Feuille d'exercices numéro 10

PC

15 novembre 2007

Exercice 1 Le plan (O,x,y) est horizontal, l'axe (O,z) est vertical. Un circuit circulaire de centre O, d'axe (O,y) et de rayon r est plongé dans un champ magnétique créé par une source extérieure $\overrightarrow{B} = B_0 \left(1 + \frac{t}{\tau}\right) \overrightarrow{u}_y$. Déterminer la force électromotrice d'induction $e(t)$.

Exercice 2 Le circuit de l'exercice précédent est formé d'un matériau de résistance linéique λ. Déterminer l'intensité $i(t)$ du courant induit dans le circuit, le champ magnétique induit créé au centre du cercle, et donner la condition de validité du calcul effectué.

Exercice 3 Le circuit circulaire de l'exercice 1 est soumis à un champ magnétique $\overrightarrow{B} = B_0 \cos(\omega t) \overrightarrow{u}_y$. Préciser quelle peut être la source de ce champ et déterminer $e(t)$.

Exercice 4 Le circuit circulaire de l'exercice 1 est soumis à un champ magnétique $\overrightarrow{B} = B_0 \left(\cos(\omega t) \overrightarrow{u}_x + \sin(\omega t) \overrightarrow{u}_y\right)$. Préciser quelle peut être la source de ce champ et déterminer $e(t)$.

Exercice 5 Une bobine est formée de l'enroulement d'un fil de diamètre d sur un cylindre de rayon $r_0 \gg d$ d'axe (O,z) et de longueur $h \gg r_0$. Pourquoi le fil doit-il être gainé ou vernis ? On assimile le champ magnétique à celui créé par un solénoïde infini (on néglige les effets de bord). Calculer le flux d'auto-induction et donner l'expression de l'inductance de la bobine.

Exercice 6 Une spire plate, circulaire de rayon r, comportant N tours de fil, est placée coaxialement au centre d'un solénoïde comportant n spires par mètre. Déterminer l'expression de la mutuelle induction M.

Exercice 7 On reprend les termes de l'exercice précédent, on suppose que la spire est fermée sur un résistor de résistance R, et le solénoïde alimenté par un générateur de tension sinusoïdale $u(t) = e\cos(\omega t)$. On note L_2 l'inductance de la spire. Établir les équations différentielles vérifiées par les intensités i_1 dans le solénoïde et i_2 dans la spire. Expliquer pourquoi un régime sinusoïdal forcé est possible.

Exercice 8 Une spire plate carrée de côté a se déplace dans un plan vertical (O,x,z) selon un mouvement de translation à la vitesse $\overrightarrow{v} = \dot{z}\overrightarrow{u}_z$. Le côté inférieur (horizontal) est à la cote $z_i = z$, le côté supérieur (horizontal) à la cote $z_s = z + a$. Un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B} = B_0 \overrightarrow{u}_y$ (horizontal et perpendiculaire au plan de la spire) règne dans le demi-espace $z < 0$. Déterminer la force électromotrice d'induction créée dans la spire en fonction de z et de $\dot{z}$ en utilisant les deux méthodes du cours.

Exercice 9 La spire décrite à l'exercice précédent est formée d'un fil de masse linéique μ et de résistance linéique λ. Elle est lâchée sans vitesse initiale de la cote $(z_i = 0, z_s = a)$. On néglige tout phénomène d'auto-induction. Déterminer les expressions de l'intensité $i(t)$ et de la cote $z(t)$ lorsque $-a \leq z \leq 0$.

Exercice 10 Un solénoïde idéal comportant n spires par mètre est alimenté par un générateur idéal de courant d'intensité I_0. Une spire plate circulaire de rayon r, comportant N tours de fil, est animée d'un mouvement circulaire à vitesse angulaire constante ω autour de son diamètre vertical fixe (O,z) et perpendiculaire à l'axe (O,x) du solénoïde. Déterminer la force électromotrice d'induction dans la spire.

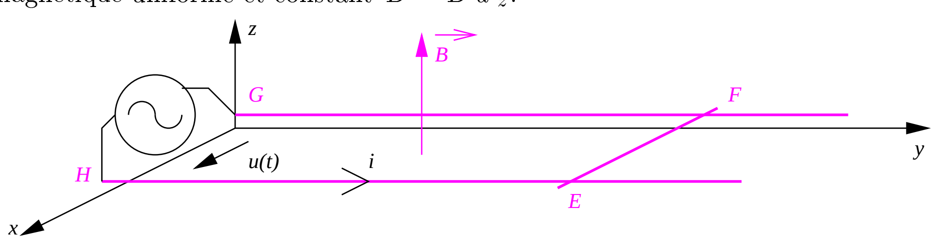
Exercice 11 Dans l'exercice précédent, la spire est fermée sur un résistor de résistance R. On néglige tout phénomène d'auto-induction. Déterminer l'intensité $i(t)$ du courant induit. Le mouvement de rotation de la spire est imprimé par la rotation d'une turbine entraînée par le vent. Expliquer qualitativement pourquoi le fait de débiter un courant dans le résistor provoque un couple mécanique résistant susceptible de ralentir (voire d'arrêter) la rotation de la spire.

Exercice 12 Peut-on appliquer la loi de Faraday pour obtenir l'équation électrique du haut-parleur électrodynamique ?

Exercice 13 Avec un fil de diamètre d, on réalise un bobinage cylindrique de rayon $r \gg d$ sur une longueur totale h. Avec le même fil, on effectue un bobinage sur le premier solénoïde, de même rayon et de même longueur, mais en effectuant deux tours. On dispose ainsi de deux solénoïdes superposés, de rayons et de longueurs sensiblement égales, le second comportant deux fois plus de spires par mètre que le premier. Le second est fermé sur un résistor de résistance R, le premier alimenté par un générateur sinusoïdal de tension $u(t) = U_0 \cos(\omega t)$. On néglige les effets de bord ; on pose $L = \frac{\mu_0 \pi r_0^2 h}{d^2}$ et on suppose que $R = 4L\omega$. Établir les expressions des inductances L_1 et L_2 et du coefficient de mutuelle induction M. En déduire les équations différentielles liant i_1 et i_2, et déterminer leurs expressions en régime sinusoïdal forcé.

Exercice 14 **Puissance mécanique consommée par un alternateur monophasé**. Une spire carrée $(EFGH)$ de côté a, orientée, de vecteur normal $\overrightarrow{n}$, alimentant un résistor de résistance R, est mobile autour de son axe vertical Δ passant par les milieux des côtés opposés horizontaux $[E, F]$ et $[H, G]$. Elle est placée dans un champ magnétique uniforme, constant et horizontal $\overrightarrow{B} = B\overrightarrow{u}_x$. On pose $\theta = (\widehat{\overrightarrow{u}_x, \overrightarrow{n}})$. La spire tourne autour de Δ à la vitesse angulaire constante $\omega = \dot{\theta}$. Déterminer la puissance moyenne des forces de Laplace qui s'exercent sur les côtés de la spire. On néglige tout phénomène d'auto-induction.

Exercice 15 **Couplage électromécanique**. Dans le plan horizontal (O, x, y), à partir des points $G(0, 0, 0)$ et $H(d, 0, 0)$, sont tendus deux rails conducteurs parallèles à $\overrightarrow{u}_y$. Entre G et H est branché un générateur basse fréquence imposant une tension $u_{HG} = U_0 \cos(\omega t)$. Une tige EF de masse m, horizontale, de largeur d, glisse en restant au contact des rails et parallèle à $\overrightarrow{u}_x$; sa position est repérée par son ordonnée y et elle subit une force de frottement $\overrightarrow{f} = -\lambda \overrightarrow{v}$. La tige présente une résistance R au passage du courant. Le circuit rectangulaire est plongé dans un champ magnétique uniforme et constant $\overrightarrow{B} = B\overrightarrow{u}_z$.



On néglige tout phénomène d'auto-induction. Établir les équations différentielles liant i et y. Faire un bilan de puissance instantanée. Déterminer l'amplitude Y des oscillations mécaniques de la tige en régime sinusoïdal forcé.

Exercice 16 **Haut-parleur électrodynamique**. Avec les notations du cours, on donne les caractéristiques d'un haut-parleur électrodynamique : pour un son sinusoïdal de fréquence $f = 100\text{Hz}$, $\mathcal{P}_{\text{acoustique}_{\text{moyenne}}} = 30\text{W}$, $\mathcal{P}_{\text{électrique}_{\text{moyenne}}} = 45\text{W}$, $L = 1\text{mH}$, $R = 5\Omega$, $k = 100\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$, $m = 5\text{g}$ et $\lambda = 10\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$. Déterminer numériquement le rendement η, les puissances maximales magnétique, cinétique et élastique.