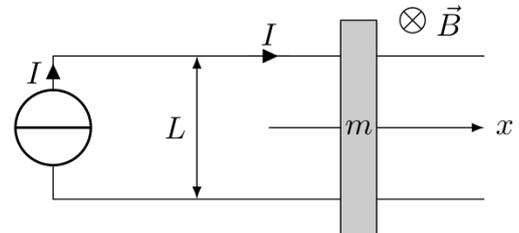


12

Force et couple de Laplace

Exercice 1 - Rails de Laplace

On considère l'expérience des rails de Laplace dans laquelle une barre rectiligne cylindrique parcourue par un courant I est plongée dans un champ magnétique \vec{B} homogène.



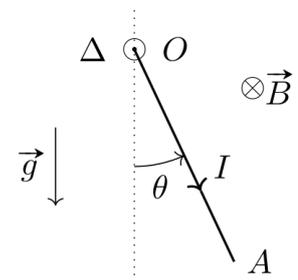
| ••

- Déterminer la force \vec{F} subie par la barre.
- On fait l'hypothèse simpliste que la barre a une masse m et glisse sans frottement sur les rails. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer sa vitesse en fonction de sa position x (on suppose qu'elle part de $x = 0$ sans vitesse initiale).
- On remarque donc que l'énergie mécanique de la barre augmente avec le temps. D'où provient cette énergie supplémentaire.
- Déterminer la tension aux bornes de la barre en fonction de sa position x .

Exercice 2 - Équilibre d'une barre

Une tige conductrice OA , homogène de masse $m = 100\text{ g}$ et de longueur $\ell = 10\text{ cm}$ est mobile en rotation autour d'un axe horizontal Δ passant par son extrémité O .

Un dispositif, non représenté sur la figure, permet de faire circuler un courant stationnaire d'intensité $I = 1\text{ A}$ dans la tige qui est de plus soumise à l'action d'un champ magnétique uniforme \vec{B} de norme $0,1\text{ T}$, parallèle à Δ . On négligera les frottements de l'air. On note $\theta(t)$ l'angle entre la verticale et la direction de la tige. On note G le centre de gravité de la tige situé en son milieu



| •••

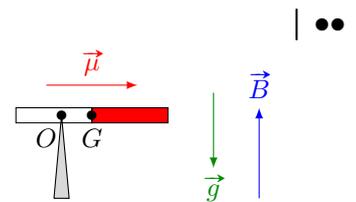
- Quel est le système de coordonnées le mieux adapté à l'étude de ce problème? Représenter ses axes sur le schéma.
- Déterminer dans ce repère la force de Laplace subie par la barre.
- On suppose que la force de Laplace est équivalente à une force unique s'appliquant au centre de la barre. La barre de masse m est également soumise à son poids qui s'applique également au centre de la barre. Dessiner sur le schéma l'ensemble des forces appliquées à la barre.
- Déterminer l'expression du moment du poids par rapport à l'axe Δ .
- Montrer que le moment de la force de Laplace par rapport à l'axe Δ vaut $\mathcal{M}_{L,\Delta} = I\frac{\ell^2}{2}B$.
- Déterminer l'angle θ d'équilibre en fonction de m , g , B et I et ℓ .
- On note J le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe Δ . Montrer que l'angle $\theta(t)$ vérifie l'équation différentielle :

$$\ddot{\theta}(t) + \frac{mg\ell}{2J} \sin \theta(t) = \frac{\ell^2 IB}{2J}$$

- En supposant que le mouvement est de faible amplitude, donner la période d'oscillation.
- Expliquer qualitativement ce qu'il se passe lorsque l'angle d'équilibre est tel que le bas de la barre sort du bain de mercure.

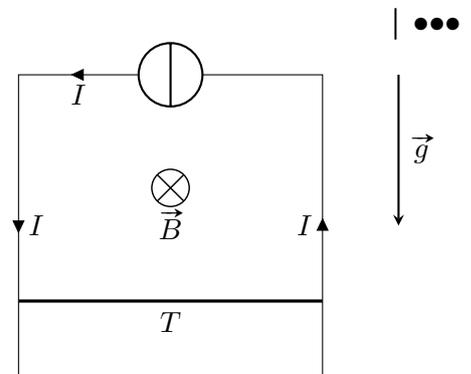
Exercice 3 - Equilibre d'un aimant

Un aimant très fin, de moment magnétique $\vec{\mu}$ et de masse m , repose en équilibre au sommet O d'une pointe. Il est soumis à un champ magnétique uniforme \vec{B} et à la gravité. Évaluer la distance $d = OG$ pour que l'aimant reste en équilibre.



Exercice 4 - Rails de Laplace verticaux

On considère des rails de Laplace disposés verticalement. Le champ magnétique \vec{B} est alors horizontal ainsi que la tige T , de masse $m = 2 \times 10^{-2}$ kg et de longueur $d = 4$ cm. T peut glisser sans que ses extrémités ne quittent le constant des rails (un guidage est prévu). A l'extrémité des rails de Laplace, on place une source de courant d'intensité I constante.



1. On désire maintenir la tige en équilibre. Quelles sont les actions mécaniques à prendre en compte ? Le sens de circulation du courant est-il différent pour obtenir cet équilibre ?
2. Quelle valeur d'intensité doit-on choisir pour assurer l'équilibre de T ? On notera $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ l'accélération de la pesanteur, le champ magnétique est d'intensité $B = 0,25$ T.
3. Un tel équilibre est-il stable ? Quelle difficulté expérimentale rencontre-t-on ?
4. Le champ magnétique n'a plus une intensité B uniforme : elle varie avec l'altitude. Reprendre la discussion de la stabilité.

Exercice 5 - Problème

Estimer l'intensité du courant qu'il faudrait faire passer dans un conducteur pour effectuer l'expérience des rails de Laplace avec le champ magnétique terrestre.