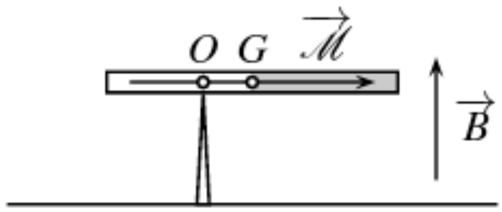
Actions d'un champ magnétique

Exercice n°1 (★)

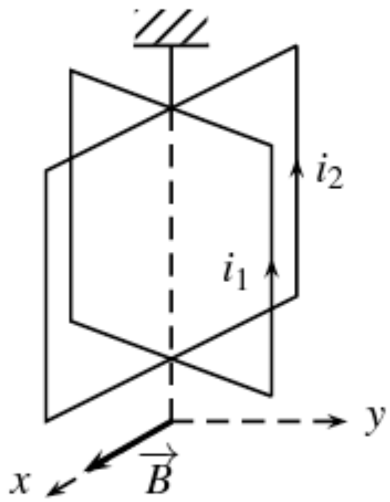
Un aimant très fin, de moment magnétique $\vec{\mathcal{M}}$, de masse m, repose en équilibre sur une pointe en O. Il est soumis à l'action d'un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ et à la gravité, de direction opposée au champ magnétique.

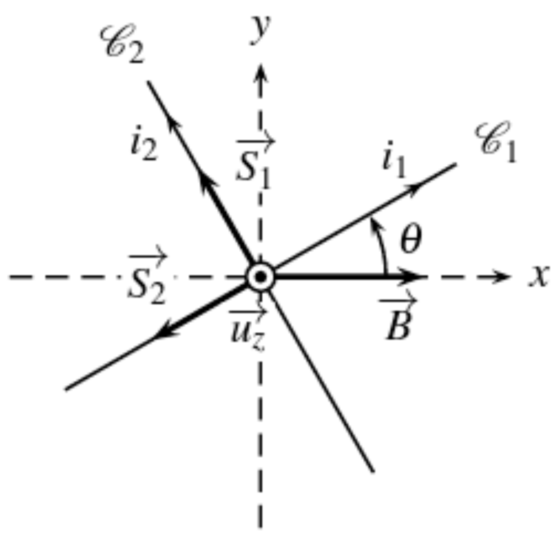


Évaluer la distance $d = OG$ pour que l'aimant reste en équilibre horizontal.

Exercice n°2 (★)

Deux cadres rectangulaires $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ identiques et solidaires, de surface S, dont les plans forment un angle droit, sont suspendus au bout d'un fil attaché au bâti qui constitue l'axe (Oz). Ils sont mobiles en rotation autour de l'axe (Oz). Les cadres sont parcourus par des courants d'intensités constantes i_1 et i_2. Il n'y a aucun contact électrique entre les cadres ; leurs courants ne se mélangent pas.
Ils sont placés dans un champ magnétique uniforme et constant $\vec{B} = B\vec{u_x}$ horizontal.





Établir l'expression du rapport $\frac{i_1}{i_2}$ en fonction de l'angle θ, angle du plan du cadre parcouru par le courant i_1 et le plan (xOy).

Exercice n°3 (★ ★)

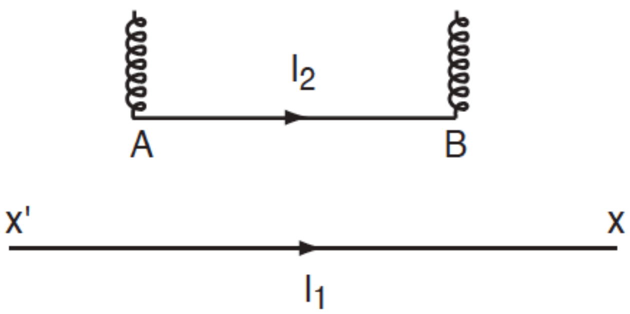
Une tige homogène rigide OA de masse m et de longueur l est fixée à une extrémité O. En O une liaison pivot parfaite autorise le mouvement autour d'un axe horizontal (Δ). La tige est parcourue par un courant d'intensité I dans le sens AO. On applique dans l'espace occupé par la tige un champ magnétique colinéaire à l'axe (Δ). On admettra que la force de Laplace peut se calculer à l'aide de la résultante établie dans le cours et appliquée centre d'inertie de la tige. On donne :

$$J_{(\Delta)} = \frac{ml^2}{3}$$

1. Déterminer les positions d'équilibre de la tige. Existent-elles toujours ? On admettra (et on pourra vérifier) que, lorsqu'elles existent, la position la plus basse est stable et l'autre non.
2. On écarte la tige de la position d'équilibre stable d'un petit angle α_0 et on l'abandonne sans vitesse initiale. Établir l'équation différentielle du mouvement de la tige et l'équation horaire du système.

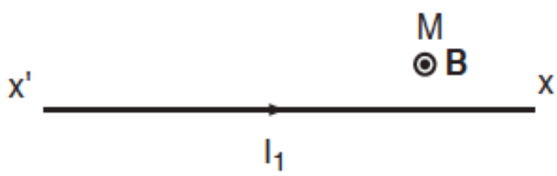
Exercice n°4 (★ ★ ★)

Un fil de cuivre AB, de longueur $l = 20\ cm$ et de masse $m = 100\ g$, est suspendu à deux ressorts identiques de masses négligeables. En l'absence de courant, le fil AB et le fil infini $x'Ox$ sont tous deux horizontaux, dans un même plan vertical, et à la distance $h = 10\ cm$ l'un de l'autre.



On fait passer un courant $I_1 = 50\ A$ dans $x'Ox$. Ce dernier crée alors en un point M, distant de r de $x'Ox$ un champ magnétique :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}\overrightarrow{u_\theta}$$



De même, on fait passer un courant $I_2 = 20\ A$ dans AB. On observe alors qu'il y a un nouvel équilibre dans lequel AB s'est rapproché de $y' = 1\ cm$ exactement.

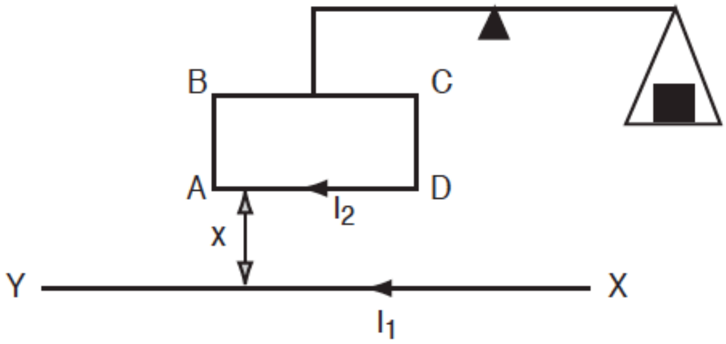
1. Déterminer l'expression de l'allongement Δl_0 des deux ressorts lorsqu'aucun courant ne traverse le système.

2. Calculer la constante k de chaque ressort.
3. Montrer qu'il y a en fait deux positions d'équilibre, et déterminer la seconde. A quelle condition doit satisfaire la constante k pour qu'un équilibre soit possible ?

Donnée : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\, SI$

Exercice n°5 (★ ★ ★)

Pour déterminer le nombre de spires d'un cadre $ABCD$, on le suspend à l'une des extrémités du fléau d'une balance dont on supposera les bras égaux, au-dessus d'un conducteur rectiligne infini XY, parcouru par un courant I_1, et placé comme l'indique la figure à la distance x du côté DA. $ABCD$ et XY sont coplanaires (appartiennent au même plan), AD et BC étant parallèles à XY.



On pose :

$$AD = BC = 2a = 7\ cm\ ;\ AB = CD = 2b = 3\ cm\ ;\ x = 1\ cm$$

En l'absence de courant dans XY et $ABCD$, on réalise l'équilibre de la balance. En présence d'un courant $I_1 = 210\ A$ dans XY et $I_2 = 0{,}5\ mA$ dans le cadre, l'équilibre est rompu. On le rétablit grâce à une surcharge $\Delta m = 4{,}5\ mg$ placée dans le plateau.

Le champ magnétique créé par le fil infini XY est orthoradial (suivant $\overrightarrow{u_\theta}$) et a pour expression en un point M distant de r :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}\overrightarrow{u_\theta}$$

1. Exprimer la force s'exerçant sur le cadre. Comment l'équilibre est-il rompu ?
2. Donner la relation entre Δm, g, I_1, N, I_2, x, a et b.
3. Déduire l'expression du nombre de spires N du cadre. Calculer N.

Donnée : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\, SI$