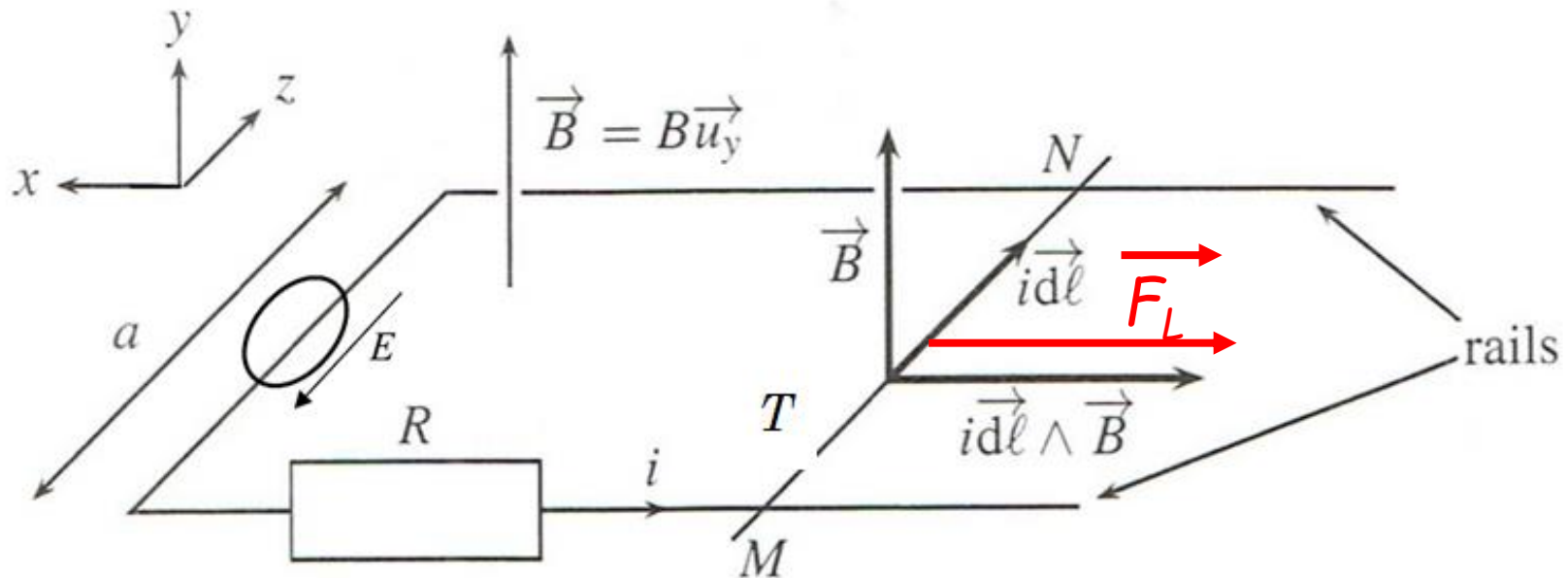


FIGURE 3 : Dispositif des rails de Laplace

➤ Interprétation de l'expérience

1.4 Expression générale de la force de Laplace

➤ Définition

$$\boxed{\vec{F}_L = i\vec{l} \wedge \vec{B}}$$



1.5 Puissance de la force de Laplace

➤ Tige animée d'un mouvement de translation de vitesse $\vec{v} = v\vec{u}_x$

➤ Expression de la puissance

$$\boxed{\mathcal{P}_L = \vec{F}_L \cdot \vec{v} = -iBav}$$

➤ Retour à la problématique

2 Actions de Laplace sur une spire rectangulaire

2.1 Effet d'un champ extérieur sur une spire rectangulaire

📺 Vidéo 2 : YouTube / Chaîne Rose Francois / Vidéos / Spire dans un champ magnétique (2'03s)

<https://www.youtube.com/watch?v=qp2TEenZX4U4>

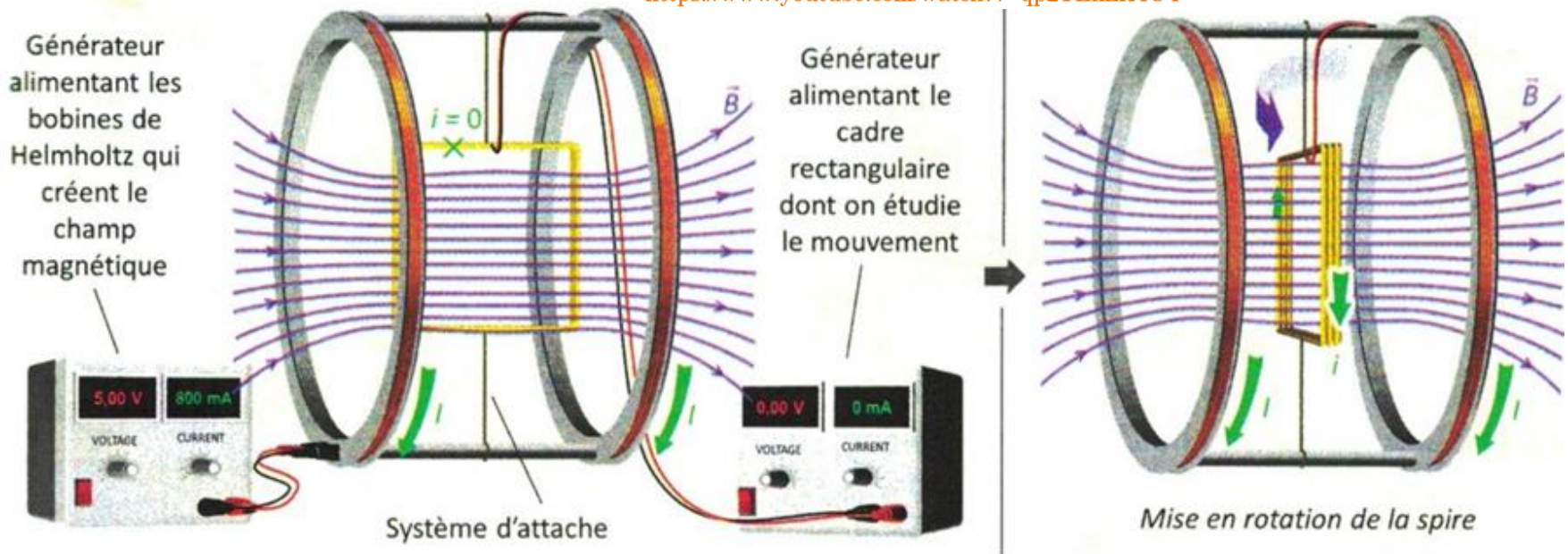


FIGURE 4 : Dispositif mettant en évidence l'effet d'un champ magnétique sur une spire rectangulaire

2.2 Expression du moment du couple

➤ Modélisation

➤ Forces de Laplace



➤ Moment du couple

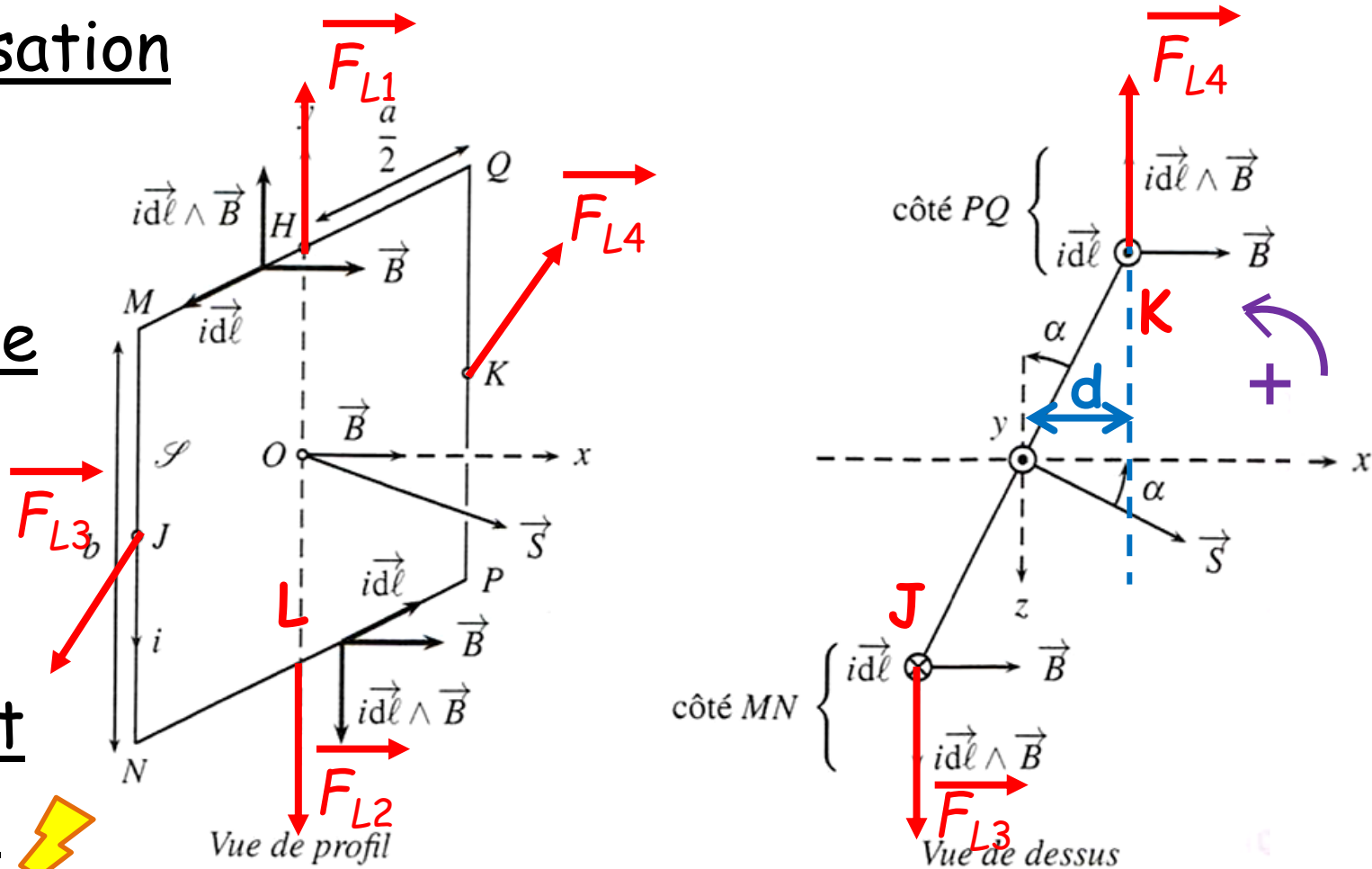


FIGURE 5 : Spire rectangulaire en rotation

2.3 Expression générale du couple électromagnétique

- Généralisation
- Couple électromagnétique

Définition

$$\vec{\Gamma} = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}$$




- Remarque
- Vérification sur l'exemple de la spire rectangulaire

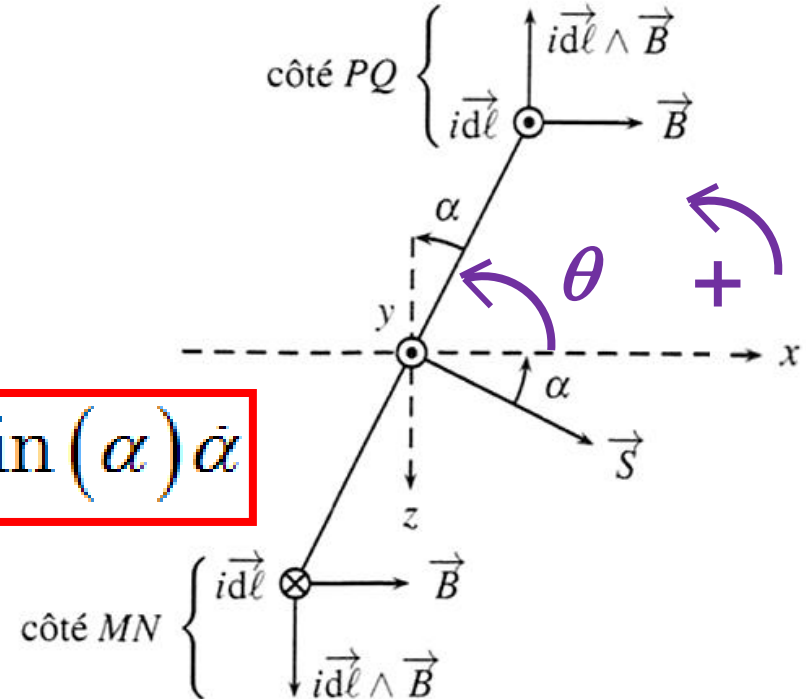


2.4 Puissance des actions de Laplace

➤ Vitesse de rotation 

➤ Puissance du couple 

$$\mathcal{P}_L = -iabB \sin(\alpha) \dot{\alpha} = -\mathcal{M} B \sin(\alpha) \dot{\alpha}$$



➤ Retour à la problématique

3 Actions d'un champ magnétique sur un aimant

3.1 Cas d'un champ magnétique extérieur uniforme

➤ Effet du couple

© Vidéo 3 : YouTube / Chaîne Labo Rabii / Vidéos / Champ magnétique aimant droit (0'16s)

<https://www.youtube.com/watch?v=klXwddCZzUk>

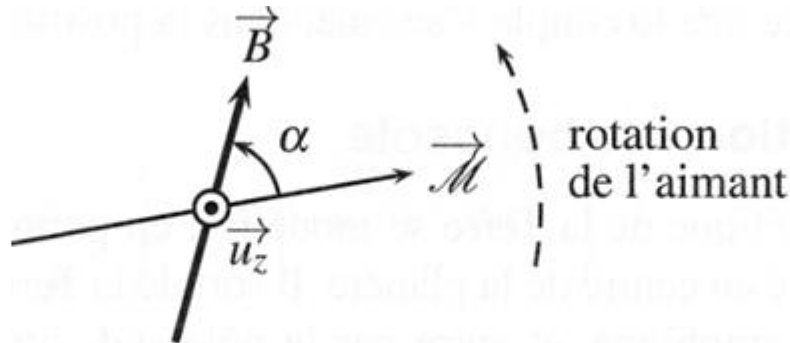


FIGURE 6 : Action d'un champ magnétique extérieur uniforme sur un aimant

➤ Positions d'équilibre

➤ Stabilité de l'équilibre

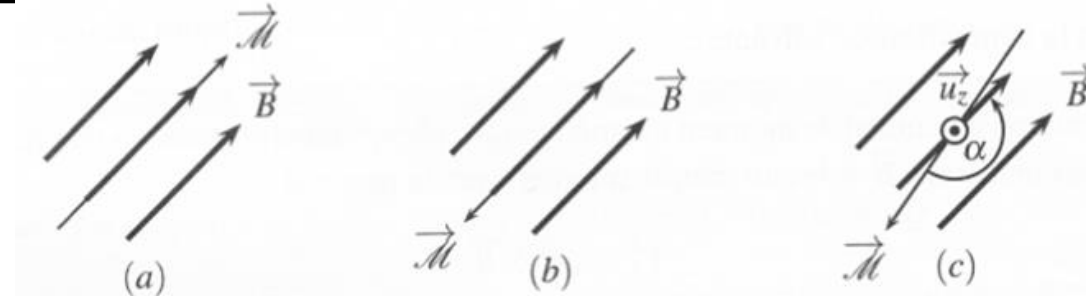


FIGURE 7 : Stabilité des positions d'équilibre

➤ Propriété :

➤ Application 1 :
la boussole

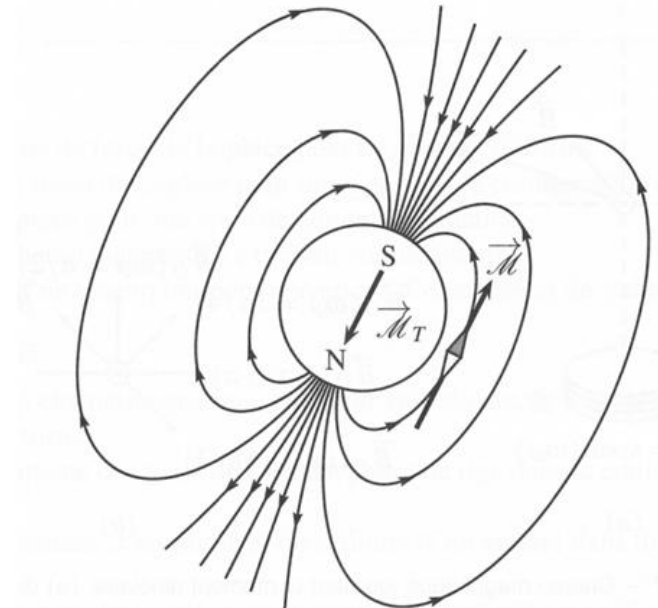


FIGURE 8 : Orientation d'une boussole dans le champ magnétique terrestre

➤ Application : le moteur à courant continu

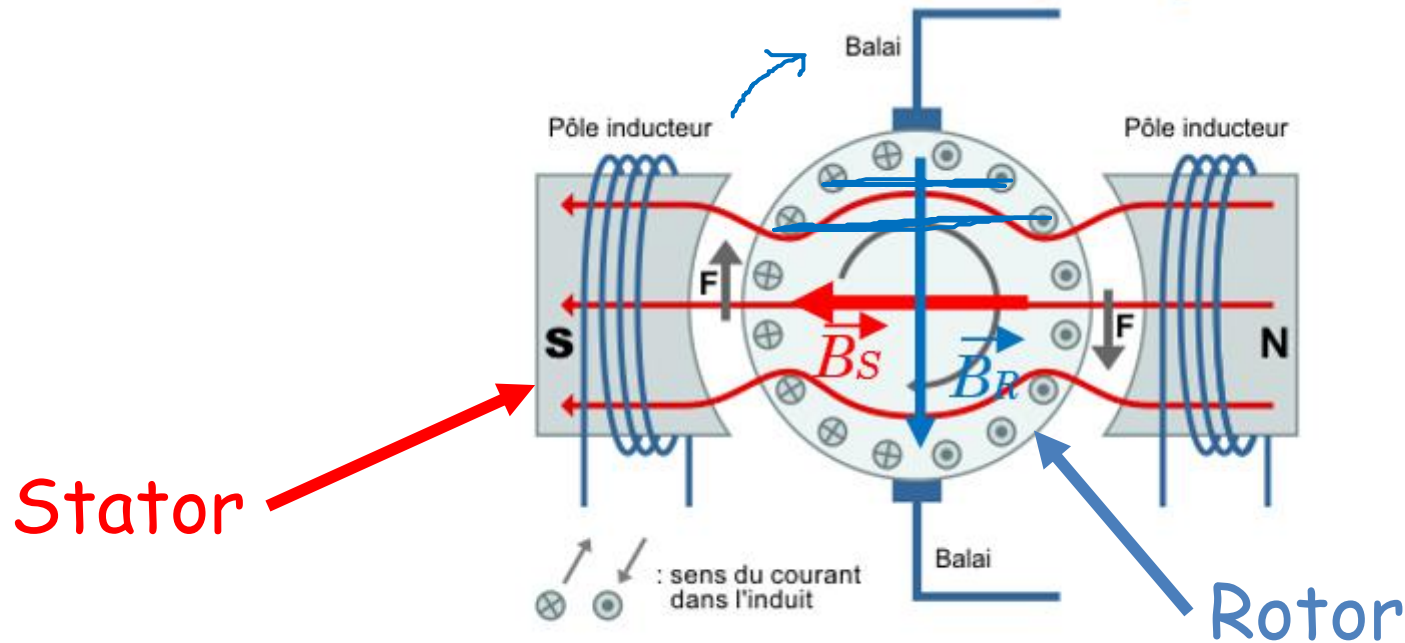


FIGURE 9 : Principe d'un moteur à courant continu

3.2 Effet moteur d'un champ magnétique tournant

3.2.1 Création d'un champ magnétique tournant

➤ Superposition de deux champs magnétiques

- 2 bobines identiques disposées **orthogonalement** dont les axes définissent le plan $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y)$
- Au point O :

❖ **la bobine 1** crée le champ magnétique

$$\vec{B}_1(t) = Ki_1(t)\vec{u}_x$$

❖ **la bobine 2** crée le champ magnétique

$$\vec{B}_2(t) = Ki_2(t)\vec{u}_y$$

➤ Création d'un champ tournant



En O:

champ magnétique

résultant :

$$\vec{B}(t) = \vec{B}_1(t) + \vec{B}_2(t)$$

Champ tournant :

❖ **Norme constante**

❖ **Direction change régulièrement au cours du tps**

Expression du champ tournant :

$$\vec{B}(t) = B_0 \left[\cos(\omega t) \vec{u}_x + \sin(\omega t) \vec{u}_y \right] \text{ avec } B_0 = Ki_0$$

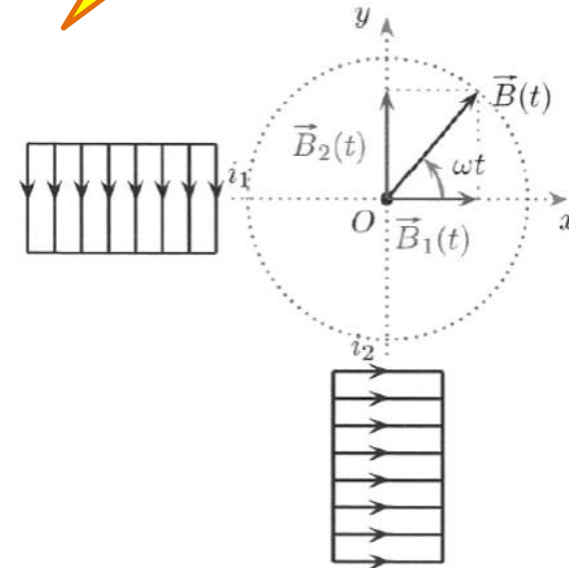


FIGURE 10 : Création d'un champ magnétique tournant

3.2.2 Action d'un champ magnétique tournant sur un aimant

- Rotation de l'aimant pour s'orienter parallèlement au champ magnétique

Champ tournant \Rightarrow aimant tournant

- Même vitesse de rotation

moteurs synchrones

📺 Vidéo 4 : YouTube / Chaîne kaloucito / Vidéos / Manip Lycée Montaigne Bordeaux :
Champ tournant diphasé (0'47s)

<https://www.youtube.com/watch?v=BmJTWr8Fbqk>