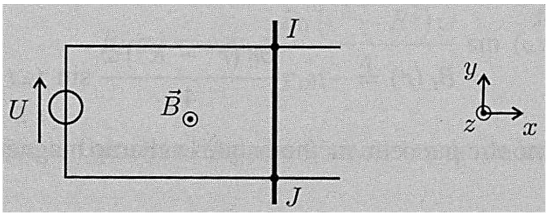
Exercices Chapitre 12 : Force de Laplace

Exercice 1 : Dispositif des rails de Laplace

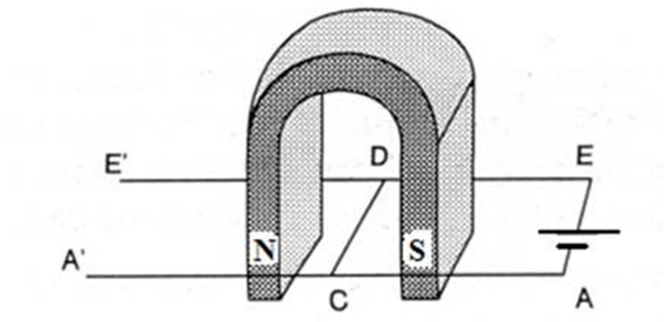
Deux rails conducteurs rectilignes sont disposés horizontalement et parallèles entre eux ; ils sont distants d'une longueur ℓ = 10 cm. Une tige en cuivre, cylindrique, de masse m = 30 g est libre de rouler sur ces deux rails et assure entre eux un contact électrique. La résistance électrique du circuit ainsi formé vaut R = 10 Ω. La tige est placée à l'intérieur d'un très grand solénoïde, créant un champ magnétique uniforme vertical de valeur B = 100 mT. Les deux rails sont reliés aux bornes d'un générateur continu de fém U = 12 V et de résistance interne négligeable.



1) Proposer une orientation du courant dans le solénoïde compatible avec l'orientation de $\vec{B}$.
2) Indiquer sur le schéma le sens du courant dans la barre. En déduire la direction et le sens de la force de Laplace qui s'exerce sur la tige.
3) Calculer la valeur de la force de Laplace qui s'exerce sur la tige lorsque celle-ci démarre son mouvement.

Exercice 2 : Barreau conducteur

On dispose du circuit suivant :

Pile : E = 12 V ; r = 1.5 Ω Résistance du barreau R = 1 Ω B = 50 mT CD = 20 cm. Masse du barreau : m = 10g g = 10 m.s^{-2}	

1. Représenter ce circuit vu de dessus, lorsque l'observateur se situe au dessus du plan du circuit. On représentera le champ magnétique, mais pas l'aimant.
2. Indiquer sur ce schéma les vecteurs $\vec{\ell}$, $\vec{B}$ et $\vec{F}$, en justifiant leur orientation. Indiquer également le sens de l'intensité électrique dans le circuit.
3. Calculer la valeur de l'intensité électrique, I.
4. Déterminer l'intensité de la force de Laplace.
5. Déterminer l'intensité du poids, P, du barreau.
6. Conclure quant au mouvement du barreau.

Exercice 3 : Forces de Laplace dans un haut-parleur

a) On donne ci-dessous un schéma d’un haut-parleur. Schématiser une spire de la bobine et tracer le sens du courant ainsi que la force de Laplace qui s’exerce sur la spire.

(1) Anneau élastique

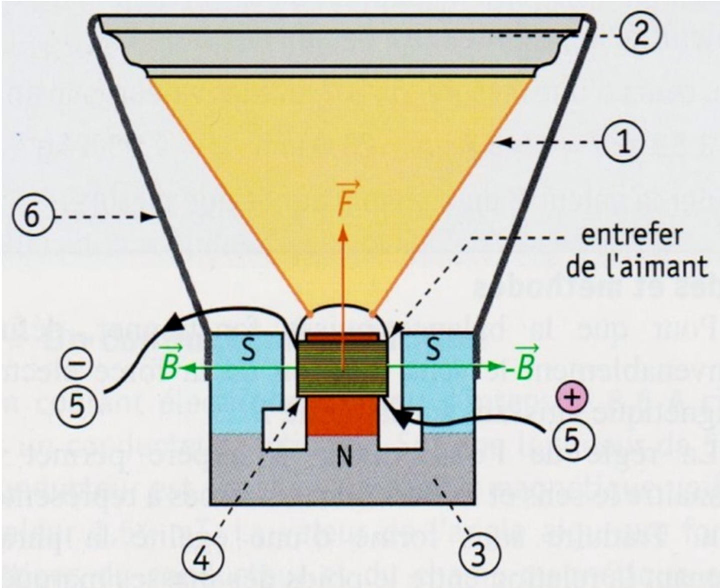
(2) Membrane

(3) Aimant permanent

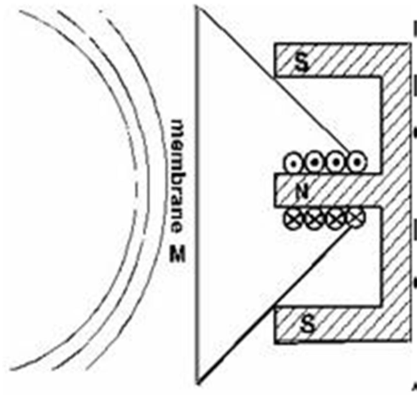
(4) Bobine mobile

(5) Bornes d’alimentation

(6) Bâti du haut-parleur

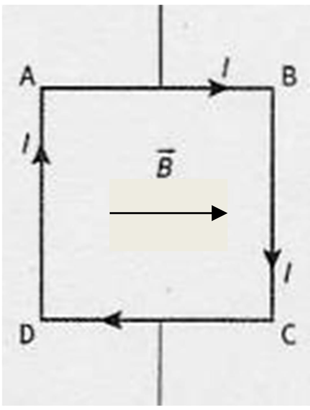


b) Pour le haut-parleur ci-dessous, quel est le sens de la force de Laplace ?

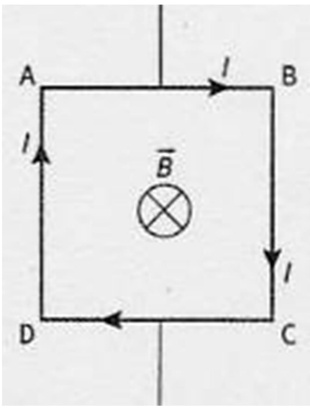


Exercice 4 : Prévision d'une rotation

On considère un cadre rectangulaire ABCD, traversé par un courant d'intensité I, maintenu verticalement par deux fils tendus, et entièrement placé dans un champ magnétique uniforme B. Quel est l'effet de $\vec{B}$?



Après un certain temps, le cadre se trouve dans la configuration suivante, quel est son mouvement ultérieur ?

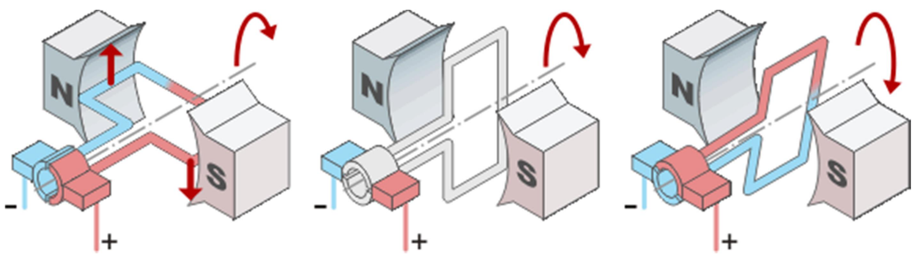


Juste pour vérifier : êtes-vous capables de dessiner l'aimant en U qui produit le champ magnétique ci-dessus ? et s'il était produit par un solénoïde, comment devrait circuler le courant dans celui-ci ?

Conclusion de cet exercice en vue de construire un moteur électrique :

- Le champ magnétique doit être dans la mesure du possible continûment radial, c'est-à-dire toujours orthogonal au courant dans la spire.
- Après un demi-tour, il convient de changer le sens du courant dans la spire de manière à continuer à tourner toujours dans le même sens.

Schéma simplifié du moteur à courant continu :



Exercice 5 (*) : (issu de PT A 2006) : Entraînement du rotor de la machine asynchrone

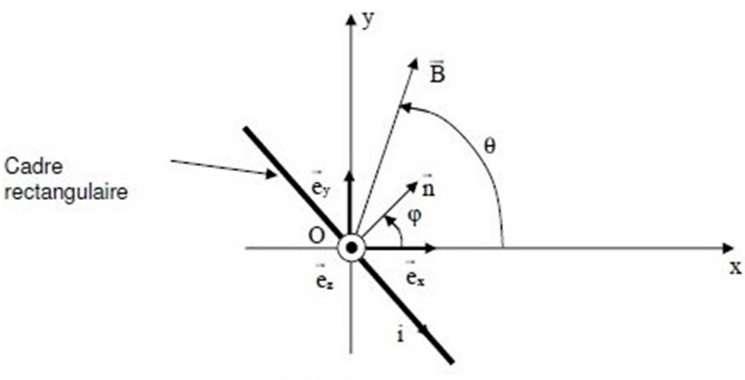
Le **rotor** est modélisé par un cadre conducteur rectangulaire de surface S, orienté suivant la normale $\vec{n}$, contenant N spires planes filiformes et indéformables en série, et susceptible de tourner autour de l'axe Oz avec un vitesse angulaire ω constante.

Le cadre est placé dans le champ magnétique tournant créé par le **stator** que l'on suppose constant de norme B.

Les positions angulaires de $\vec{B}$ et $\vec{n}$ sont repérées par les angles suivants :

$\theta(t) = (\vec{e}_x, \vec{B}) = \omega_s t$ et $\varphi(t) = (\vec{e}_x, \vec{n}) = \omega t$

Dans toute la suite, on suppose que : $0 \leq \omega \leq \omega_s$.



Vue de dessus

Figure 2

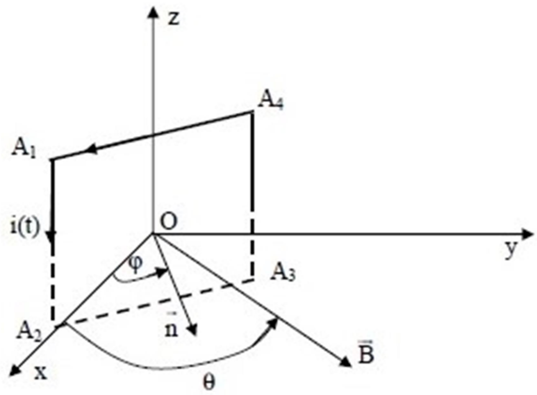


Figure 3

Par présence d'un champ magnétique dépendant du temps, il s'établit, après un régime transitoire, dans le cadre rectangulaire un courant d'intensité $i(t) = I_0.\sin(\omega_r.t - \alpha)$ avec $\omega_r = \omega_s - \omega$. (Cette loi sera établie dans le chapitre 13)

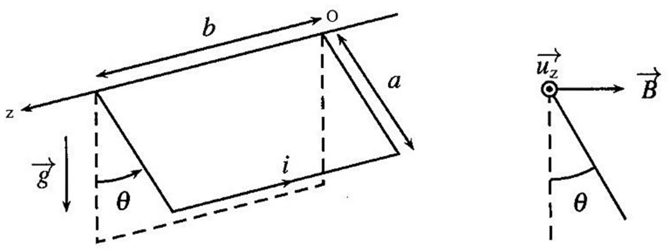
On note C(t) le moment par rapport à Oz du couple électromagnétique des forces de Laplace s'exerçant sur les N spires du cadre. Question 1 du problème: Etablir l'expression de C(t).

Pour nous, avec plus de détails :

a) Exprimer le vecteur surface $\vec{S}$ associé au rotor constitué de N spires.
b) En déduire l'expression du vecteur moment magnétique $\vec{\mu}$ du rotor.
c) Calculer le vecteur couple $\vec{\Gamma} = \begin{pmatrix} L \\ M \\ N \end{pmatrix}$ comme produit vectoriel $\vec{\mu} \wedge \vec{B}$. On pourra procéder soit en projetant dans la base $(\vec{e_x}, \vec{e_y}, \vec{e_z})$ ces 2 vecteurs, soit (plus simple ici) en cherchant géométriquement la direction et le sens du produit vectoriel puis en calculant sa norme.
d) En déduire le moment C(t) par rapport à l'axe (Oz) de l'action mécanique de toutes les forces de Laplace s'exerçant sur le rotor.

Exercice 6 (*) : Action magnétique sur un cadre

Un cadre conducteur tourne sans frottements autour de l'axe (Oz) horizontal. Il est composé de 4 segments, deux de longueur a et deux de longueur b. La masse totale du cadre est m. Un dispositif, non représenté, impose une intensité du courant i constante dans le cadre. Le cadre est placé dans le champ de pesanteur et un champ magnétique horizontal placé dans un plan perpendiculaire à (Oz).



1) Déterminer le moment magnétique $\vec{\mu}$ du cadre
2) En déduire le moment M des forces de Laplace par rapport à (Oz) ?
3) La puissance P des forces de Laplace est le produit du moment M par la vitesse angulaire $\dot{\theta}$. Exprimer la puissance P et commenter son signe.