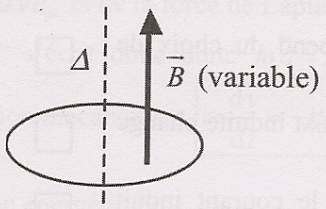
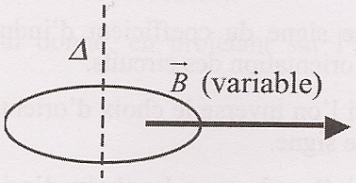
Feuille d'exercices n°29 : Induction électromagnétique

Exercice 1 : Calculs de courants induits :

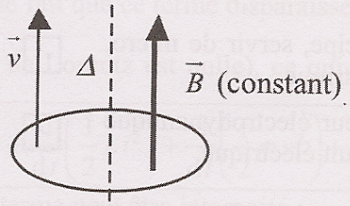
Dans chacun des six cas suivants, calculer la valeur efficace du courant induit dans la spire d'axe (Δ) de surface 10 cm² et de résistance 0,5 Ω.



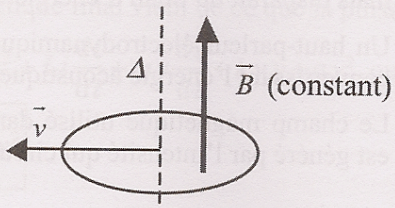
Cas 1 : la spire est immobile dans un champ magnétique uniforme parallèle à son axe, d'amplitude 0,1T et de fréquence 50 Hz .



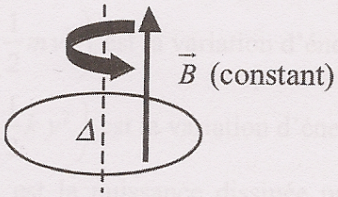
Cas 2 : la spire est immobile dans un champ magnétique uniforme orthogonal à son axe, d'amplitude 0,1T et de fréquence 50 Hz .



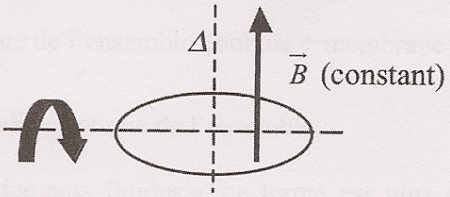
Cas 3 : la spire se déplace sans changer d'orientation avec une vitesse de $2\,m\cdot s^{-1}$ parallèle à son axe dans un champ magnétique constant et uniforme de 0,1T .



Cas 4 : la spire se déplace sans changer d'orientation avec une vitesse $2\,m\cdot s^{-1}$ orthogonale à son axe dans un champ magnétique constant et uniforme de 0,1T .



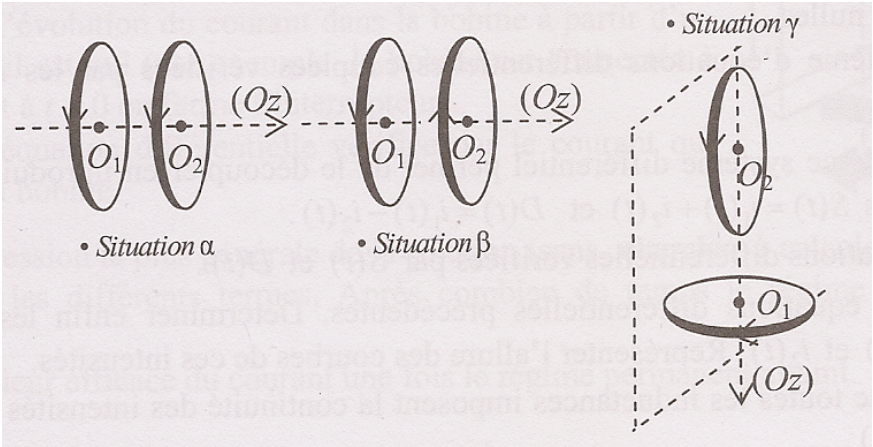
Cas 5 : la spire tourne avec une vitesse angulaire de $5\ rad\cdot s^{-1}$ autour de son axe dans un champ magnétique constant et uniforme parallèle à son axe de 0,1T .



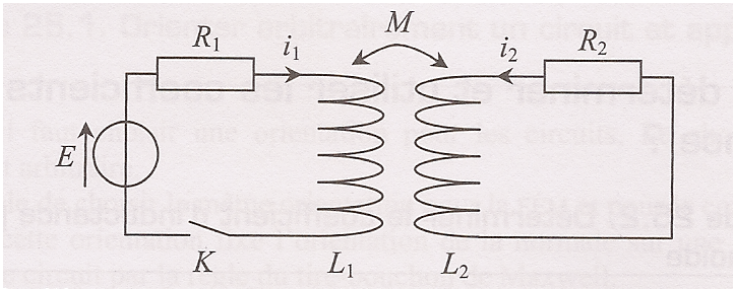
Cas 6 : la spire tourne avec une vitesse angulaire de $5\ rad\cdot s^{-1}$ autour d'un de ses diamètres dans un champ magnétique constant et uniforme parallèle à son axe de 0,1T .

Exercice 2 : Champ tournant :

Deux spires circulaires filiformes orientées, notées (1) et (2), de centres O_1 et O_2, sont représentées ci-dessous dans trois situations. Ces spires sont perpendiculaires au plan de la figure, la partie en gras étant située en avant de ce plan. L'orientation choisie pour chaque circuit est indiquée par une flèche. Dans les deux premières dispositions, notées α et β, les deux spires sont coaxiales. Dans la dernière, leurs axes sont coplanaires et orthogonaux.
Indiquer, si possible, dans chaque cas, le signe de l'inductance mutuelle.



Exercice 3 : Régime transitoire dans deux circuits couplés par mutuelle :



On considère le circuit ci-dessus dans lequel on prendra, pour simplifier, $R_1 = R_2 = R$ et $L_1 = L_2 = L$. L'interrupteur est fermé à l'instant t = 0 et l'on suppose qu'avant fermeture, les intensités étaient nulles.

1) Ecrire le système d'équations différentielles couplées vérifiées par les intensités $i_1(t)$ et $i_2(t)$ quand l'interrupteur K est fermé.

2) La symétrie de ce système différentiel permet de le découpler en introduisant les fonctions intermédiaires $S(t) = i_1(t) + i_2(t)$ et $D(t) = i_1(t) - i_2(t)$.
Ecrire les équations différentielles vérifiées par S(t) et D(t).

3) Résoudre les équations différentielles précédentes. Déterminer enfin les expressions des intensités $i_1(t)$ et $i_2(t)$. Représenter l'allure des courbes de ces intensités (on notera que toutes les bobines imposent la continuité des intensités à la fermeture de l'interrupteur).

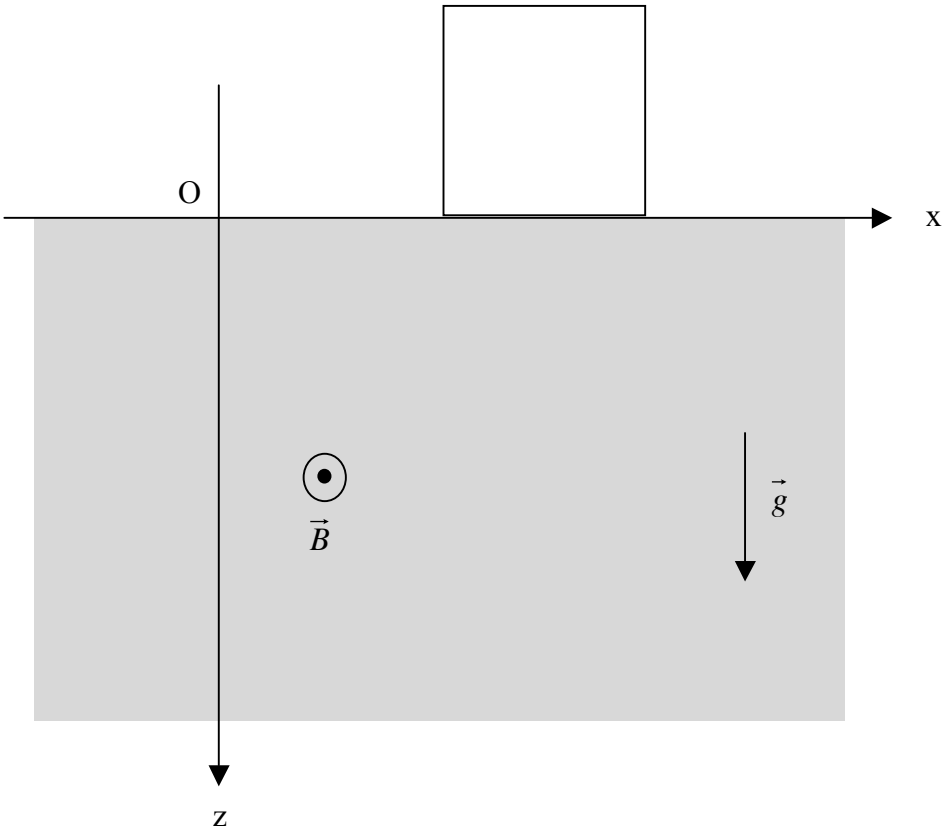
Exercice 4 : Spire tombant dans un champ magnétique uniforme :

Une spire carrée de côté l et de masse m tombe dans le champ de pesanteur uniforme $\vec{g} = -g\vec{u_z}$.

Dans le demi-espace z > 0 règne le champ magnétique uniforme et permanent $\vec{B} = B\vec{u_y}$.

A l'instant t = 0, la spire est lâchée sans vitesse initiale dans la position représentée sur la figure (son côté inférieur est en z = 0).

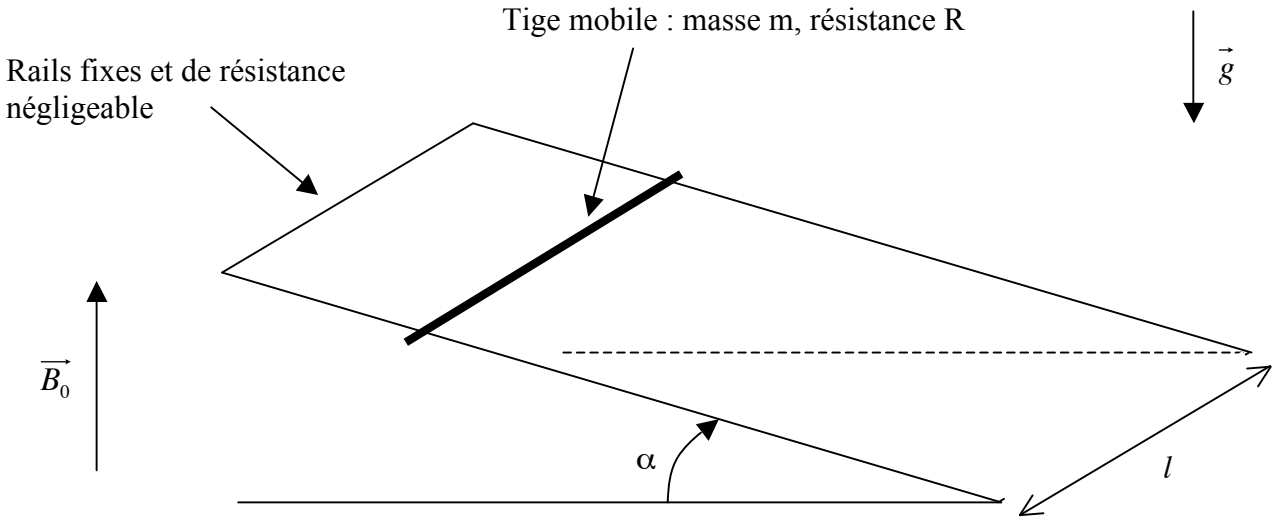
La spire a une résistance R et on néglige son inductance propre.



Calculer la vitesse $v(t) = \dot{z}(t)$ de la spire.

Exercice 5 : Rails de Laplace inclinés :

Une tige métallique de masse m glisse sans frottements sur des rails métalliques de largeur l faisant un angle α avec l'horizontale. Il règne dans tout l'espace un champ magnétique constant et uniforme $\overrightarrow{B_0}$ dirigé selon la verticale (voir schéma).

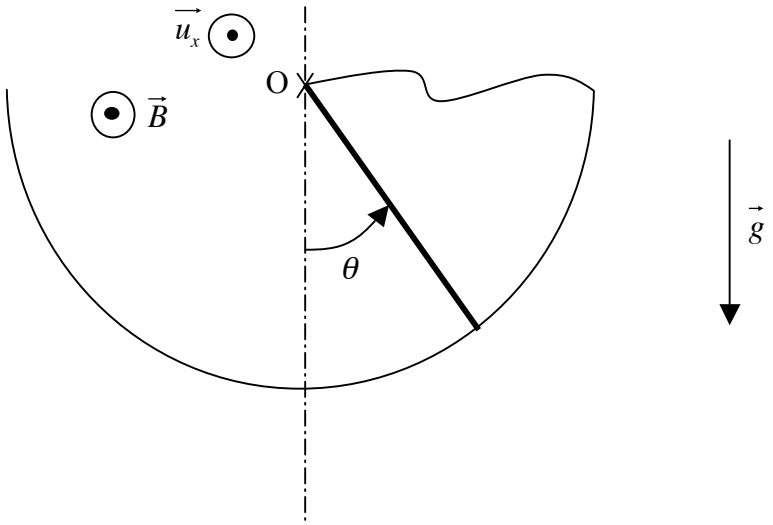


On note R la résistance de la tige et on néglige la résistance des rails.
La tige est abandonnée sans vitesse initiale du haut des rails.

Calculer sa vitesse au cours du temps v(t).

Exercice 6 : Freinage par induction :

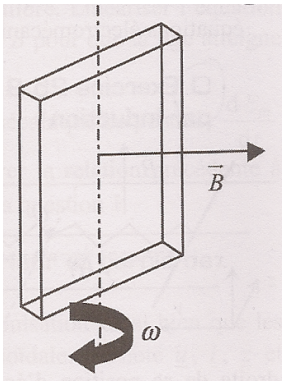
Une barre conductrice peut tourner autour d'un axe horizontal (Ox) tout en étant en contact par son autre extrémité avec un fil conducteur circulaire. Le circuit est fermé par un fil (voir schéma). Il règne dans tout l'espace un champ magnétique constant et uniforme $\vec{B} = B\overrightarrow{u_x}$.



La barre, de masse m et de longueur l, est lâchée à t = 0 d'un angle θ_0 petit.
La résistance de la barre est notée R et les résistances des autres éléments du circuit sont négligeables.
On néglige aussi tous les frottements, que ce soit au niveau de l'axe de rotation (Ox) ou du contact entre la barre et le fil circulaire. On donne le moment d'inertie de la barre par rapport à son extrémité : $J_O = \frac{1}{3}ml^2$ et par rapport à son centre : $J_G = \frac{1}{12}ml^2$.
Déterminer l'équation différentielle satisfaite par $\theta(t)$. En déduire la valeur minimale B_{min} de B pour que la tige atteigne sa position d'équilibre sans osciller.

Exercice 7 : Etablissement du courant dans une bobine en rotation :

On considère une bobine plate comportant N = 500 spires rectangulaires de surface S = 25 cm^2, d'inductance L = 54 mH et de résistance r = 15 Ω. Elle est refermée avec une résistance R = 100 Ω et tourne avec une vitesse angulaire constante ω = 100 $rad.s^{-1}$ dans un champ magnétique constant et uniforme d'intensité B = 300 mT.



On s'intéresse à l'évolution du courant dans la bobine à partir d'un instant initial où il est nul (par exemple, la bobine est connectée à un interrupteur, et à t = 0 on ferme l'interrupteur).

1) Déterminer l'équation différentielle vérifiée par le courant qui circule dans la bobine.

2) Donner l'expression la plus générale de la solution (sans chercher à calculer les constantes), et interpréter les différents termes. Après combien de temps le régime permanent est-il atteint ?

3) Calculer la valeur efficace du courant une fois le régime permanent atteint.