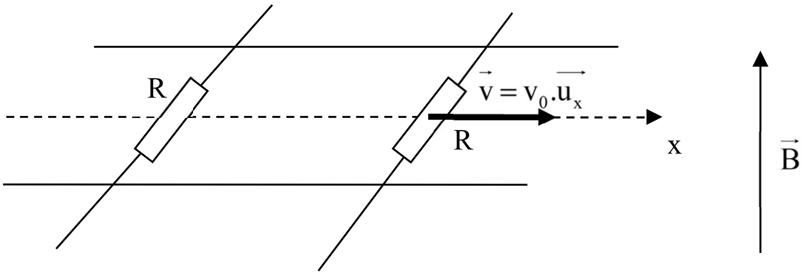
Induction

Exercice 1 : double rail de Laplace

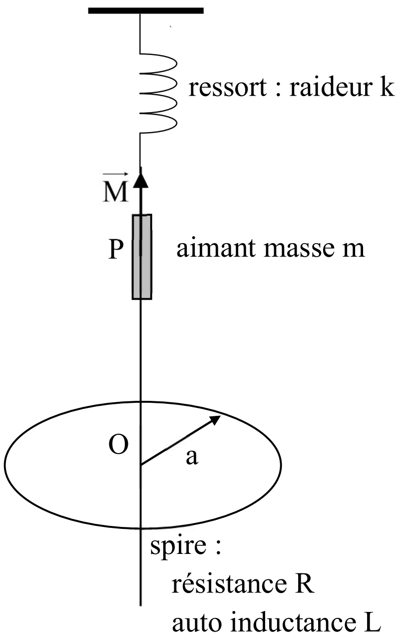
Un circuit est constitué de deux rails rectilignes, parallèles, horizontaux, de résistance négligeable dont l'écartement est l. Le circuit est fermé par deux tiges qui peuvent glisser sans frottement sur les rails. Les deux tiges ont chacune une résistance R. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme vertical.

On impose la vitesse du premier rail $\vec{v} = v_0.\overrightarrow{u_x}$.

Déterminer le mouvement du second rail.



Exercice 2 : Oscillations verticales d'un aimant en interaction avec une spire



Un petit aimant vertical est accroché à l'extrémité d'un ressort et peut se déplacer verticalement le long de l'axe de révolution d'une spire circulaire de rayon a métallique et fixée dans le référentiel du laboratoire.

L'aimant est assimilé à un dipôle magnétique de moment $\vec{M} = M.\vec{e_z}$. On le lâche à partir d'une position différente de sa position d'équilibre.

Données : composantes du champ magnétique créé par le dipôle de moment $\vec{M} = M.\vec{e_z}$ placé en O $\begin{cases} B_r = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{2M\cos\theta}{r^3} \\ B_\theta = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{M\sin\theta}{r^3} \end{cases}$

1- Calculer le flux créé par l'aimant à travers la spire.
En déduire les f.e.m. induites dans la spire et écrire l'équation électrique E1 du circuit électrique constitué par la spire.

2- Calculer la force exercée par la spire sur l'aimant. En déduire l'équation mécanique E2 vérifiée par z(t) cote de P.

3- En utilisant les deux équations E1 et E2, déduire un bilan énergétique.

4- Pour une spire unique L = 1μH et R = 0,1 Ω : montrer que l'on peut simplifier l'équation E1. Donner alors l'équation différentielle qui décrit l'évolution de l'élongation du ressort. En supposant que le système ressort aimant effectue de petits mouvements autour de sa position d'équilibre, indiquer suivant quels régimes on peut atteindre cette position d'équilibre.

Exercice 3 : Lévitation d'une spire conductrice

Une bobine B_1 constituée de N spires circulaires de rayon b reparties sur une longueur l et parcourues par un courant $i_1(t) = I_m.\cos\omega t$.

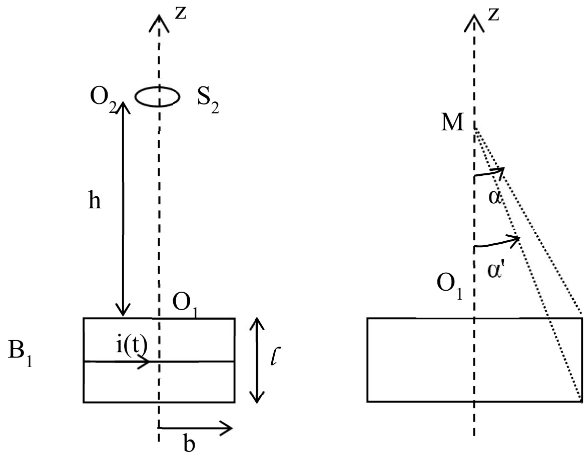
A la cote z = h ($z = \overline{O_1O_2}$), est disposée une petite spire S_2 conductrice de rayon a. On note R et L la résistance et le coefficient d'auto induction de S_2.

La bobine crée, sur son axe, un champ magnétique

$\vec{B}(z,t) = B_m(z).\cos\omega t.\vec{e_z}$

$$\text{avec } B_m(z) = \frac{1}{2}.\mu_o.\frac{N}{l}(\cos\alpha' - \cos\alpha)$$

On utilisera les coordonnées cylindriques (r,θ,z) d'axe Oz



1- Déterminer, en régime sinusoïdal établi, l'intensité $i_2(t)$ circulant dans la spire S_2.

2-a- Montrer que la résultante des forces de Laplace s'exerçant sur S_2 est portée par l'axe Oz.
Exprimer cette résultante $\vec{F_L}$ en fonction de a, $i_2(t)$, et de la composante radiale du champ $\vec{B_1}$ créé par la bobine au niveau du fil de la spire.

2-b- On admet que $B_{1,r} = -\frac{a}{2}\frac{dB_m(z)}{dz}\cos\omega t$ et on pose $\vec{F_L} = F_L\vec{e_z}$. Déterminer la valeur moyenne temporelle $<F_L>$ et donner son expression pour $\omega >> \frac{R}{L}$. Commenter

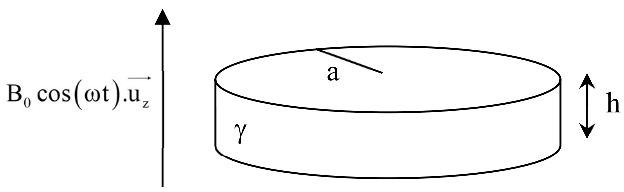
3- Application numérique : Déterminer la valeur efficace du courant pour que la spire de cuivre puisse léviter à la hauteur h au-dessus de la bobine.

Données :

$R = 1{,}7.10^{-4}\Omega$	$L = 1{,}2.10^{-8}$ H	e = 1 mm	$\frac{N}{\ell} = 5000\,m^{-1}$
a = 5 mm	l = 10 cm	b = 2,5 cm	h = 1 cm
$g = 9{,}8\ m.s^{-2}$	$\rho = 9.10^3\ kg.m^{-3}$		$\mu_o = 4.\pi.10^{-7}\ H.m^{-1}$

Exercice 4 : Chauffage par induction

Un cylindre métallique de conductivité γ, de rayon a et de hauteur l est placé dans une zone ou règne un champ magnétique variable $\vec{B}(t) = B_0\cos(\omega t).\vec{u_z}$



1- Expliquer succinctement « pourquoi ça chauffe ».

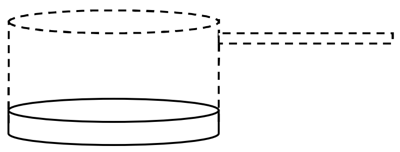
2- Déterminer :

2a- la fem induite dans l'anneau r d'épaisseur dr et hauteur h découpé dans le cylindre du conducteur

2b- la puissance dissipée dans ce cylindre.

3- Le cylindre est le fond d'une casserole.

En combien de temps passe-t-il de 25°C à 100°C ?



Données : $\gamma = 3{,}7.10^{7}\ \Omega^{-1}m^{-1}$

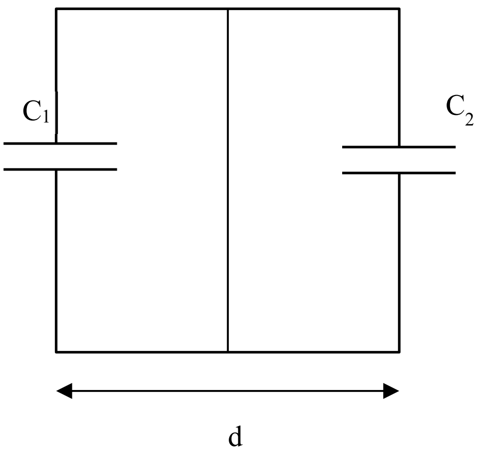
$l = 5$ mm — $a = 10$ cm

$B_0 = 5.10^{-2}$ T — $\omega/2\pi = 50$ Hz

Masse volumique $\rho = 2{,}7\ 10^{3}$ kg.m^{-3} — Capacité calorifique : $C = 900$ J.kg^{-1}.K^{-1}

Exercice 5 :

Deux condensateurs sont connectés par des fils de connexion idéaux formant un carré de côté d. Le fil central connecte les milieux des deux arêtes opposées comme indiqué sur le schéma ci-dessous. Le circuit est placé dans un champ magnétique perpendiculaire au plan du carré évoluant temporellement selon la loi $B(t) = k.t$ où k est une constante. Après quelque temps, le fil central est coupé et le champ magnétique est maintenu constant. Déterminer les charges sur les armatures des deux condensateurs une fois l'équilibre atteint.



Exercice 6 :

Deux barres conductrices reposent sur deux rails conducteurs horizontaux. Les barres sont perpendiculaires aux rails and parallèle l'une avec l'autre. La distance entre les deux barres est ℓ. A $t = 0$ un champ magnétique uniforme vertical est appliqué. Le champ magnétique atteint rapidement sa valeur maximale puis reste constant. Déterminer la nouvelle distance entre les deux barres. On négligera les frottements et on supposera que la résistance de chaque barre est beaucoup plus grande que la résistance des rails.