



Capacités exigibles :

- Établir et connaître l'expression de la résultante des forces de Laplace dans le cas d'une barre conductrice placée dans un champ B extérieur uniforme et permanent \bullet .
- Établir et connaître l'expression du moment du couple subi en fonction du champ magnétique extérieur et du moment magnétique de la spire rectangulaire \boxtimes .
- Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan \square .
- Décrire, mettre en œuvre, interpréter des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday \boxtimes .

Exercice 1 Petites oscillations d'un aimant $\boxtimes\boxtimes$

Un aimant homogène, de moment magnétique \mathcal{M} , de moment d'inertie J par rapport à son centre de gravité G , est libre de tourner autour de G dans un plan horizontal. Il est soumis à l'action d'un champ magnétique \vec{B} uniforme.

1. L'aimant est légèrement tourné par rapport à sa position d'équilibre, tout en restant dans le plan horizontal, puis lâché. Quelle est la période des petites oscillations ultérieures ?

Afin d'en déduire la valeur du champ magnétique \vec{B} , sans connaître ni le moment d'inertie, ni le moment magnétique de l'aimant, on ajoute au champ \vec{B} , un champ magnétique \vec{B}' créé par une bobine longue. On place d'abord la bobine telle que \vec{B}' et \vec{B} soient parallèle et de même sens et on mesure la période τ_1 des petites oscillations de l'aimant. On change ensuite le sens du courant dans la bobine et on mesure la nouvelle valeur τ_2 de la période des petites oscillations.

2. En déduire B en fonction de B' du champ créé par la bobine et du rapport $\frac{\tau_1}{\tau_2}$ sachant que $B < B'$.

Exercice 2 Rails de Laplace en pente $\bullet\boxtimes\boxtimes\boxtimes$

On considère des rails de Laplace vu dans le cours, mais au lieu d'être horizontaux, ils font un angle α avec l'horizontale. Le champ magnétique est constant et uniforme, vertical dirigé vers le haut. On prendra $B = 150 \text{ mT}$, $m = 8,0 \text{ g}$, $\ell = 12 \text{ cm}$ (masse et longueur du barreau mobile), $\alpha = 30^\circ$ et $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$. On néglige les frottements.

1. Faire un schéma en précisant le sens du courant pour que la force permette au barreau mobile de monter le long des rails.
2. Calculer la valeur de i pour que le barreau monte à vitesse constante.
3. Calculer la puissance des forces de Laplace sur le barreau s'il met $0,5 \text{ s}$ pour augmenter son altitude de 10 cm .

Exercice 3 Moteur synchrone $\boxtimes\boxtimes\boxtimes$

On considère une modélisation simplifiée pour décrire un moteur synchrone. Le rotor, décrit par un moment magnétique \vec{m} , tourne avec la même vitesse angulaire (constante) ω que le champ magnétique \vec{B} qui l'entraîne. On s'intéresse à l'angle interne du moteur $\theta = (\vec{m}, \vec{B})$ et au couple Γ exercé par le champ sur le moment magnétique. On prendra $B = 0,2 \text{ T}$, $m = 8,0 \text{ A.m}^2$ et $f = 50 \text{ tours/s}$.

1. Donner l'expression de Γ en fonction de θ .
2. Que vaut θ si le moteur fonctionne « à vide » dans l'hypothèse où on néglige tout frottement ?
3. Le moteur doit entraîner un dispositif mécanique (charge) qui exerce un couple résistant $\Gamma_T = 0,65 \text{ N.m}$. Calculer l'angle interne et la puissance fournie par le moteur.
4. La vitesse de rotation dépend-elle de la charge ? Quel est le couple maximal que peut fournir ce moteur ?

Exercice 4 Définition de l'Ampère ◐

« L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 m l'un de l'autre dans le vide, produit entre ces conducteurs une force de $2 \cdot 10^{-7}$ N par mètre de longueur ».

Faire un dessin, expliquer l'origine et le sens de cette force et montrer que cette définition impose la valeur de la constante μ_0 . On rappelle que le champ créé par un fil infini s'écrit $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_\theta$.

Exercice 5 Amortissement électromagnétique ◐✂✂

Une barre métallique de masse m et de longueur ℓ est mobile sans frottements autour d'un axe horizontal Oy et son moment d'inertie vaut $J = \frac{m\ell^2}{3}$. Elle plonge dans du mercure dont l'action mécanique est négligeable. Le circuit complet, alimenté par un générateur de tension constante U possède une résistance R et une inductance négligeable. Il est plongé dans un champ magnétique $\vec{B} = -B\vec{u}_y$, uniforme et stationnaire, avec $B > 0$. On note i le courant circulant dans ce circuit.

1. Faites un schéma du dispositif puis calculez la résultante des forces de Laplace.
2. Calculez le moment total des forces de Laplace par rapport à l'axe Oy et en déduisez le point d'application de la résultante des forces de Laplace.
3. Quelle est la valeur maximale U_M de U telle que le système possède une position d'équilibre ?
4. Pour $U < U_M$, on met en mouvement la barre au voisinage de la position d'équilibre. Expliquez ce qu'il se passe. Quelle est la nature du mouvement.

Exercice 6 Alimentation d'un moteur synchrone en triphasé ✂

Un champ magnétique tournant peut être réalisé avec deux bobines alimentées par des intensités sinusoïdales en quadrature de phase (cf cours). En pratique, les moteurs synchrones de puissance exploitent souvent trois bobines, alimentées par des intensités que l'on peut écrire sous la forme :

$$i_1(t) = i_0 \cos(\omega t) \quad i_2(t) = i_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad i_3(t) = i_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

Chaque bobine est contenue dans un plan vertical, et l'angle entre les axes de deux bobines consécutives vaut $\frac{2\pi}{3}$.

1. Exprimez les deux composantes cartésiennes, B_x et B_y , du champ magnétique résultant au centre du dispositif. Commentez le champ obtenu.
2. On place un dipôle magnétique au centre du dispositif. Dans quel sens peut-il être entraîné en rotation ?

Résolution de problème : Influence du champ terrestre sur un téléphone portable

Un expérimentateur tient son téléphone portable dans sa main. Son bras passe rapidement d'une position horizontale à une position verticale afin d'entrer en communication. On tient compte de la composante horizontale du champ magnétique terrestre, d'environ $2 \cdot 10^{-5}$ T. Évaluez l'ordre de grandeur de la f.é.m induite dans le téléphone lors de son déplacement. Commentez.

Solutions des exercices

¹ Réponses : 1) $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{\mathcal{M}B}}$; 2) $B = B' \frac{1 - (\frac{\tau_1}{\tau_2})^2}{1 + (\frac{\tau_1}{\tau_2})^2}$

² Réponses : 2) $i = \frac{mg \tan \alpha}{\ell B} = 2,5$ A ; 3) $P_L = 18$ mW

³ Réponses : 1) $\vec{\Gamma} = mB \sin \theta \vec{u}_z$; 3) $\theta = 24^\circ$ et $\mathcal{P} = 205$ W ; 4) $\Gamma_{max} = 1,6$ N.m

⁶ Réponses : 1) $B_x = \frac{3}{2} K i_0 \sin \omega t$, $B_y = -\frac{3}{2} K i_0 \cos \omega t$; 2) sens trigo