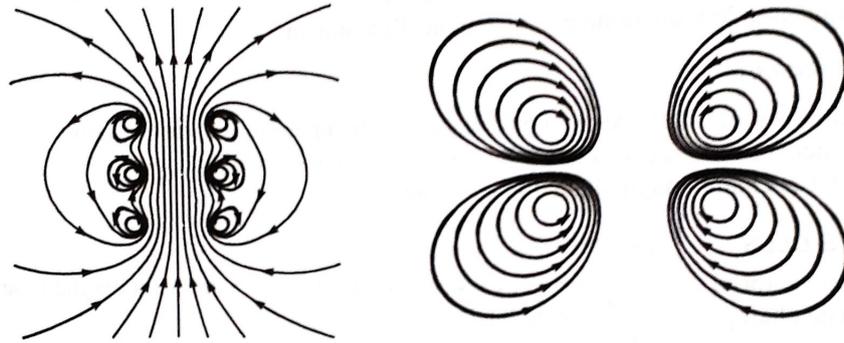


1 Cartes de champ magnétique

Les champs magnétiques représentés par les cartes ci-dessous sont obtenus avec des courants électriques (pas d'aimants). Dans chaque cas, indiquer la position des sources, le sens du courant, les zones de champ fort et faible, et le cas échéant s'il existe une zone de l'espace où le champ magnétique est uniforme.



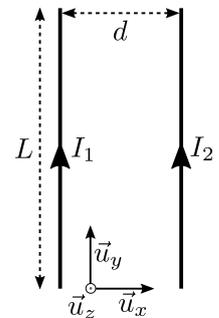
2 Interaction entre deux fils

La norme du champ magnétique créé par un fil infini parcouru par un courant I à la distance r est

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

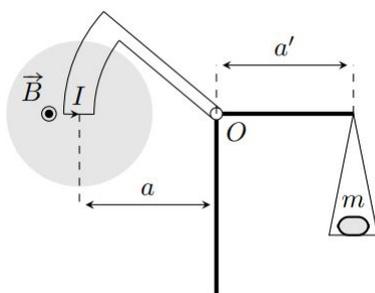
Deux fils parallèles, de même longueur L , séparés d'une distance d , sont parcourus respectivement par un courant I_1 et un courant I_2 .

En négligeant les effets de bord, déterminer l'expression vectorielle de la force exercée par chaque fil sur l'autre. Les fils s'attirent-ils ou se repoussent-ils ?



3 Balance de Cotton

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 .



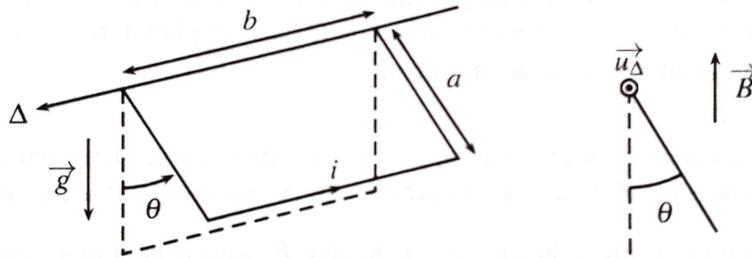
La partie de gauche comprend sur sa périphérie un conducteur métallique, parcouru par un courant I , et dont une partie est placée dans le champ magnétique uniforme et stationnaire à mesurer. Dans cette partie, les conducteurs aller et retour sont des arcs de cercle de centre O , reliés par une portion 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.

Déterminer l'expression du champ B en fonction de m , g , L , I , a et a' .

4 Action magnétique sur un cadre

Un cadre conducteur, rectangulaire de côtés a et b , peut tourner sans frottements autour d'un axe fixe Δ . On note m la masse du cadre et J son moment d'inertie par rapport à l'axe Δ . Un dispositif, non représenté sur la figure impose une intensité du courant i constante dans le cadre.

Le cadre est placé dans un champ magnétique \vec{B} vertical, orienté vers le haut.

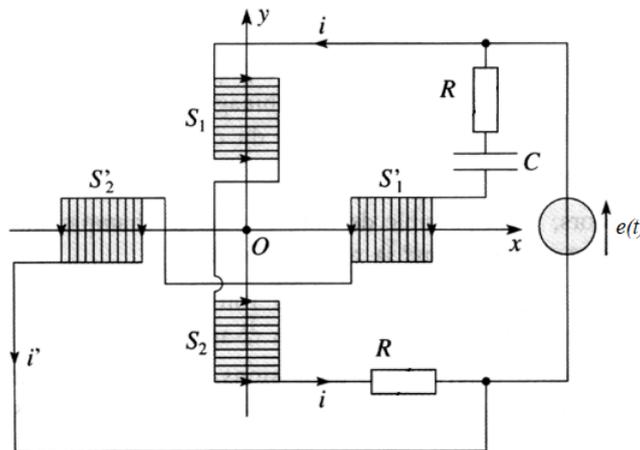


1. Déterminer les positions d'équilibre $\theta_{\text{eq}1}$ et $\theta_{\text{eq}2}$ du cadre.
2. Pour chaque position d'équilibre, préciser sa stabilité.
3. Déterminer la période T des oscillations au voisinage de la position d'équilibre stable.

5 Production d'un champ magnétique tournant

1. Dans quel(s) sens tournent les champs : $\vec{B}(t) = B \cos(\omega t) \vec{u}_x + B \cos(\omega t \pm \frac{\pi}{2}) \vec{u}_y$?

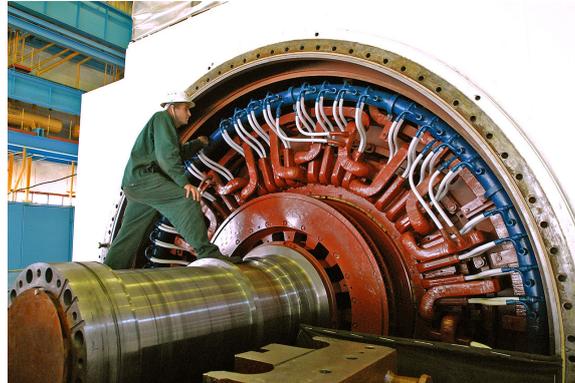
On souhaite réaliser un champ magnétique tournant à l'aide du circuit ci-dessous, alimenté par une tension sinusoïdale de pulsation $e(t) = E \cos(\omega t)$. Les 4 solénoïdes S_1 , S_2 , S'_1 et S'_2 ont une inductance $L/2$.



2. A quelle condition sur L , C et ω , les champs créés par les deux bobines ont-ils la même amplitude ?
3. On se place à la pulsation déterminée à la question précédente. A quelle condition sur R , L et C , les champs créés par les bobines sont-ils en quadrature (c'est-à-dire ont un déphasage de $\pm\pi/2$) ?

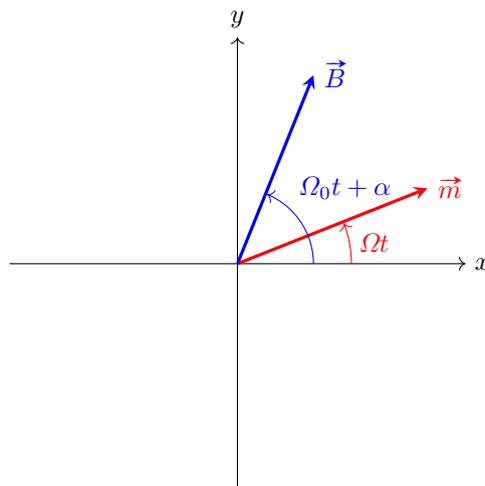
6 Machine synchrone

Les machines synchrones sont souvent utilisées en génératrice, c'est-à-dire pour convertir l'énergie mécanique en énergie électrique, dans les centrales thermiques ou hydrauliques, par exemple. Dans ce cas, on parle aussi d'alternateur. Les machines synchrones peuvent également être utilisées en moteur, mais le fait qu'elles ne puissent pas démarrer de manière autonome rend cette utilisation plus délicate.



Machine synchrone d'une centrale nucléaire

Dans une machine synchrone, la partie fixe, appelée stator, crée un champ magnétique \vec{B} tournant à la vitesse $\Omega_0 (> 0)$. La partie mobile, appelée rotor, est modélisée par un moment magnétique \vec{m} , tournant à la vitesse Ω . On note α l'angle (\vec{m}, \vec{B}) initial.



1. Exprimer Γ le moment du couple magnétique exercé sur le rotor, en fonction de $m (= \|\vec{m}\|)$, B , Ω , Ω_0 , t et α . A quelle condition sur Ω et Ω_0 le couple magnétique moyen $\langle \Gamma \rangle$ est-il non nul? On suppose cette condition vérifiée dans la suite. Justifier qu'un moteur synchrone ne puisse pas démarrer de manière autonome.
2. Représenter le graphe du couple magnétique Γ en fonction de α .
3. Exprimer la puissance P des actions magnétiques sur le rotor. En déduire le fonctionnement moteur ou génératrice de la machine, selon les valeurs de α .

Le rotor d'un moteur synchrone entraîne une charge en rotation. On note $-T_c$ le moment du couple résistant, exercée par la charge sur le rotor.

4. Quelle condition doit vérifier T_c pour que le moteur puisse en effet entraîner la charge?
5. Faire apparaître les deux points de fonctionnement possibles sur le graphe $\Gamma(\alpha)$.
6. Le point de fonctionnement du moteur est dit stable si, lorsque le moteur prend accidentellement de l'avance (respectivement du retard) sur son régime permanent, le couple qu'il subit lui fait perdre cette avance (respectivement ce retard); il est instable dans le cas contraire. Identifier sur le graphe le point de fonctionnement correspondant à un régime moteur stable.

7 Dipôle électrostatique dans un champ électrique uniforme

Un dipôle électrostatique est constitué de deux charges opposées $q > 0$ et $-q$. On note P la position de la charge positive q et N la position de la charge négative $-q$. On définit le moment dipolaire \vec{p} du dipôle par :

$$\vec{p} = q\overline{NP}$$

Un dipôle électrostatique de moment dipolaire \vec{p} et de moment d'inertie J par rapport à son centre de masse O , est plongé dans un champ électrique uniforme $\vec{E} = E\vec{u}_x$. On note θ l'angle du moment dipolaire \vec{p} avec le champ \vec{E} .

1. Montrer que le champ électrique exerce un couple sur le dipôle. Établir l'expression du couple électrique \vec{T}_e , en fonction de \vec{E} et \vec{p} .
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par $\theta(t)$.
3. Établir une intégrale première du mouvement. En déduire l'expression de l'énergie potentielle électrique E_{pe} du dipôle en fonction de \vec{p} et \vec{E} .
4. Déterminer les positions d'équilibre θ_{eq1} et θ_{eq2} et étudier leur stabilité.