

Actions d'un champ magnétique

Tester le cours

Définir la force de Laplace	$d\vec{F}_L = I \cdot d\vec{\ell} \wedge \vec{B}$
Résultante des forces de Laplace sur un circuit fermé	$\vec{F}_L = \vec{0}$
Moment des forces de Laplace sur un circuit fermé	$\vec{\Gamma} = \int_C \vec{OP} \wedge i(d\vec{\ell} \wedge \vec{B}) \quad \text{avec } P \in C$
Actions subies par un dipôle magnétique dans un champ magnétique uniforme	<ul style="list-style-type: none"> ◇ la résultante des forces de Laplace appliquées à un dipôle magnétique est nulle : $\vec{F} = 0.$ ◇ le moment des forces (couple) s'exprime en fonction du moment dipolaire magnétique \vec{m} $\vec{\Gamma} = \vec{m} \wedge \vec{B}.$
Energie potentielle d'interaction entre un dipôle magnétique et un champ magnétique uniforme	$E_p = -\vec{m} \cdot \vec{B}$

Tester les Bases

TLB_{MtE} 1 Force de Laplace

Un fil conducteur horizontal transporte un courant électrique de droite à gauche dans un champ magnétique dirigé horizontalement vers l'avant de la feuille. Dans quel sens est dirigé la force de Laplace ?

TLB_{MtE} 2 Force de Laplace

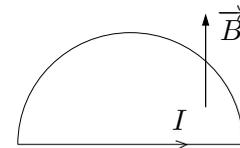
Quelle est l'intensité de la force sur une portion de fil rectiligne de longueur 12 cm parcourue par un courant de 3 A, placée dans un champ magnétique uniforme d'intensité 0,06 T et faisant un angle de 30° avec ce champ ? Comment faudrait-il procéder pour obtenir une force de plus grande norme ?

TLB_{MtE} 3 Fréquences

1. A quelle vitesse doit tourner le dipôle pour que les signaux électriques délivrés soient de fréquence 50 Hz ?
2. Comment peut-on modifier l'aimant pour obtenir la même fréquence avec une vitesse de rotation deux fois plus faible ?

TLB ME 4 Calcul de la force de Laplace

On considère le circuit plan fermé représenté sur la figure ci-contre. Le circuit est constitué d'un fil en forme de demi-cercle de rayon $R = 1 \text{ m}$ et d'un fil rectiligne suivant le diamètre du demi-cercle. Le circuit, parcouru par un courant I , est plongé dans un champ magnétique B uniforme parallèle au plan (P) du circuit et perpendiculaire au diamètre. La norme du champ magnétique vaut $B = 1 \text{ T}$.

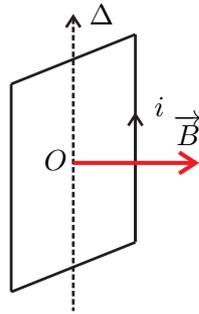


1. Déterminer la force exercée sur le conducteur rectiligne, puis la force exercée sur la portion du circuit en forme de demi-cercle.
2. Pour quelle position, le circuit est-il en équilibre ?

Exercices

Ex 1 Cadre mobile

Une spire rectangulaire de surface S dans laquelle circule un courant i sinusoïdal d'amplitude I_m et de pulsation ω est placée dans un champ magnétique \vec{B} constant et uniforme orthogonal à son axe de rotation.



1. En considérant la spire dans une position quelconque et $i = I_m$ indiquer les sens des forces de Laplace et du couple.
2. Expliquer qualitativement pourquoi si la spire tourne à la vitesse angulaire ω le couple moyen des forces de Laplace sur la spire est non nul.
3. Quelle doit être la position de la spire lorsque $i = I_m$ pour que le couple soit maximal ? Dans quel sens doit-elle tourner ?
4. Dans ce cas, calculer la valeur moyenne du couple des forces de Laplace sur la spire.

Ex 2 Moteur synchrone

On considère un modèle simple pour décrire le 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 $\theta = (\vec{m}, \vec{B})$ et au couple $\vec{\Gamma}$ exercé par le champ sur le moment magnétique.

On prendra $B = 0,2 \text{ T}$, $m = 8 \text{ A m}^2$ et $f = 50 \text{ tr/s}$.

1. Donner l'expression de $\vec{\Gamma}$ 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 une charge qui exerce un couple résistant $C_r = 0,65 \text{ N m}$. 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 ?

Ex 3 Protocole

On désire mesurer l'effet d'un champ magnétique uniforme sur un dipôle magnétique. On suspend une boussole assimilée à un dipôle magnétique de moment \vec{m} à un fil de torsion Δ colinéaire à l'axe de rotation Oz . La boussole est donc mobile dans le plan xOy . On repère par l'angle θ sa position angulaire sachant que $\theta = 0$ correspond à l'absence de torsion du fil (et \vec{m} est dirigé suivant Ox).

Lorsque la boussole s'écarte de cette direction, Δ exerce un couple de rappel proportionnel à l'angle de torsion

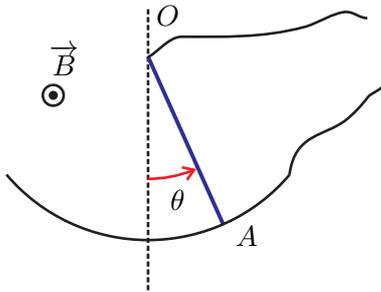
$$\vec{\Gamma}_r = -\alpha\theta\vec{e}_z.$$

1. Un champ magnétique horizontal d'intensité B créé par des bobines de Helmholtz est appliqué. Il fait un angle θ_0 avec l'axe Ox . Etablir une équation vérifiée par l'angle θ .
2. En pratique, la valeur numérique du produit mB est très inférieure à α . Montrer que θ est un petit angle et résoudre l'équation précédente.
3. Comment choisir l'angle θ_0 pour rendre maximale la déviation de la boussole à valeurs de m et B données. Interpréter.
4. On dispose d'un laser et d'un petit miroir solidaire de la boussole. Proposer un mode opératoire permettant de mesurer une valeur très faible de θ .
5. Comment s'affranchir de l'action du champ magnétique terrestre ?

Ex 4 Equilibre d'une tige

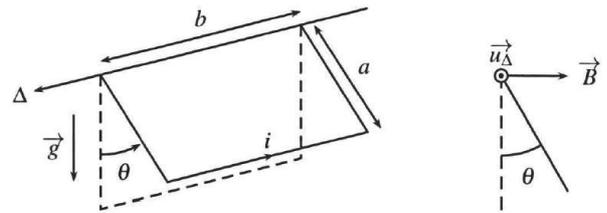
Une tige rectiligne de longueur $\ell = OA$ fixée en O et parcourue par un courant i (il y a contact mobile en A) est plongée dans un champ magnétique $\vec{B} = B\vec{e}_z$.

1. Quel doit être le sens du courant pour que la position d'équilibre corresponde à ce qui est indiqué sur le schéma ?
2. Donner l'expression de l'angle d'équilibre θ_e en fonction de B , i , ℓ , la masse m de la tige et l'accélération de la pesanteur g .

**Ex 5** Action sur un cadre

Un cadre rectangulaire conducteur tourne sans frottement autour d'un axe Δ horizontal. Ce cadre est composé de 4 segments : 2 de longueur a et 2 de longueur b ($b > a$). L'un des segments de longueur b est confondu avec l'axe fixe Δ (liaison pivot). La masse totale du cadre est m , son moment d'inertie par rapport à Δ est J . Un dispositif impose une intensité du courant i constante dans le cadre.

1. Le cadre est placé dans un champ de pesanteur et un champ magnétique. Le champ magnétique est horizontal placé dans un plan perpendiculaire à Δ .



- 1.1. Quelle est la position d'équilibre θ_e (angle entre la verticale et le plan du cadre).
- 1.2. On écarte légèrement le cadre de sa position d'équilibre. Quelle est la pulsation des petites oscillations ?
2. On suppose maintenant que le champ magnétique est vertical (opposé à \vec{g}).
 - 2.1. Quelle est la position d'équilibre θ_{e2} ?
 - 2.2. On écarte légèrement le cadre de sa position d'équilibre. Quelle est la pulsation des petites oscillations ?