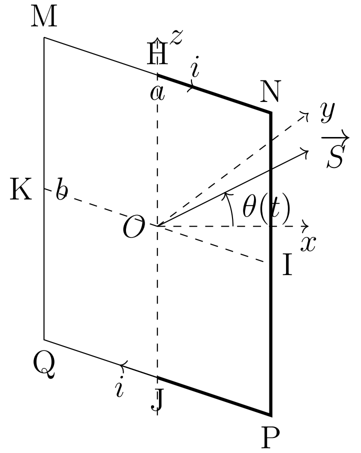
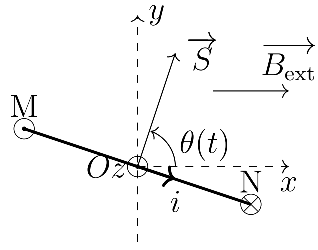
Sujet n°1 Jeny

Question de cours

Spire rectangulaire en rotation, plongée dans un champ magnétique uniforme et permanent.





Vue de dessus

— Donner la résultante des forces de l'action de Laplace sur la spire.

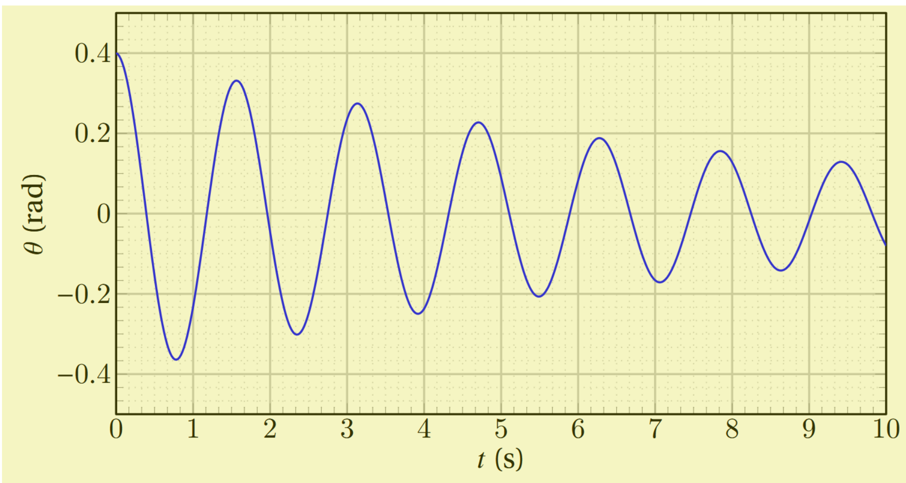
— Donner l'expression du moment de l'action mécanique qui s'exerce sur la spire.

— Établir l'expression du moment de l'action mécanique qui s'exerce sur la spire.

— Exprimer la puissance, subie par le cadre.

Exercice n°1 Paramètre d'un pendule

Soit un pendule d'axe de rotation (Oz). On place un contrepoids tel qu'à vide, le centre d'inertie soit confondu avec O. On repère θ, angle entre le pendule et la verticale.



On place une masse $m = 500$ g à une distance $\ell = 50$ cm. de l'axe de rotation.

1 - Déterminer J à partir du graphe.

2 - Estimer le facteur de qualité de l'oscillateur.

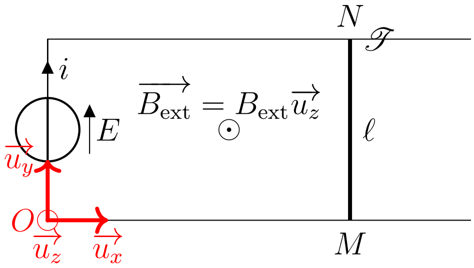
3 - On considère deux pendules identiques au précédent (sans la masse pour le déséquilibrer) et reliés par un fil de torsion qui créé un couple de rappel de la forme $\Gamma = C\,(\theta_2 - \theta_1)$ sur le pendule 1. Donner l'équation du mouvement.

4 - La résoudre.

Sujet n°2 Charline

Question de cours

Rails de Laplace : barre en translation sur deux rails plongé dans un champ magnétique uniforme et permanent perpendiculaire au plan des rails.



— Donner l'expression de la force de Laplace s'exerçant sur une portion d'un circuit linéique.

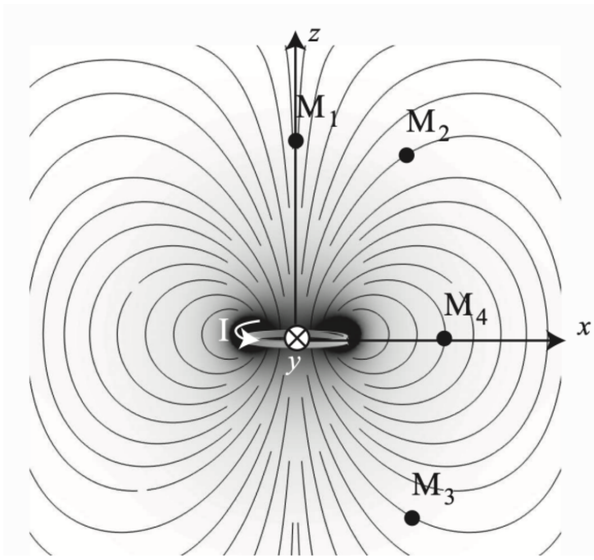
— Établir l'expression de la résultante des forces de Laplace s'exerçant sur la tige.

— Établir l'expression de la puissance.

Exercice n°1 Symétries

On considère une spire parcourue par un courant I tel qu'indiqué sur la figure ci-contre.

1. Qualifier les plans Oxy, Oxz et Oyz de plans de symétrie ou d'antisymétrie pour la distribution de courant.
2. Justifier l'orientation du champ magnétique au point M_1.
3. Justifier l'orientation du champ magnétique au point M_4.
4. Représenter les champs magnétiques aux points M_2 et M_3. Quelle propriété géométrique relie ces deux vecteurs ?



Exercice n°2 Chute d'un arbre

On assimile un arbre à une tige longue et homogène de longueur L et de masse m. On le scie à sa base et l'arbre bascule en tournant autour de son point d'appui au sol. On suppose que le point d'appui reste fixe et ne glisse pas et on repère la position de l'arbre par l'angle θ qu'il fait avec la verticale. Àt $= 0$, l'arbre fait un angle $\theta_0 = 5°$ avec la verticale et est immobile. On donne le moment d'inertie de l'arbre par rapport à un axe horizontal passant par son extrémité et perpendiculaire à l'arbre $J = \dfrac{1}{3}mL^2$.

1 - Établir l'équation du mouvement de la chute de l'arbre.

2 - Établir l'intégrale première du mouvement.

3 - Montrer que, lorsque l'arbre fait un angle θ avec la verticale, sa vitesse angulaire vaut :

$$\dot{\theta} = \sqrt{\frac{3g}{L}\left(\cos\theta_0 - \cos\theta\right)}$$

4 - En déduire le temps de chute d'un arbre de 30 m.

Données : $g = 10$ m $\cdot$ s^{-2}. On donne pour $\theta_0 = 5°$: $\displaystyle\int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\mathrm{d}\theta}{\sqrt{\cos\theta_0 - \cos\theta}} = 5,1$.

Sujet n°3 Anaïs

Question de cours

Moment magnétique.

— Définir le vecteur surface d'une spire plane. *On l'illustrera avec un schéma.*

— Définir le moment magnétique d'une spire plane.

— Exprimer sa généralisation dans le cas de N spires planes coaxiales parcourues par le même courant.

— Donner des ordres de grandeur

Exercice n°1 Volant d'inertie

On s'intéresse dans cet exercice à la régulation de la vitesse de rotation d'une machine tournante par un volant d'inertie, qui est un anneau lié au rotor de masse élevée et d'assez grand rayon. La machine tournante en question peut aussi bien être un moulin à blé qu'un broyeur de cailloux, mais les volants d'inertie sont également utilisés en Formule 1 dans le KERS «Kinetic Energy Recovering System». On modélise ici la machine tournante par un rotor de moment d'inertie J, soumis à un couple moteur Γ_0 constant et à un couple de frottement de type fluide $\Gamma_{\mathrm{f}} = -\alpha\omega$ où α est une constante et ω la vitesse angulaire du rotor.

1 - Justifier par un argument énergétique que $\alpha > 0$.

2 - Le rotor est initialement immobile. Donner l'évolution de sa vitesse angulaire $\omega(t)$, en introduisant la vitesse finale ω_{f} et un temps caractéristique τ.

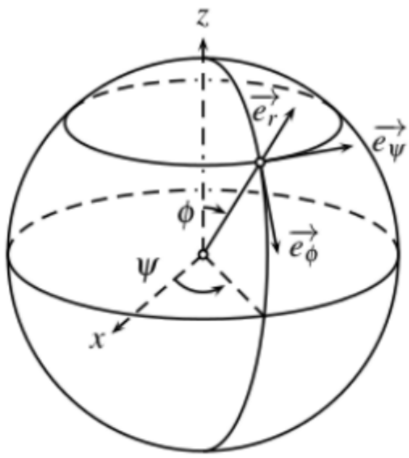
3 - Des vibrations du dispositif se traduisent par un nouveau couple exercé sur le rotor, que l'on prendra harmonique $\Gamma_{\mathrm{vib}}(t) = \gamma\cos(\Omega t)$. Pourquoi ne perd-on pas en généralité en considérant ce couple harmonique ? Après un régime transitoire, la vitesse angulaire du rotor est elle aussi harmonique de pulsation Ω. Donner le temps caractéristique de la durée du transitoire.

4 - Après la fin du transitoire, on cherche la vitesse angulaire de rotation ω sous la forme $\omega(t) = \omega_{\mathrm{f}} + A\cos(\Omega t + \varphi)$ Déterminer l'amplitude A. L'équation différentielle étant linéaire, on pourra utiliser le théorème de superposition et traiter la partie harmonique avec la notation complexe.

5 - En déduire l'intérêt et l'inconvénient d'un volant d'inertie.

Exercice n°2 Champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre est décrit en première approximation par le champ magnétique d'un dipôle magnétique situé au centre de la terre O, de moment $\vec{m} = -m\vec{u_z}$ avec $m = 7.9 \times 10^{22}\ A.m^2$ et $\vec{u_z}$ désigne le vecteur unitaire de l'axe géomagnétique de la Terre, qui est légérement incliné par rapport à l'axe de rotation terrestre.



Un point de l'espace est repéré par ses coordonnées sphériques (r, ϕ, ψ) par rapport à l'axe géomagnétique. En un point suffisamment éloigné de O, les composantes de $\vec{B}$ s'écrivent :

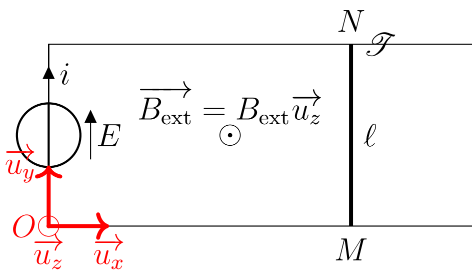
$$B_r = -\frac{\mu_0}{4\pi} m \frac{2\cos\phi}{r^3}\ ;\ B_\phi = -\frac{\mu_0}{4\pi} m \frac{\sin\phi}{r^3} \text{ et } B_{\psi=0}$$

Calculer la norme du champ magnétique vers le centre de la France métropolitaine, où $r = 6300$ km et $\phi = 42°$.

Sujet n°4 Tom

Question de cours

Rails de Laplace : barre en translation sur deux rails plongé dans un champ magnétique uniforme et permanent perpendiculaire au plan des rails.



— Donner l'expression de la force de Laplace s'exerçant sur une portion d'un circuit linéique.

— Établir l'expression de la résultante des forces de Laplace s'exerçant sur la tige.

— Établir l'expression de la puissance.

Exercice n°1 Pas pendulaire

Le pas pendulaire effectué à la période propre de la jambe est le plus économe en énergie. La gravité devient l'allié naturel de nos muscles pour permettre le déplacement.
On se propose ici de déterminer la période propre d'oscillations d'une jambe adulte en utilisant un modèle mécanique simple.
Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre supposé galiléen muni d'un repère cartésien $(O; \overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z})$.
On assimile la jambe à un solide rigide de masse m_o et de longueur d en rotation autour de l'axe horizontal $(O, \overrightarrow{e_x})$ fixe dans le référentiel d'étude. $(O, \overrightarrow{e_x})$ passe par la hanche du randonneur (il est sortant sur la figure 1). Le moment d'inertie du solide par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{e_x})$ est notée J. On note H le centre d'inertie de la jambe situé à la distance d' de O.
γ est l'angle entre la verticale passant par O et la droite (OH).
La liaison pivot en O est supposée parfaite.
La jambe ne touche pas le sol dans cette étude.
On néglige tout frottement.
L'accélération de la pesanteur, notée $\overrightarrow{g} = -g\overrightarrow{e_z}$, est supposée uniforme.

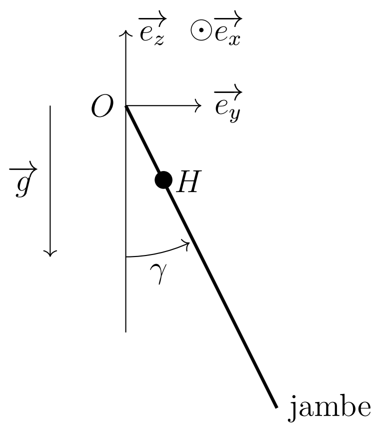


FIGURE 1 – Modélisation de la jambe

1 - Donner sans démonstration l'expression du moment cinétique scalaire, L_{Ox} de la jambe par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{e_x})$ en fonction de γ et J.

2 - Exprimer le moment par rapport à (Ox) des actions mécaniques s'exerçant sur la jambe.

3 - Établir l'équation différentielle vérifiée par γ, caractérisant le mouvement de la jambe.

On souhaite retrouver cette équation à l'aide d'une méthode énergétique.

4 - Donner sans démonstration l'expression de l'énergie cinétique de la jambe.

5 - Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur de la jambe en fonction de m_o, g, d', γ et d'une constante.

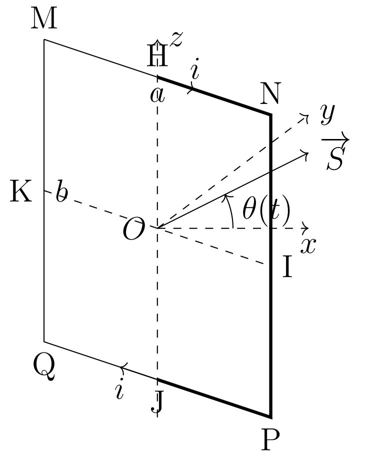
6 - À l'aide d'un théorème énergétique, établir l'équation différentielle d'ordre 2 vérifiée par γ caractérisant le mouvement de la jambe.

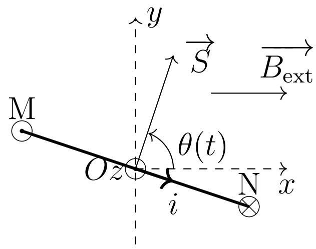
7 - En se plaçant dans l'approximation des petites oscillations, déterminer période propre d'oscillations de la jambe.

Sujet n°5 Pierre

Question de cours

Spire rectangulaire en rotation, plongée dans un champ magnétique uniforme et permanent.





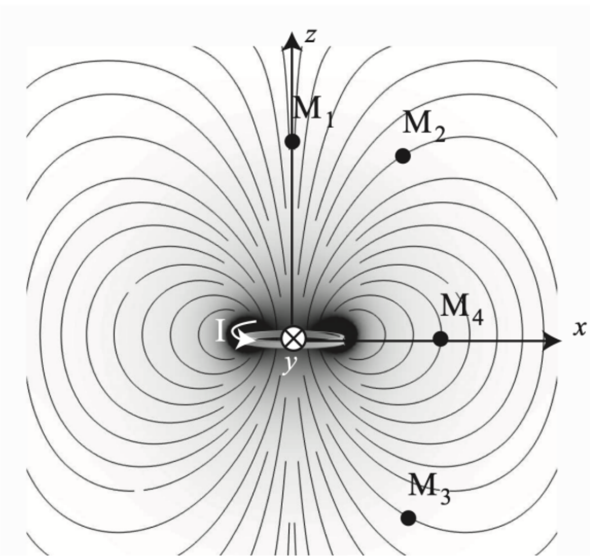
Vue de dessus

- Donner la résultante des forces de l'action de Laplace sur la spire.
- Donner l'expression du moment de l'action mécanique qui s'exerce sur la spire.
- Établir l'expression du moment de l'action mécanique qui s'exerce sur la spire.
- Exprimer la puissance, subie par le cadre.

Exercice n°1 Symétries

On considère une spire parcourue par un courant I tel qu'indiqué sur la figure ci-contre.

1. Qualifier les plans Oxy, Oxz et Oyz de plans de symétrie ou d'antisymétrie pour la distribution de courant.
2. Justifier l'orientation du champ magnétique au point M_1.
3. Justifier l'orientation du champ magnétique au point M_4.
4. Représenter les champs magnétiques aux points M_2 et M_3. Quelle propriété géométrique relie ces deux vecteurs ?



Exercice n°2 Chute d'un arbre

On assimile un arbre à une tige longue et homogène de longueur L et de masse m. On le scie à sa base et l'arbre bascule en tournant autour de son point d'appui au sol. On suppose que le point d'appui reste fixe et ne glisse pas et on repère la position de l'arbre par l'angle θ qu'il fait avec la verticale. À $t = 0$, l'arbre fait un angle $\theta_0 = 5°$ avec la verticale et est immobile. On donne le moment d'inertie de l'arbre par rapport à un axe horizontal passant par son extrémité et perpendiculaire à l'arbre $J = \dfrac{1}{3}mL^2$.

1 - Établir l'équation du mouvement de la chute de l'arbre.

2 - Établir l'intégrale première du mouvement.

3 - Montrer que, lorsque l'arbre fait un angle θ avec la verticale, sa vitesse angulaire vaut :

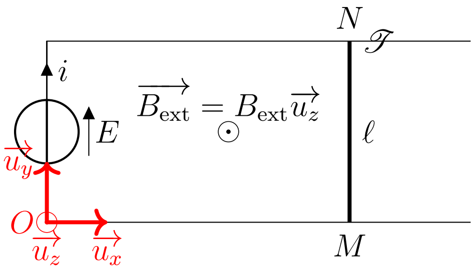
$$\dot{\theta} = \sqrt{\frac{3g}{L}\left(\cos\theta_0 - \cos\theta\right)}$$

4 - En déduire le temps de chute d'un arbre de 30 m.

Données : $g = 10\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$. On donne pour $\theta_0 = 5°$: $\displaystyle\int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\mathrm{d}\theta}{\sqrt{\cos\theta_0 - \cos\theta}} = 5,1.$

Sujet n°6 Léandre

Question de cours



- Donner l'expression de la force de Laplace s'exerçant sur une portion d'un circuit linéique.
- Établir l'expression de la résultante des forces de Laplace s'exerçant sur la tige.
- Établir l'expression de la puissance.

Exercice n°1 Volant d'inertie

On s'intéresse dans cet exercice à la régulation de la vitesse de rotation d'une machine tournante par un volant d'inertie, qui est un anneau lié au rotor de masse élevée et d'assez grand rayon. La machine tournante en question peut aussi bien être un moulin à blé qu'un broyeur de cailloux, mais les volants d'inertie sont également utilisés en Formule 1 dans le KERS «Kinetic Energy Recovering System». On modélise ici la machine tournante par un rotor de moment d'inertie J, soumis à un couple moteur Γ_0 constant et à un couple de frottement de type fluide $\Gamma_\mathrm{f} = -\alpha\omega$ où α est une constante et ω la vitesse angulaire du rotor.

1 - Justifier par un argument énergétique que $\alpha > 0$.

2 - Le rotor est initialement immobile. Donner l'évolution de sa vitesse angulaire $\omega(t)$, en introduisant la vitesse finale ω_f et un temps caractéristique τ.

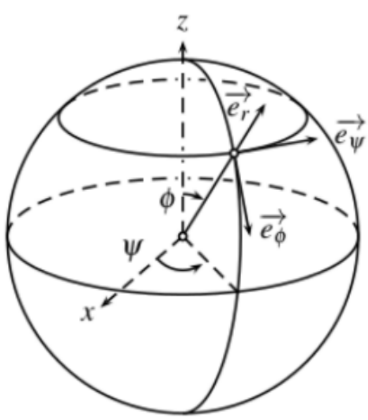
3 - Des vibrations du dispositif se traduisent par un nouveau couple exercé sur le rotor, que l'on prendra harmonique $\Gamma_\mathrm{vib}(t) = \gamma\cos(\Omega t)$. Pourquoi ne perd-on pas en généralité en considérant ce couple harmonique ? Après un régime transitoire, la vitesse angulaire du rotor est elle aussi harmonique de pulsation Ω. Donner le temps caractéristique de la durée du transitoire.

4 - Après la fin du transitoire, on cherche la vitesse angulaire de rotation ω sous la forme $\omega(t) = \omega_\mathrm{f} + A\cos(\Omega t + \varphi)$ Déterminer l'amplitude A. L'équation différentielle étant linéaire, on pourra utiliser le théorème de superposition et traiter la partie harmonique avec la notation complexe.

5 - En déduire l'intérêt et l'inconvénient d'un volant d'inertie.

Exercice n°2 Champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre est décrit en première approximation par le champ magnétique d'un dipôle magnétique situé au centre de la terre O, de moment $\vec{m} = -m\vec{u_z}$ avec $m = 7.9 \times 10^{22}$ $A.m^2$ et $\vec{u_z}$ désigne le vecteur unitaire de l'axe géomagnétique de la Terre, qui est légérement incliné par rapport à l'axe de rotation terrestre.



Un point de l'espace est repéré par ses coordonnées sphériques (r, ϕ, ψ) par rapport à l'axe géomagnétique. En un point suffisamment éloigné de O, les composantes de $\vec{B}$ s'écrivent :

$$B_r = -\frac{\mu_0}{4\pi}m\frac{2\cos\phi}{r^3}\ ;\ B_\phi = -\frac{\mu_0}{4\pi}m\frac{\sin\phi}{r^3} \text{ et } B_{\psi=0}$$

Calculer la norme du champ magnétique vers le centre de la France métropolitaine, où $r = 6300$ **km et** $\phi = 42°$.