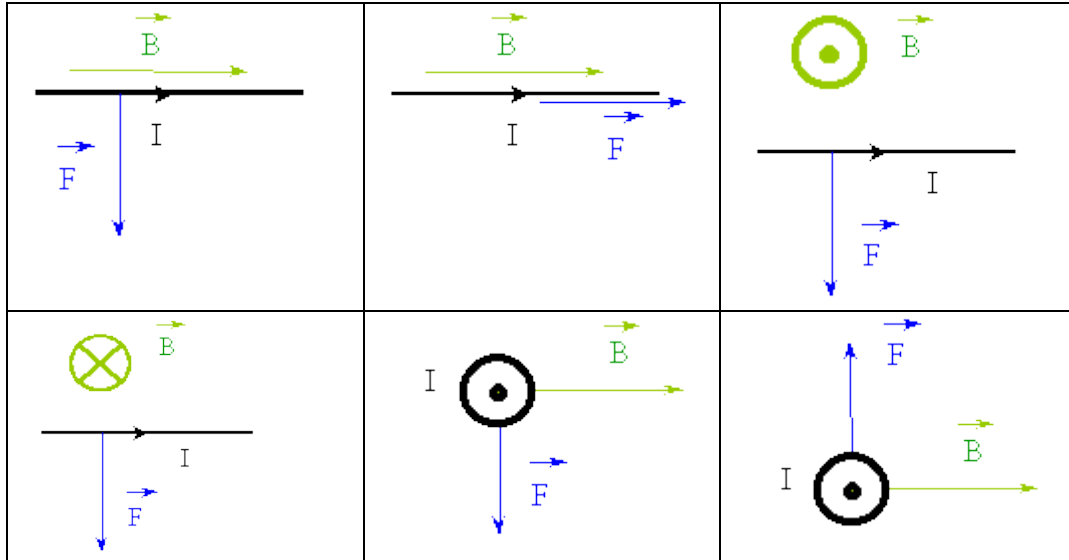
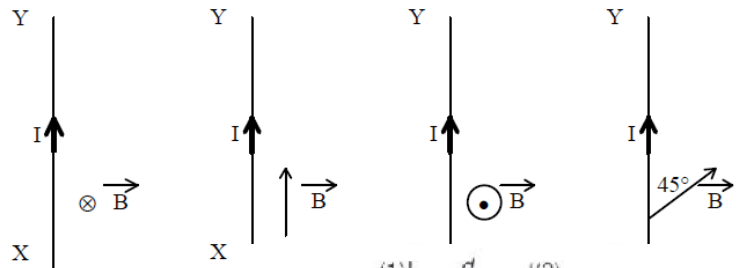


# Forces de Laplace

## 1. Sélectionner les orientations correctes

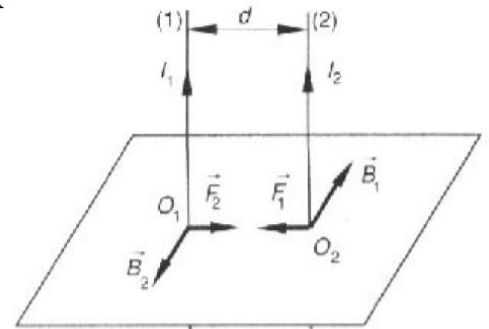


**2. Calcul de forces de Laplace\*** Un conducteur XY, parcouru par un courant d'intensité I est placé dans un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme. Dans chacun des cas ci-contre, représenter la force électromagnétique qui s'exerce sur le conducteur et calculer l'intensité de cette force. Données :  $I = 1,0 \text{ A}$ ;  $XY = 10 \text{ cm}$ ;  $B = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ .



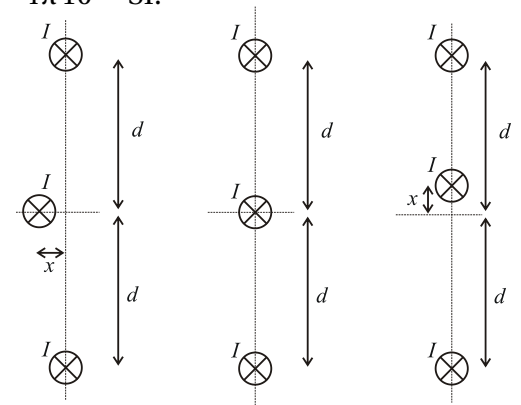
**3. Définition légale de l'ampère\*** Soient deux fils rectilignes parcourus chacun par un courant I. Chacun crée un champ magnétique en tout point de l'autre. Chaque portion de fil est ainsi soumise à une force de Laplace, les fils s'attirent quand ils sont parcourus par des courants de même sens les fils se repoussent lorsqu'ils sont parcourus par des courants de sens contraire

« L'ampère est l'intensité de courant passant dans deux fils parallèles, situés à 1 mètre l'un de l'autre, et produisant une attraction réciproque de  $2 \cdot 10^{-7}$  newton par unité de longueur de fil. » Montrez que cette définition est en accord avec l'expression du champ magnétique créé par un fil suffisamment long à une distance r du fil :  $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ . On donne  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ SI}$ .

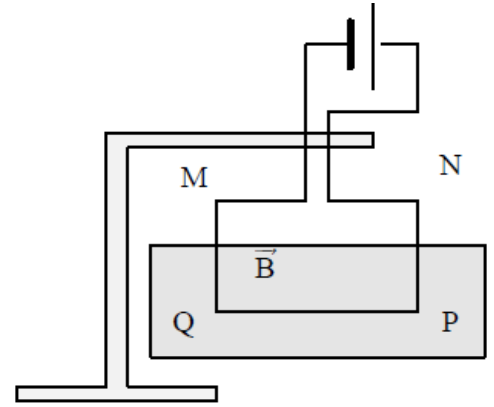


**4. Déplacement d'un fil dans le champ de deux autres\*** On considère trois fils rectilignes coplanaires infinis distants de d et tous les trois parcourus par une intensité I. Le rayon des fils sera considéré comme négligeable devant les distances considérées.

1. Si le fil central est globalement déplacé d'une petite distance  $x \ll d$  dans le plan des fils, décrire alors son mouvement. Que se passe-t-il si le sens du courant est inversé dans le fil?
2. Même question s'il est déplacé dans le plan perpendiculaire.

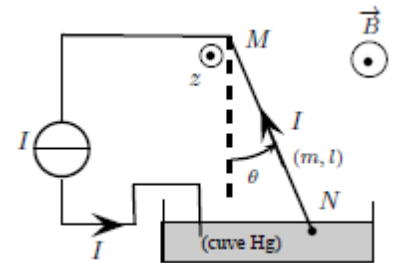


**5. Cadre dans un champ magnétique\*** Un cadre vertical carré MNPQ, de côté  $a = 10 \text{ cm}$ , est constitué d'un enroulement comportant  $N = 1000$  spires. Sa moitié inférieure est plongée dans un champ magnétique uniforme  $B$  d'intensité  $0,4 \text{ T}$  perpendiculaire au plan du cadre. Ce cadre est parcouru par un courant d'intensité constante  $I = 2 \text{ A}$  délivré par un générateur de f.e.m.  $E = 12 \text{ V}$  et de résistance interne  $r = 2 \Omega$ .



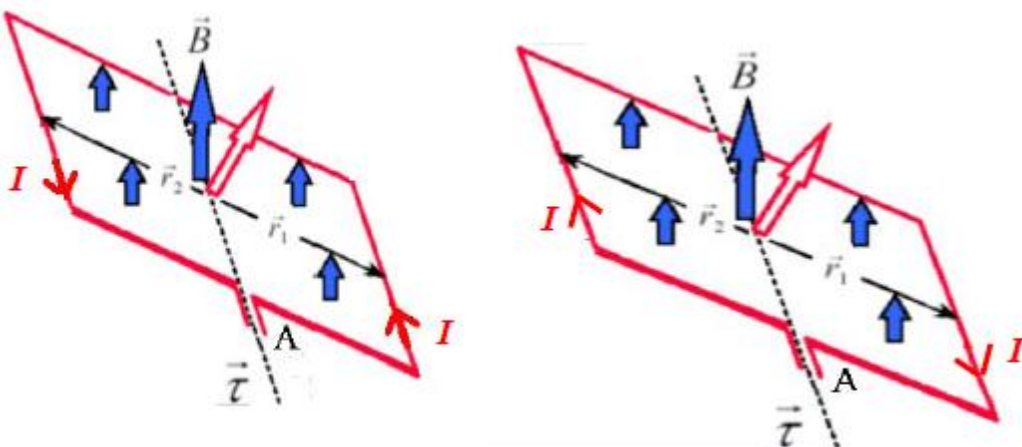
1. Quel doit être le sens de  $B$  afin que le côté PQ du cadre soit soumis à une force dirigée vers le bas? Expliquer.
2. Pour chaque côté du cadre exprimer, calculer, puis représenter à l'échelle la force électromagnétique qui s'y exerce.
3. Le cadre se comporte comme un conducteur ohmique de résistance  $R$ . Faire un schéma du circuit électrique équivalent, puis calculer  $R$ .

**6. Déplacement pendulaire d'une barre\*** Une tige conductrice homogène de masse  $m$  et de longueur  $\ell$  peut tourner parfaitement dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal  $[Mz]$  passant par son extrémité  $M$ . Son extrémité mobile  $N$  affleure dans une cuve à mercure, ce qui permet le passage d'un courant stationnaire  $I$  engendré par un générateur dont les bornes sont reliées en  $M$  pour l'une et à la cuve de mercure pour l'autre.

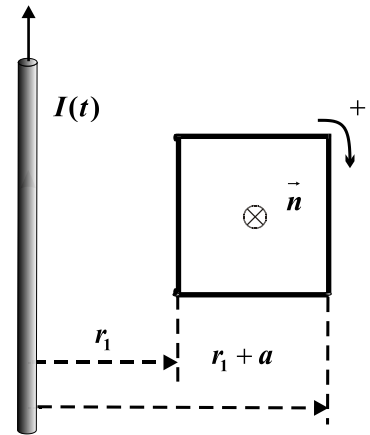


On applique un champ magnétique  $\vec{B}$  perpendiculaire au plan vertical et on appelle l'angle formé par la tige et la verticale du lieu. Déterminer la position angulaire de repos de la tige en fonction des données du problème.

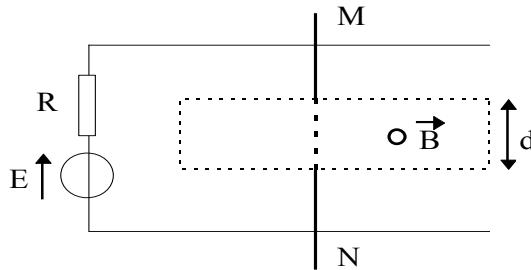
**7. Force sur un cadre de courant\*** Un cadre mobile autour d'un axe est placé dans un champ magnétique vertical uniforme  $\vec{B}$  et est parcouru par un courant continu d'intensité  $I$ . Des forces de Laplace créent un couple qui provoque la rotation du cadre. Dessiner les forces de Laplace dans les divers cas ci-dessous.



**8. Force induite par un fil sur un cadre\*** On considère un cadre conducteur ABCD (de longueur  $b$  et de largeur  $a$ ) et un fil rectiligne situé dans le plan du cadre parcouru par un courant d'intensité  $I$ . Le cadre reste dans le plan du fil. Déterminer la résultante des forces de Laplace s'exerçant sur le cadre durant cette expérience si celui-ci est parcouru par un courant d'intensité  $i < 0$ . Rappel :  $\vec{B}_{\text{fil}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_\theta$



**9. Rail de Laplace\*** Considérons deux conducteurs parallèles formant un «rail de Laplace» sur lequel peut se déplacer une barre mobile conductrice MN selon le schéma ci-dessous (vue de dessus). Le générateur a une f.é.m  $E = 5 \text{ V}$  et une résistance interne  $R = 5 \Omega$ , la barre MN de longueur totale  $L = 0,12 \text{ m}$  a une résistance négligeable; elle crée un court-circuit en refermant le circuit entre les deux rails.

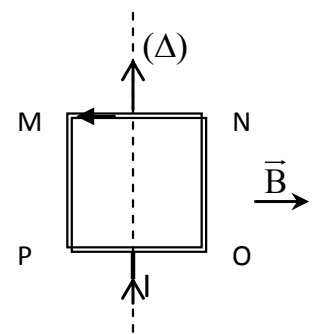


On place MN dans l'entrefer d'un aimant en U (de largeur  $d = 4 \text{ cm}$ ) où règne un champ magnétique uniforme de norme  $B = 0,1 \text{ T}$ .

1. Expliquer (et justifier à l'aide de quelques mots et d'éventuellement un schéma) comment on doit placer l'aimant en U pour obtenir le champ magnétique tel qu'il est représenté sur la figure par le vecteur  $\vec{B}$ , c'est à dire perpendiculaire au plan du schéma (ou des rails) et dirigé vers le haut.
2. Déterminer le sens et l'intensité du courant dans le circuit.
3. Déterminer en direction, sens et grandeur la force de Laplace agissant sur la barre MN. (aidez-vous d'un schéma représentant les vecteurs significatifs)

**10. Cadre pour ampèremètre à aiguille\*\*\*** Un groupe d'élèves s'est proposé de réaliser un cadre pour ampèremètre à aiguille, de forme carrée de côté  $a$  et constitué d'un enroulement de  $n$  spires de fil de cuivre couvert d'une résine isolante.

Le cadre, mobile autour d'un axe fixe  $(\Delta)$ , est muni d'un ressort spirale qui tend à le ramener à sa position d'équilibre stable à chaque fois qu'il en est écarté. Ce cadre est placé dans un champ magnétique uniforme, de direction normale à  $(\Delta)$ , caractérisé par un vecteur champ  $\vec{B}$  perpendiculaire à deux côtés du cadre, comme l'indique la figure.



Lorsque les spires sont parcourues chacune par un courant électrique d'intensité  $I$ , le cadre tourne autour de l'axe  $(\Delta)$  et subit ainsi deux moments de forces antagonistes; le moment des forces de Laplace et le moment de torsion exercé par le ressort spirale solidaire à l'axe  $(\Delta)$ .

1. (a) Donner les caractéristiques de chacune des forces de Laplace ayant un effet de rotation sur le cadre, lorsque le courant électrique circule de M vers P.  
 (b) Établir l'expression qui relie la valeur commune de ces forces à  $I, a, n$  et  $\|\vec{B}\|$ .
2. Lorsque le cadre est tourné d'un angle  $\alpha$  par rapport à sa position d'équilibre, le ressort exerce un moment de rappel  $\Gamma$  tel que  $\Gamma = -C\alpha$  où  $C$  est la constante de torsion du ressort.

- (a) Écrire, lorsqu'on fait passer un courant électrique  $I$  à travers l'ampèremètre, la relation que vérifie le moment des forces de Laplace et le moment de torsion subis par le cadre à l'équilibre.
- (b) Exprimer l'angle  $\alpha$  de rotation du cadre en fonction de  $I$ .
- (c) Le cadre utilisé a pour côté  $a = 1$  cm et comporte  $n = 628$  spires, l'intensité du champ magnétique  $\vec{B}$  vaut  $10^{-4}$  T et le ressort spirale a pour constante de torsion  $C = 3.10^{-12}$  N.m.rad $^{-1}$ . Pour quelle valeur de  $I$  la rotation du cadre est-elle de  $\pi/3$  rad

**11. Mesure de moment magnétique par oscillation**\*\*\* Une aiguille aimantée associée à une source de champ magnétique comme les bobines de Helmholtz (deux bobines de même axe distantes du rayon commun) peut servir à la réalisation d'un oscillateur magnétique. L'aiguille aimantée est modélisée par un dipôle magnétique de moment  $\vec{\mathcal{M}}$  parallèle à l'aiguille. On place ce dipôle dans un champ magnétique  $\vec{B}$  horizontal, uniforme et constant (créé par les bobines de Helmholtz). L'aiguille est susceptible de tourner autour d'un axe vertical passant par son centre, son moment d'inertie par rapport à cet axe sera noté  $J$ .

1. Équation différentielle des oscillations.

- (a) Rappeler la définition du moment magnétique d'un circuit électrique supposé plan et placer  $\vec{\mathcal{M}}$  sur un schéma.
- (b) Établir l'équation différentielle que vérifie l'angle  $\theta$  entre l'aiguille et sa position d'équilibre dans le cas des petits angles.
- (c) Pourquoi peut-on dès ce stade affirmer que l'intensité  $i$  parcourant les bobines de Helmholtz est un paramètre caractéristique de la période propre de cet oscillateur?

2. Le dipôle magnétique est placé au centre O du dispositif des bobines de Helmholtz. Chaque bobine de rayon  $r$  comporte  $N$  spires.

- (a) On donne l'expression du champ magnétique créé par une spire de rayon  $R$  en un point situé à une distance  $d$  sur son axe ( $Oz$ ) de révolution :

$$B_z = \frac{\mu_0 i}{2R} \frac{R^3}{(R^2 + d^2)^{3/2}}$$

En déduire la valeur de  $\vec{B}$  en O en fonction de  $N$ ,  $R$ ,  $\mu_0$  et de l'intensité  $i$  du courant dans les bobines.

- (b) On donne  $N = 95$ ,  $R = 0,065$  m,  $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$  SI et  $i = 4$  mA. Peut-on négliger la composante horizontale du champ magnétique terrestre de valeur  $B_{\text{TERR}} = 2.10^{-5}$  T devant  $B$ ?
- (c) On mesure la période des oscillations  $T_0 = 0,75$  s. Que vaut le moment magnétique de l'aiguille aimantée? On considèrera une aiguille aimantée de longueur totale  $\ell = 1$  cm et de masse  $m = 10$  g pour estimer le moment d'inertie nécessaire pour l'AN.

