

SERIE N°10 : Champ magnétique

On étudie à l'aide d'un teslamètre l'intensité B du champ magnétique créé par un courant passant dans un solénoïde en fonction de divers paramètres. On se place au centre du solénoïde.

1- Dans une première expérience, on utilise un solénoïde de longueur $L_1 = 0,5$ m et comportant $N_1 = 240$ spires. On fait varier

l'intensité qui traverse le solénoïde et on note la valeur de B .

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

I(A)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
B(mT)	60	85	120	150	190	215	245	275	310

Représenter graphiquement la fonction $B = f(I)$. En déduire une relation entre B_0 et I .

2- On refait la même expérience avec un solénoïde de longueur $L_2 = 0,8$ m et comportant $N_2 = 768$ spires.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

I(A)	1.	2.0	3.0	4.0	5.0
B(mT)	120	240	380	480	610

2-a- Calculer les nombres n_1 et n_2 de spires par unité de longueur pour ces deux solénoïdes.

2-b- Déduire des deux expériences une relation entre B et n .

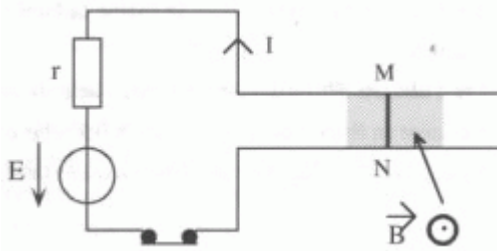
2-c- Déduire des deux expériences une relation entre B , I et n .

2-d- Dans la formule théorique liant B , n et I intervient un coefficient $\mu_0 = 4 \times \pi \times 10^{-7}$ SI. Comparer cette valeur à celle que l'on peut déterminer à partir du graphique tracé à la question 1.

Force de Laplace.

La barre MN peut se déplacer sur les rails parallèles horizontaux. La résistance électrique des rails et de la tige MN est négligeable. Les rails sont situés dans une région où règne un champ magnétique uniforme vertical.

$MN = d = 10,0$ cm ; $B = 0,020$ T ; $E = 12$ V ; $r = 2,0$ Ω .

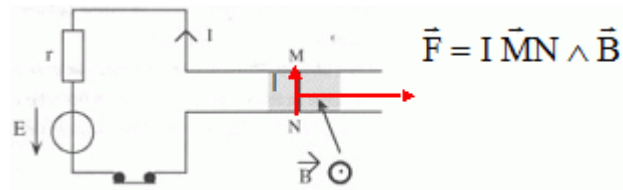


En l'absence de champ magnétique, exprimer puis calculer l'intensité du courant I.

$$E = r I ; I = E/r = 12/2,0 = \mathbf{6,0 \text{ A.}}$$

Donner la direction et le sens et la valeur de la force F agissant sur MN.

La tige MN parcourue par un courant d'intensité I et placée dans un champ magnétique B est soumise à la force de Laplace.



$$F = I MN B = 6,0 * 0,10 * 0,020 = \mathbf{0,012 \text{ N.}}$$

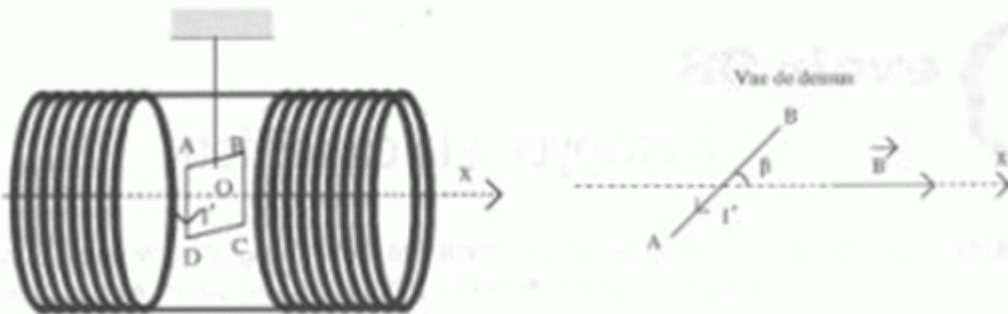
On supprime le générateur et on le remplace par un ampèremètre très sensible. On déplace la tige vers la droite, l'ampère

Expliquer le phénomène. Quelle conversion d'énergie obtient-on ?

La tige MN est placée dans un champ magnétique et plus est mise en mouvement : les deux conditions sont requises pour la production d'un courant induit (passage d'un courant dans le circuit qui n'existe que pendant le déplacement de la tige) : c'est le principe de l'induction électromagnétique. De l'énergie mécanique (déplacement de la tige) est convertie en énergie électrique (passage d'un courant).

Cadre rectangulaire.

Un solénoïde de longueur $L = 60 \text{ cm}$ est constitué de $N = 1200$ spires circulaires de rayon 10 cm . Il est parcouru par un courant $I' = 1,2 \text{ A}$. Un cadre carré de côté $a = 4,0 \text{ cm}$ parcouru par un courant $I = 0,4 \text{ A}$ est suspendu à l'intérieur du solénoïde. $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$.



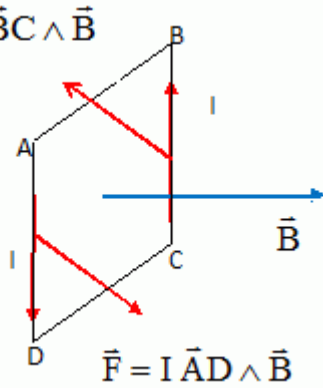
Exprimer puis calculer la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

$$B = \mu_0 n I' \text{ avec } n = N/L = 1200 / 0,60 = 2000 \text{ spires par mètre.}$$

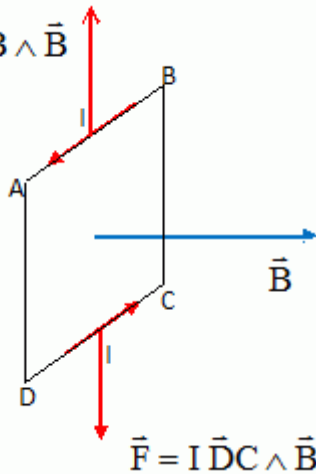
$$B = 4 * 3,14 * 10^{-7} * 2000 * 1,2 = 3,016 * 10^{-3} \sim \mathbf{3,0 * 10^{-3} \text{ T.}}$$

Représenter sur une vue de dessus les forces de Laplace agissant sur les côtés AD et BC.

$$\vec{F} = I \vec{BC} \wedge \vec{B}$$



$$\vec{F} = I \vec{AB} \wedge \vec{B}$$



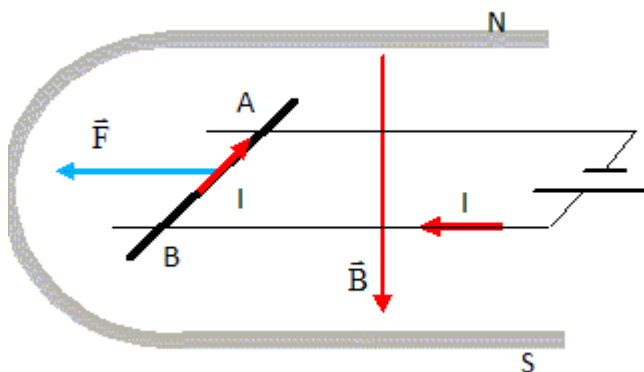
Exprimer et calculer les valeurs des forces de Laplace agissant sur le cadre ($\beta = 20^\circ$).

$F = I a B \sin \beta$ avec $a = 0,040 \text{ m}$; $I = 0,4 \text{ A}$ et $B = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ T}$.

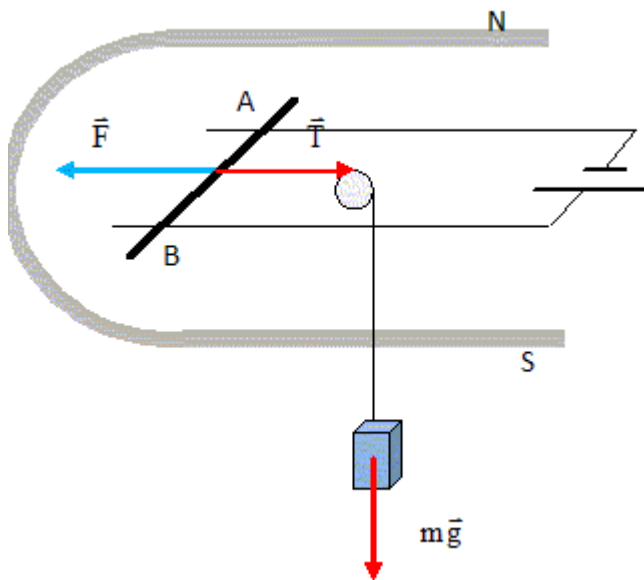
Force de Lapalce agissant sur AB : $F = 0,4 \cdot 0,04 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \sin 20 = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ N}$.

Rechercher

Le conducteur AB, traversé par le courant I, est mobile ; placé dans un champ magnétique, il est soumis à la force



Un fil est attaché à la tige AB ; ce fil passe sur une poulie ; une masse m est fixée à l'autre extrémité du fil.



La tige AB est immobile si $F = T = mg$ avec $F = B I AB$.

$$m = B I AB / g ;$$

A.N. : $AB = 6 \text{ cm}$; $I = 6 \text{ A}$; $B = 0,1 \text{ T}$; $g = 10 \text{ SI}$.

$$m = 0,1 * 6 * 0,06 / 10 = 0,036 \text{ kg} = 3,6 \text{ g}.$$

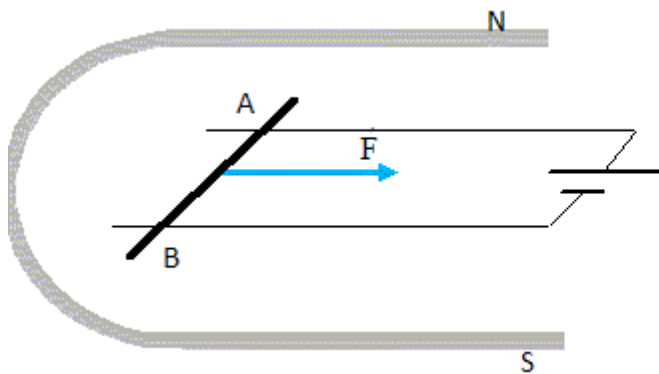
On permute les branchements du générateur. Les frottements seront négligés. Le champ magnétique existe seulement initialement au repos.

On note $m = 8 \text{ g}$ la masse de la tige ; I l'intensité du courant ; B la valeur du champ magnétique.

Quelle est la nature du mouvement de la tige AB ?

La tige est soumise à son poids, à l'action des rails : ces forces verticales, de sens contraire, se neutralisent.

La tige, traversée par un courant I , placée dans un champ magnétique, est soumise à une force de Laplace notée F .



$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow B I AB = m a \rightarrow a = \frac{B I AB}{m}$$

L'accélération est constante : le mouvement est uniformément accéléré.

$$\text{Vitesse } v = a t = B I AB t / m.$$

$$\text{Position sur un axe horizontal orienté vers la droite : } x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} B I AB / m t^2.$$

Vitesse atteint après avoir parcouru la distance $d = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$:

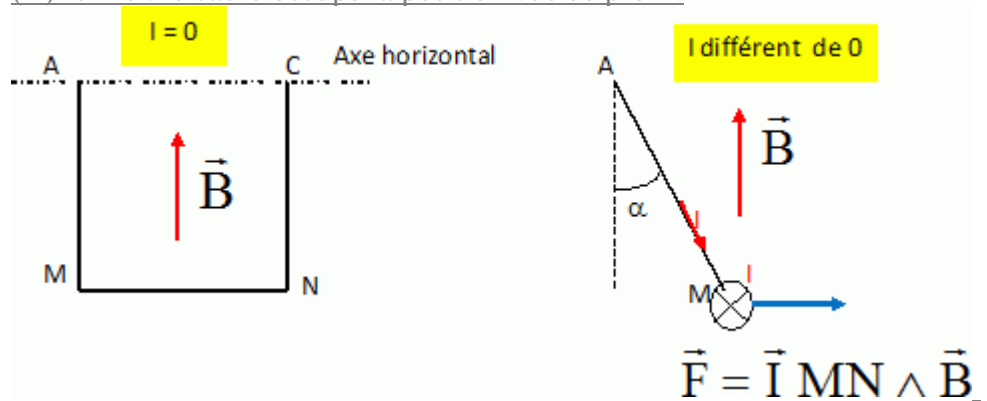
$$t = v / a ; d = \frac{1}{2} a v^2 / a^2 = \frac{1}{2} v^2 / a ; v^2 = 2 a d ; v = (2 a d)^{1/2}.$$

A.N. : $a = 0,1 * 6 * 0,06 / 0,008 = 0,45 \text{ m s}^{-2}$; $v = (2 * 0,45 * 0,04)^{1/2} = 0,189 \sim 0,19 \text{ m/s}$.

Au delà de cette distance $d = 0,04 \text{ m}$, le conducteur n'est plus soumis qu'à son poids et à l'action des rails : ces actions se neutralisent. D'après le principe d'inertie, le mouvement est rectiligne uniforme à la vitesse $v = 0,19 \text{ m/s}$.

La tige parcourt $10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ en $0,1 / 0,189 = 0,53 \text{ s}$.

Un conducteur (AMNC) est constitué de trois parties rectilignes de même section formant trois cotés d'un carré pouvant tourner sans frottement autour d'un axe. Les deux extrémités sont reliées à un dipôle comprenant un générateur de tension et un ampèremètre (A) et un interrupteur (K). Le cadre baigne dans un champ magnétique uniforme \vec{B} (K) ouvert : le cadre occupe une position d'équilibre stable et verticale contenant l'axe (K) fermé : le cadre occupe la position vue de profil.



Les côtés AM et CN, parallèles au champ magnétique ne sont pas soumis aux forces de Laplace.
 Le côté MN, perpendiculaire au champ magnétique est soumis à une force de Laplace $\vec{F} = I \vec{MN} \wedge \vec{B}$.
 On donne $I = 1,0 \text{ A}$; $MN = L = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$; $B = 0,20 \text{ T}$; $g = 10 \text{ N / kg}$; $m = 0,060 \text{ kg}$.

La tige MN est en équilibre sous l'action de son poids, de la force de Laplace et de la réaction \vec{R} de l'axe.
 $\tan \alpha = \frac{F}{mg} = \frac{ILB}{mg}$; $\alpha = 21,8 \sim 22^\circ$.

