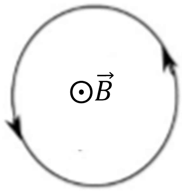
Exercices Chapitre 12 : Force de Laplace - Corrigé

Exercice 1 : Dispositif des rails de Laplace

1) La règle de la main droite impose que le pouce sorte du plan du dessin (pouce vers l'avant), cela impose une circulation du courant dans le sens trigonométrique en vue de dessus :



2) Le générateur impose une tension U avec le pôle + au-dessus en vue de dessus donc dans la barre le courant va de I vers J.

   Force de Laplace : $\overrightarrow{F_L} = i\vec{\ell} \wedge \vec{B} = i \begin{pmatrix} 0 \\ -\ell \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -Bi\ell \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ selon $-\overrightarrow{u_x}$

3) $\|\overrightarrow{F_L}\|$ =Biℓ = B$\frac{U}{R}\ell$ = 100.10^{-3}.$\frac{12}{10}$.10.10^{-2} = 12 mN

Exercice 2 : Barreau conducteur

1. et 2. :

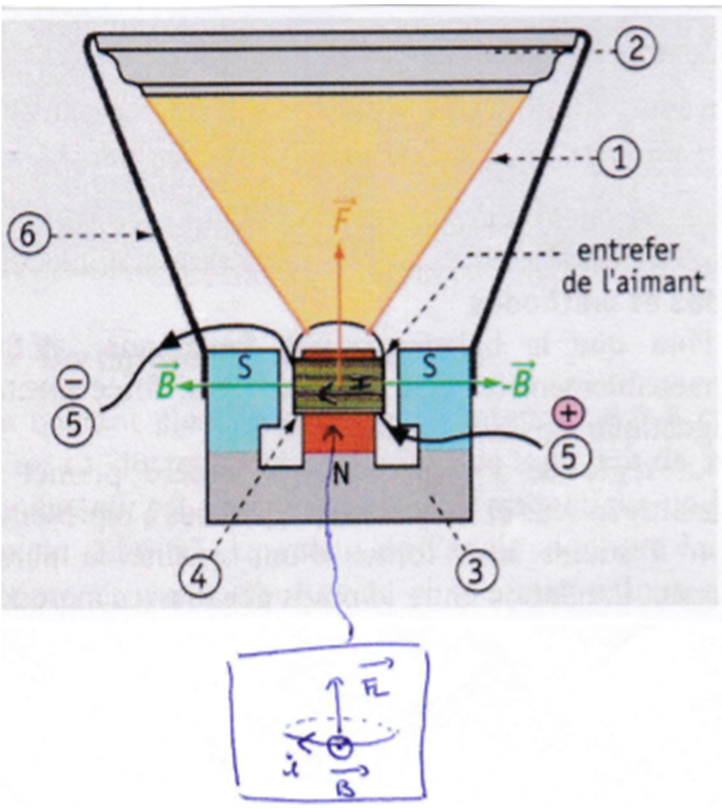
3. Le circuit électrique a pour loi des mailles : E = R.I + r.I donc I = $\frac{E}{R+r} = \frac{12}{2,5}$ = 4,8 A
4. Avec le repère du schéma (ou avec juste le fait que $\vec{F}$ est vers le haut) :

$\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B} = I \begin{pmatrix} 0 \\ -CD \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} B \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ I.CD.B \end{pmatrix}$ de norme F = I.CD.B = 48 mN

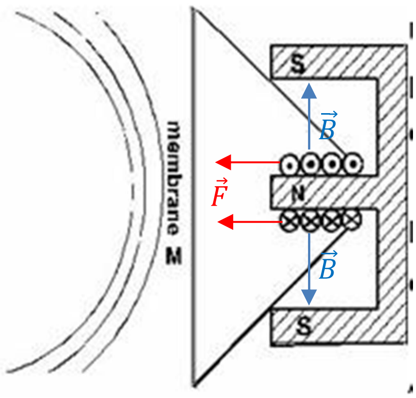
5. P = mg = 100 mN
6. Du fait de la présence du rail EE'-AA', le rail ne tombe pas ; par contre, il ne lévite pas non plus !

Exercice 3 : Forces de Laplace dans un haut-parleur

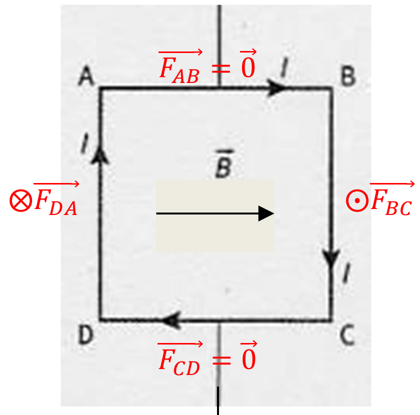
a) Pour obtenir une force vers le haut, avec un champ magnétique vers l'extérieur :

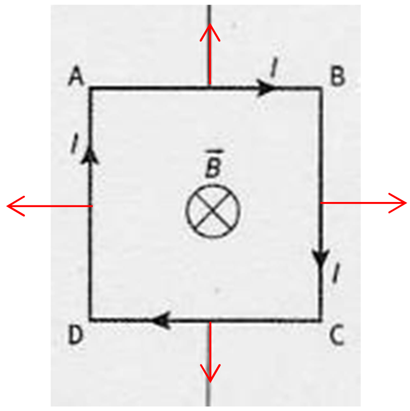


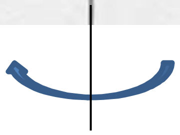
b) Pour le haut-parleur ci-dessous :



Exercice 4 : Prévision d'une rotation

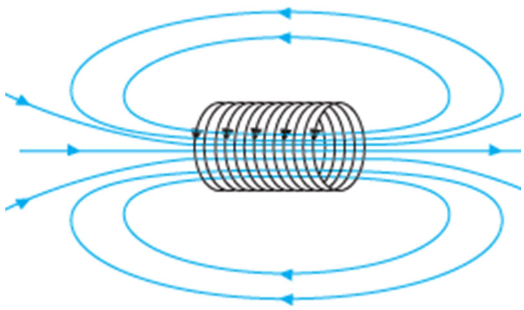


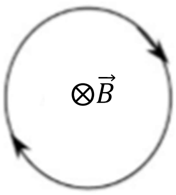


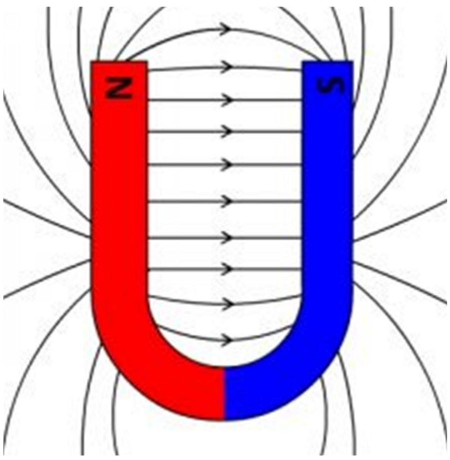
Sens de rotation : 

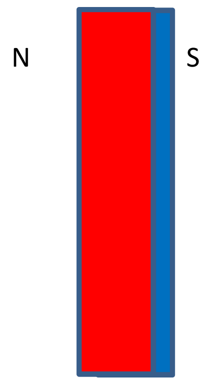
Pas de rotation

Production du champ magnétique uniforme :









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

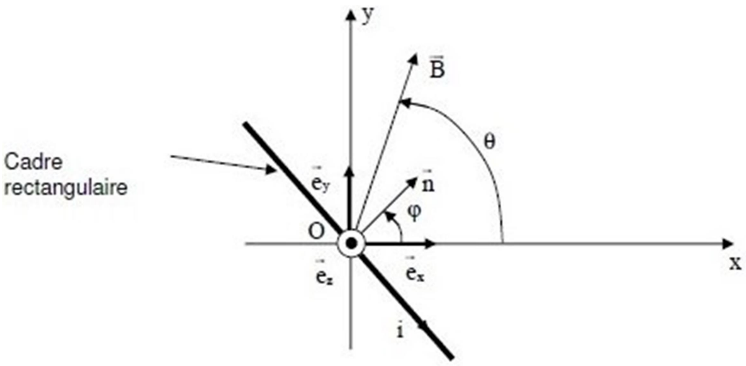
Le **rotor** est modélisé par un cadre conducteur rectangulaire de surface S, orienté suivant la normale $\vec{n}$, contenant N spires planes filiformes et indéformables en série, et susceptible de tourner autour de l'axe Oz avec un vitesse angulaire ω constante.

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

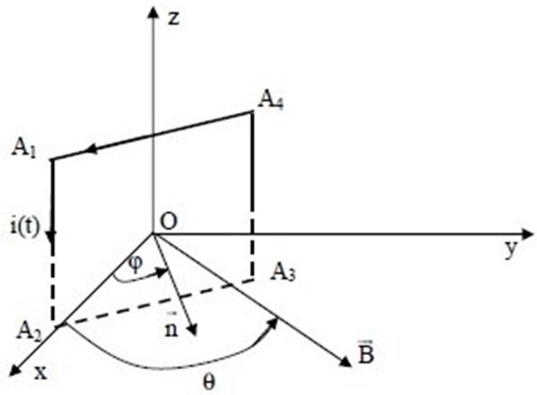


Figure 3

Par présence d'un champ magnétique dépendant du temps, il s'établit, après un régime transitoire, dans le cadre rectangulaire un courant d'intensité $i(t) = I_0.\sin(\omega_r.t - \varphi)$ 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. <u>Question 1 du problème</u>: Etablir l'expression de C(t).

Pour nous, avec plus de détails :

a) $\vec{S} = NS\vec{n}$ associé au rotor constitué de N spires.

b) $\vec{\mu} = i\vec{S} = iNS\vec{n}$

c) $\vec{\Gamma} = \vec{\mu} \wedge \vec{B} = iNS\vec{n} \wedge \vec{B}$

<u>Première méthode</u> (coordonnées):

$$\vec{\Gamma} = iNS\vec{n} \wedge \vec{B} = iNS\begin{pmatrix} \cos\varphi \\ \sin\varphi \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} \cos\theta \\ \sin\theta \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ iNS(\cos\varphi.\sin\theta - \sin\varphi.\cos\theta) \end{pmatrix}$$

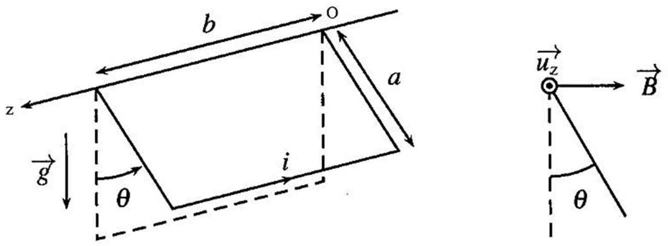
<u>Deuxième méthode</u> (géométrique) : $\vec{\Gamma}$ est orthogonal à $\vec{n}$ et à $\vec{B}$, avec $(\vec{n}, \vec{B}, \vec{\Gamma})$ trièdre direct donc $\vec{\Gamma}$ selon $\vec{e_z}$. Sa norme vaut iNS.B.sin(θ-φ)

d) On projette $\vec{\Gamma}$ selon $\vec{e_z}$: C(t) = iNS.B.sin(θ-φ) = iNSB(cosφsinθ-sinφcosθ)

$C(t) = NSB.I_0\sin(\omega_r t-\alpha).\sin(\omega_r.t)$

Exercice 6 (**) : Action magnétique sur un cadre (Comme en SII CPGE3)

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, son moment d'inertie par rapport à (Oz) est J. 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) $\vec{\mu} = iab\overrightarrow{u_\theta}$
2) $\vec{\Gamma} = \vec{\mu} \wedge \vec{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ iab \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} Bsin\theta \\ Bcos\theta \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -iabBsin\theta \end{pmatrix}$ donc M = -iabBsinθ
3) P = M.$\dot{\theta}$ = -iabBsinθ .$\dot{\theta}$ < 0 lorsque le cadre monte vers la droite (sens trigo) et > 0 lorsque le cadre redescend (sens horaire), logique vu le sens de la force de Laplace