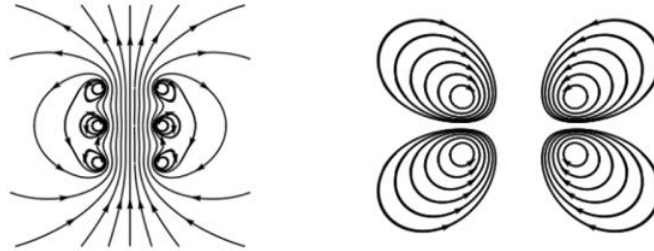


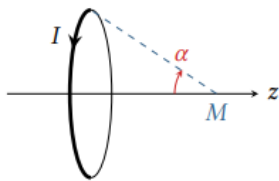
Cartes de champ magnétique

□ **Exercice 28.1. Cartes de champ ★ (Analyser une carte de champ)**

Dans les cartes de champ magnétique suivantes, où le champ est-il le plus intense ? Où sont placées les sources ? Le courant (d'intensité positive) sort-il ou rentre-t-il du plan de la figure ? Où sont les zones de champ uniforme ?



□ **Exercice 28.2. Champ sur l'axe d'un dipôle magnétique ★★ (Symétries, moment magnétique)**



Le champ créé par une spire circulaire de rayon R parcourue par un courant d'intensité I peut se calculer analytiquement. En un point M de cote z appartenant à l'axe de la spire,

$$\|\vec{B}(M)\| = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \alpha .$$

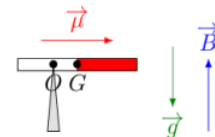
où α est l'angle sous lequel la spire est vue depuis le point M .

- 1 - Déterminer la direction de $\vec{B}(M)$, et l'exprimer en fonction de z et R sans faire intervenir α .
- 2 - Exprimer le moment magnétique \vec{m} de la spire.
- 3 - Montrer que lorsque le point M est très éloigné de la spire ($z \gg R$), le champ sur l'axe s'exprime uniquement en fonction du moment magnétique \vec{m} et de z .

Action d'un champ magnétostatique uniforme

□ **Exercice 28.3. Equilibre d'un aimant ★ (Moment magnétique, couple magnétique)**

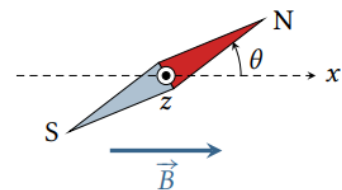
Un aimant très fin, de moment magnétique $\vec{\mu}$ et de masse m , repose en équilibre au sommet O d'une pointe. Il est soumis à un champ magnétique uniforme \vec{B} et à la gravité.



1. Exprimer les moments des actions mécaniques s'exerçant sur l'aimant.
2. Évaluer la distance $d = OG$ pour que l'aimant reste en équilibre.

□ **Exercice 28.4. Mouvement d'un aimant dans un champ magnétique uniforme ★★ (Solide en rotation autour d'un axe fixe, couple magnétique, énergie potentielle magnétique)**

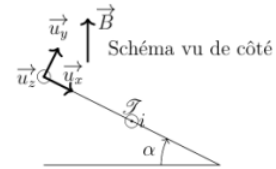
Considérons un aimant de moment magnétique $\vec{\mu}$ et de moment d'inertie J par rapport à l'axe (Oz) en liaison pivot autour d'un axe (Oz) vertical passant par son centre de masse. Cet aimant est placé dans un champ magnétique extérieur $\vec{B} = B\vec{e}_x$ uniforme.



1. Exprimer le couple magnétique, en déduire la nature du mouvement.
2. Etudier les positions d'équilibres et leurs stabilités
3. Établir l'équation différentielle du mouvement. Quel autre système étudié en classe prépa est décrit par une équation de la même forme ?
4. Établir l'expression de l'énergie potentielle magnétique $E_{p,mag}$ en utilisant l'intégrale première du mouvement.

□ Exercice 28.5. Rails de Laplace en pente ★★ (Force de Laplace, puissance)

On considère des rails de Laplace inclinés par rapport au plan horizontal d'un angle α . Une tige posée sur les deux rails perpendiculairement aux rails se translate sans frottement. Le champ magnétique est constant et uniforme, vertical, dirigé vers le haut. Données : $B = 150\text{mT}$, $m = 8,0\text{ g}$, $\ell = 12\text{ cm}$ (masse et longueur de la tige mobile), $\alpha = 30^\circ$; $g = 9,8\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.



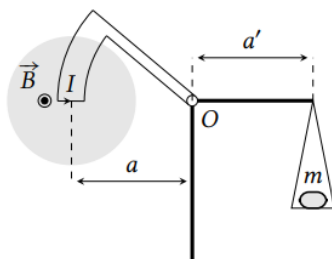
1. Effectuer le bilan des actions mécaniques qui s'exercent sur la tige. Exprimer la force de Laplace dans la base cartésienne.
2. Quel doit être le signe de i pour que la tige puisse monter ?
3. Exprimer puis calculer la valeur de i pour que la tige monte à vitesse constante s'il a une vitesse initiale ou soit à l'équilibre s'il n'a pas de vitesse initiale.
4. Calculer la puissance des forces de Laplace sur la tige s'il met $0,5\text{ s}$ pour augmenter son altitude de 10 cm .

□ Exercice 28.6. Moteur synchrone ★ (Champ magnétique tournant)

Considérons un modèle simple de moteur synchrone. Le rotor, de moment magnétique $\vec{\mu}$, tourne avec la même vitesse angulaire ω constante que le champ magnétique \vec{B} qui l'entraîne. On néglige tout frottement interne au moteur. On s'intéresse à l'angle interne du moteur θ orienté de $\vec{\mu}$ vers \vec{B} et au couple \vec{M} exercé par le champ sur le moment magnétique. On prendra $B = 0,2\text{ T}$, $m = 8\text{ A} \cdot \text{m}^2$ et une fréquence de rotation de 50 tours par seconde.

- 1 - Proposer un dispositif simple permettant de réaliser le champ magnétique tournant.
- 2 - Que vaut θ si le moteur fonctionne à vide ?
- 3 - Le moteur doit entraîner une charge mécanique qui exerce un couple résistant $M_r = 0,65\text{ N} \cdot \text{m}$. Calculer l'angle interne et la puissance mécanique fournie par le moteur. D'où provient cette puissance ?
- 4 - La vitesse de rotation dépend-elle de la charge ? Quel est le couple maximal que peut fournir ce moteur ?

□ Exercice 28.7. Balance de Cotton ★★ (Force de Laplace, moment cinétique)



La balance de Cotton est un dispositif ancien, développé au tout début du XX^e siècle par Aimé Cotton pour mesurer avec précision des champs magnétiques. Elle est constituée de deux bras rigidement liés l'un à l'autre en O . La partie de gauche comprend sur sa périphérie un conducteur métallique qui est parcouru par un courant et dont une partie est placée dans le champ magnétique uniforme et permanent à mesurer, représenté par la zone grisée. Dans cette partie, les conducteurs aller et retour sont des arcs de cercle de centre O , reliés par une portion horizontale de longueur L . La partie droite comporte un plateau sur lequel est déposée une masse m afin d'équilibrer la balance.

La balance peut tourner sans frottement dans le plan de la figure autour du point O . À vide, c'est-à-dire sans champ magnétique ni masse m , la position du plateau est ajustée afin que la balance soit à l'équilibre avec le bras de droite parfaitement horizontal.

- 1 - Montrer que le moment en O des forces de Laplace s'exerçant sur les parties en arc de cercle est nul.
- 2 - À l'équilibre, en présence de courant et de champ magnétique, établir l'expression du moment en O des forces de Laplace.
- 3 - En déduire la relation entre la masse m à poser sur le plateau pour retrouver la configuration d'équilibre et le champ magnétique B , à exprimer en fonction de a , a' , ℓ , I et de l'intensité de la pesanteur g .
- 4 - La sensibilité de la balance étant de $\delta m = 0,05\text{ g}$, en déduire la plus petite valeur de B mesurable pour $a = a' = 25\text{ cm}$, $L = 5\text{ cm}$ et $I = 5\text{ A}$. En comparant cette valeur avec une ou des références connues, conclure quant à l'utilisabilité de la balance.