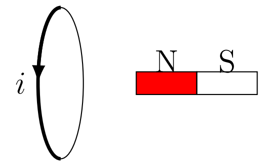
Sujet n°1 Louis

Question de cours

Loi de Lenz

1 - Énoncer la loi de Lenz.

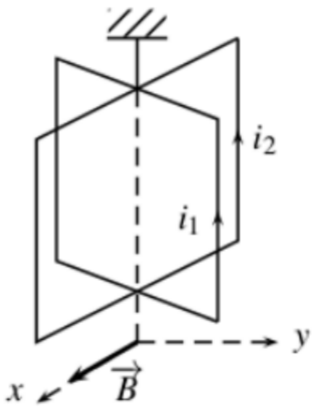
2 - On considère un aimant et un circuit conducteur. On mesure l'intensité i circulant dans le circuit à l'aide d'un ampèremètre branché de sorte à mesurer l'intensité définie sur le schéma, c'est-à-dire de sorte que i entre par la borne mA et sorte par la borne COM.

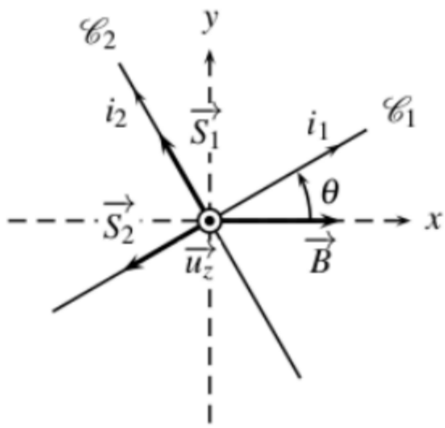


En appliquant la loi de Lenz, prédire le signe du courant qui sera mesuré en avançant l'aimant.

Exercice n°1 Deux cadres

Deux cadres rectangulaires C_1 et 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 vertical 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 $\overrightarrow{B} = B\overrightarrow{u_x}$ horizontal.

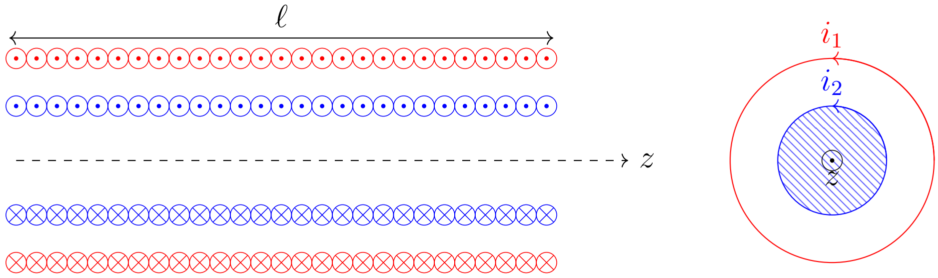
Déterminer l'expression du rapport $\dfrac{i_1}{i_2}$ en fonction de l'angle θ, angle entre le plan du cadre parcouru par i_1 et le plan xOy.

Sujet n°2 Hugo

Question de cours

1 - Définir l'inductance mutuelle de deux bobines en interaction. Quelle est son unité ?

2 - On considère une bobine longue de longueur ℓ, constituée de N_1 spires, parcourue par un courant d'intensité i_1, de section S_1, à l'intérieur de laquelle se trouve une deuxième bobine longue de même longueur ℓ, constituée de N_2 spires, parcourue par un courant d'intensité i_2, de section S_2. Les deux bobines sont de mêmes axes et orientées dans le même sens.



On rappelle que le champ magnétique créé par une bobine longue est nul à l'extérieur de la bobine et est uniforme à l'intérieur : $\overrightarrow{B} = \mu_0 n i \overrightarrow{u_z}$, où n est le nombre de spire par unité de longueur.

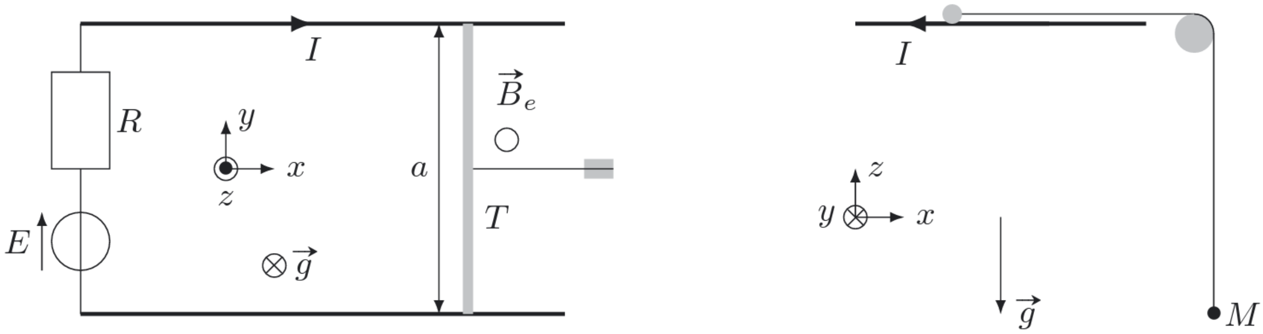
a) Exprimer le flux $\varphi_{1\to 2}$ de $\overrightarrow{B_1}$ à travers la deuxième bobine.

b) En déduire l'expression de l'inductance mutuelle.

c) En déduire l'expression du flux $\varphi_{2\to 1}$ de $\overrightarrow{B_2}$ à travers la première bobine sans aucun calcul.

Exercice n°1 Le champ suspend son vol

Une tige conductrice T de masse $m = 3,0$ g et de longueur $a = 5,0$ cm est posée sur des rails de Laplace alimentés par un générateur de tension continue de f.e.m $E = 24$ V. La résistance électrique totale du circuit est $R = 1,0\Omega$. La tige est reliée à un petit objet M de masse $m' = 3,0$ g par l'intermédiaire d'un fil inextensible enroulé autour d'une poulie. Les masses du fil et de la poulie sont négligées. Un champ magnétique $\vec{B}_e = B_e \vec{u}_z$ uniforme et stationnaire est appliqué à partir de l'instant $t = 0$. À ce moment, T se trouve à l'abscisse $x(0) = 0$ et se déplace à la vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$ avec $v_0 = 0,50$ m · s^{-1}.M se trouve quant à lui à une hauteur $H = 70$ cm du sol. Nous négligeons les phénomènes d'induction électromagnétique et supposons donc que le générateur impose l'intensité I du courant circulant dans le circuit.



On notera $x(t)$ l'abscisse de la tige à l'instant t. Tous les frottements sont négligés. L'accélération de la pesanteur est $g = 9,8$ m · s^{-2}.

1 - Calculer l'intensité I du courant circulant dans la tige.

2 - Quel est le signe de B_e pour que l'application du champ magnétique ralentisse la chute de M ?

3 - Exprimer la force de Laplace subie par la tige, puis la puissance de cette force.

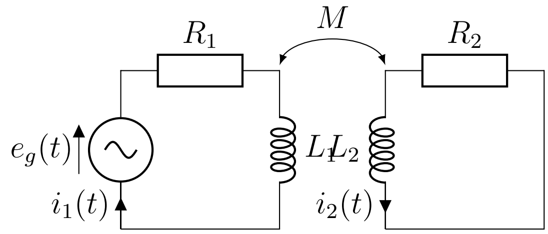
4 - Appliquer le théorème de l'énergie cinétique entre les instants 0 et t au système constitué de T, M et du fil. On rappelle que l'énergie cinétique des deux masses m et m' est la somme des énergies cinétiques de chacune d'elles.

5 - Déterminer la valeur minimale de B_e qui permet de suspendre le vol de M (c'est-à-dire d'annuler sa vitesse avant qu'il ne touche le sol). Que pensez-vous de cette valeur de B_e ?

Sujet n°3 Jules

Question de cours

On considère l'ensemble des deux circuits couplés par mutuelle induction, on notera M le coefficient d'inductance mutuelle des deux circuits. Le circuit 1, d'inductance propre L_1 et de résistance R_1 est alimenté par un générateur qui impose une tension sinusoïdale $e_g(t) = E\cos(\omega t)$. Le circuit 2 est d'inductance propre L_2 et de résistance R_2.



1 - Établir le système d'équation différentielle vérifiée par i_1 et i_2 (cf question de cours précédente).

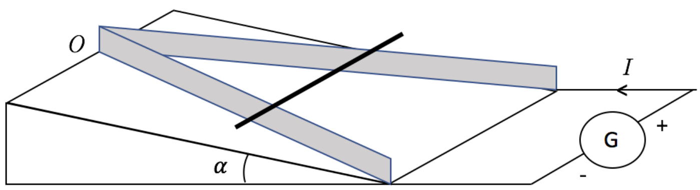
2 - Établir le bilan de puissance complet, et interpréter les différents termes.

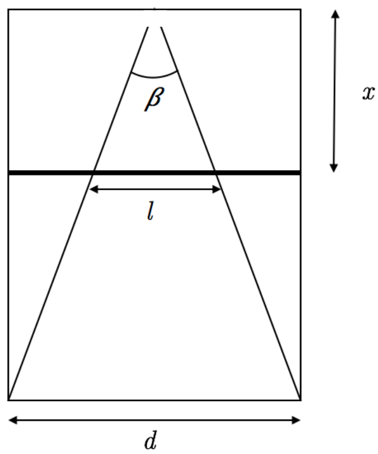
Exercice n°1 Rails de Laplace modifiés

On s'intéresse au dispositif des rails de Laplace modifiés. Les rails ne sont plus parallèles, mais forment un triangle que l'on place sur un plan incliné d'un angle α. La base du triangle est d et l'angle au sommet est β. Leurs extrémités supérieures sont très proches l'une de l'autre au point O sans être en contact électrique. Le montage est placé dans un champ magnétique vertical (donc opposé à la pesanteur) uniforme d'intensité B. On note m la masse de la tige et g l'intensité de la pesanteur.

On prendra un axe Ox dans le plan de la figure ci-dessous à droite, qui suit la bissectrice de l'angle β, et Oz qui lui est perpendiculaire (donc Oz est perpendiculaire au plan des rails).

On pose x la distance entre la tige et O, et $l = l(x)$ la longueur de la tige parcourue par le courant électrique. Le générateur impose un courant permanent d'intensité I.





1 - Représenter le vecteur champ magnétique $\overrightarrow{B}$ qui permet de faire subir à la tige une force de Laplace qui la pousse vers le haut du plan incliné.

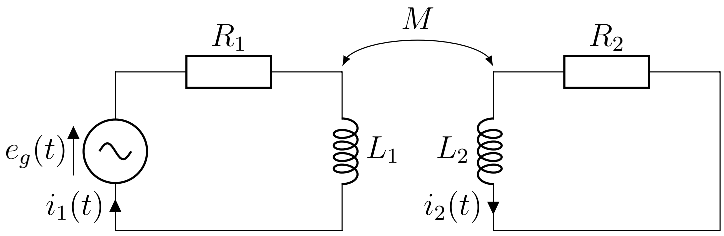
2 - Exprimer la force de Laplace $\overrightarrow{F}$ en fonction de B, I, l, puis en fonction de B, β, I et x.

3 - Exprimer la position d'équilibre $x_{\text{éq}}$ de la tige en fonction des données du problème.

Sujet n°4 Luc

Question de cours

On considère l'ensemble des deux circuits couplés par mutuelle induction, on notera M le coefficient d'inductance mutuelle des deux circuits. Le circuit 1, d'inductance propre L_1 et de résistance R_1 est alimenté par un générateur qui impose une tension sinusoïdale $e_g(t) = E\cos(\omega t)$. Le circuit 2 est d'inductance propre L_2 et de résistance R_2.



1 - Comment peut-il exister un courant dans le deuxième circuit en l'absence de générateur dedans ?

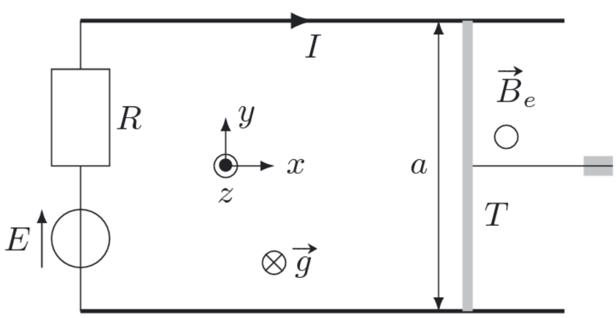
2 - Circuit 1. Exprimer la fem induite dans ce circuit.
Représenter le circuit électrique équivalent, en déduire une équation différentielle reliant i_1 et i_2.

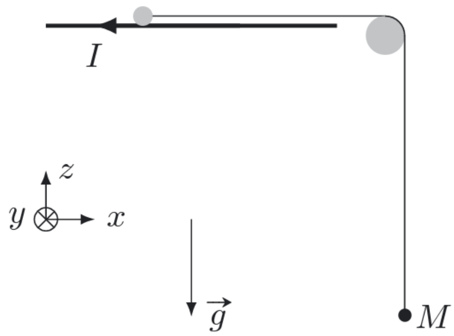
3 - Faire de même dans le circuit 2.

4 - Établir en régime sinusoïdal forcé à la pulsation ω, les équations couplées vérifiées par les amplitudes complexes $\underline{I_{1m}}(\omega)$ et $\underline{I_{2m}}(\omega)$.

Exercice n°1 Le champ suspend son vol

Une tige conductrice T de masse $m = 3,0$ g et de longueur $a = 5,0$ cm est posée sur des rails de Laplace alimentés par un générateur de tension continue de f.e.m $E = 24$ V. La résistance électrique totale du circuit est $R = 1,0\Omega$. La tige est reliée à un petit objet M de masse $m' = 3,0$ g par l'intermédiaire d'un fil inextensible enroulé autour d'une poulie. Les masses du fil et de la poulie sont négligées. Un champ magnétique $\vec{B_e} = B_e\vec{u}_z$ uniforme et stationnaire est appliqué à partir de l'instant $t = 0$. À ce moment, T se trouve à l'abscisse $x(0) = 0$ et se déplace à la vitesse $\vec{v}_0 = v_0\vec{u}_x$ avec $v_0 = 0,50$ m $\cdot$ s^{-1}.M se trouve quant à lui à une hauteur $H = 70$ cm du sol. Nous négligeons les phénomènes d'induction électromagnétique et supposons donc que le générateur impose l'intensité I du courant circulant dans le circuit.





On notera $x(t)$ l'abscisse de la tige à l'instant t. Tous les frottements sont négligés. L'accélération de la pesanteur est $g = 9,8$ m $\cdot$ s^{-2}.

1 - Calculer l'intensité I du courant circulant dans la tige.

2 - Quel est le signe de B_e pour que l'application du champ magnétique ralentisse la chute de M ?

3 - Exprimer la force de Laplace subie par la tige, puis la puissance de cette force.

4 - Appliquer le théorème de l'énergie cinétique entre les instants 0 et t au système constitué de T, M et du fil. On rappelle que l'énergie cinétique des deux masses m et m' est la somme des énergies cinétiques de chacune d'elles.

5 - Déterminer la valeur minimale de B_e qui permet de suspendre le vol de M (c'est-à-dire d'annuler sa vitesse avant qu'il ne touche le sol). Que pensez-vous de cette valeur de B_e ?

Sujet n°5 Anthony

Question de cours

1 - Qu'est-ce que le phénomène d'auto-induction ? Quand se produit-il ? Quand peut-il être négligé ? Quand doit-il être pris en compte ?

2 - Définir le flux propre.

3 - Définir l'inductance propre (ou auto-inductance) et en préciser l'unité.

4 - Inductance propre d'une bobine longue.

On rappelle le champ magnétique créé par une bobine longue d'axe (Oz) : $\overrightarrow{B_P} = \mu_0 n i \overrightarrow{u_z}$.

Établir l'expression du flux propre du champ magnétique $\overrightarrow{B_P}$ à travers la bobine.

En déduire l'expression de l'inductance propre. De quoi dépend-elle ?

Exercice n°1 Force entre deux fils infinis

Deux fils parallèles distants de a sont parcourus par le même courant i. Pour évaluer le champ magnétique créé par l'un des fils, on se placera dans l'approximation d'un fil infini, le champ est alors donné par la relation : $\vec{B}(M) = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi r}\overrightarrow{e_\theta}$.

1 - Pour que la force soit attractive, les courants doivent-ils être dans le même sens ou en sens inverse ?

2 - Éttablir l'expression de la force sur une longueur ℓ de fil. Comment cette force dépend-elle du courant i ?

3 - Calculer numériquement cette force pour une longueur $l = 20$ cm de fil, les fils étant distants de $a = 1cm$ et le courant valant $i = 12A$.

4 - Calculer la valeur nécessaire pour que, la distance entre les fils étant de 1 mètre, la force d'attraction entre les deux fils soit égale à 2×10^{-7} N par mètre de fil.

Sujet n°6 Jade

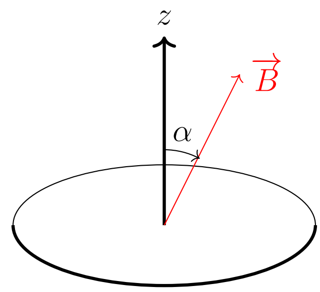
Question de cours

Loi de Faraday

1 - Définir le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.

2 - Énoncer la loi de Faraday, de façon très précise.

3 - On considère une spire circulaire de rayon a plongée dans un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B} = \overrightarrow{B_0}e^{-\frac{t}{\tau}}$ incliné d'un angle α par rapport à l'axe de la spire (perpendiculaire au plan de la spire et passant par son centre). $\overrightarrow{B_0}$ est un vecteur constant.



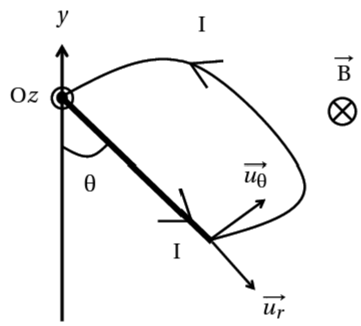
a) Exprimer la force électromotrice induite.

b) Représenter le circuit équivalent et exprimer l'intensité du courant.

c) Commenter en lien avec la loi de Lenz.

Exercice n°1 Fil parcouru par un courant

1 - Déterminer la force s'exerçant sur un fil électrique de longueur $\ell = 30$ cm parcouru par un courant d'intensité $\mathrm{I} = 1,5$ A placé dans un champ magnétique uniforme d'intensité $\mathrm{B} = 0,50$ T, le fil étant maintenu dans une direction fixe faisant un angle $\alpha = 30°$ avec celle du champ magnétique.



2 - Une tige de cuivre de masse $m = 10$ g répartie uniformément sur sa longueur $\ell = 30$ cm est suspendue par une de ses extrémités à un point O autour duquel elle peut tourner comme un pendule pesant avec une liaison pivot parfaite d'axe Oz. On relie les deux extrémités à une source de courant délivrant un courant $\mathrm{I} = 0,20$ A. Lorsqu'un champ magnétique uniforme horizontal $\overrightarrow{\mathrm{B}}$ agit sur l'ensemble de la tige, celle-ci s'écarte d'un angle θ_e. Déterminer la valeur de θ_e à l'équilibre de la tige. On donne l'accélération de pesanteur $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et $\mathrm{B} = 0,50$ T.

Sujet n°7

Exercice n°1 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 : $\dot{\theta} = \sqrt{\dfrac{3g}{L}\left(\cos\theta_0 - \cos\theta\right)}$

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

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

Exercice n°2 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 - 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.

2 - 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.

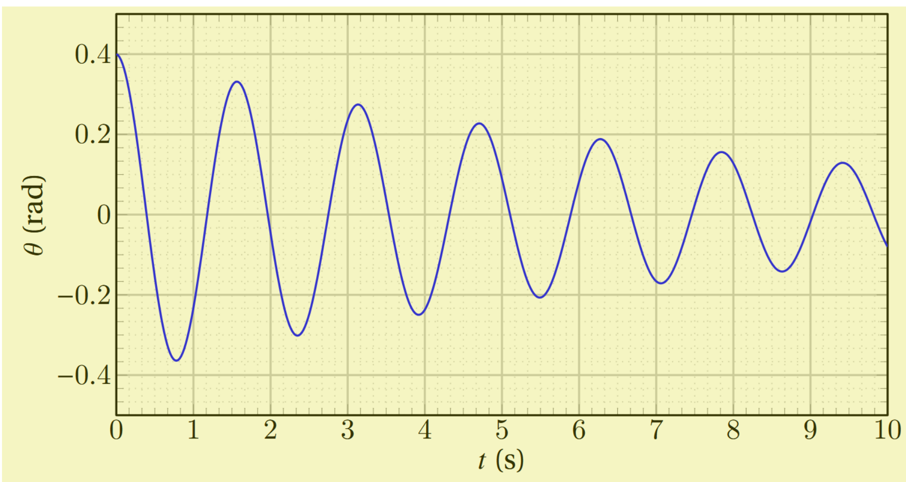
3 - Après la fin du transitoire, on cherche la vitesse angulaire de rotation ω sous la forme $\omega(t) = \omega_\mathrm{f} + A\cos(\Omega t + \varphi)$ Déterminer l'amplitude A. L'équation différentielle étant linéaire, on pourra utiliser le théorème de superposition et traiter la partie harmonique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

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

Exercice n°3 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 $\Gamma = C\left(\theta_2 - \theta_1\right)$ sur le pendule 1. Donner l'équation du mouvement.

4 - La résoudre.