1 Electrostatique

1.1 ENSSAT 2012

1) Rappeler la relation de passage caractérisant la discontinuité du champ électrique au niveau d'une interface chargée avec une densité surfacique de charges σ(P) où P est un point de l'interface.
2) Obtenir le champ électrostatique créé en tout point de l'espace par une sphère chargée uniformément en surface de densité surfacique de charges uniforme σ_0, de rayon R et de centre O, placée dans le vide.
3) Vérifier que la discontinuité du champ électrique au niveau de la surface de la sphère est bien en accord avec la relation de passage du champ électrique.

1.2 ENSSAT 2011

L'espace est rapporté à un repère galiléen R(O,x,y,z). La région z > 0 est vide. La région z < 0 est remplie d'un métal parfait. La surface du métal (z = 0) porte une charge superficielle $\sigma = \sigma_0 \cos\left(2\pi \frac{x}{p}\right)$, où p est une constante homogène à une longueur. On cherche a priori le potentiel électrique dans le vide sous la forme $V(x,y,z) = f(x)g(y)h(z)$.
1) Le potentiel est indépendant de y : justifier.
2) Enoncer le principe de Curie et proposer une forme raisonnable pour f(x) en justifiant.
3) Etablir l'équation de Poisson et en déduire h(z).
4) A l'aide d'une relation de passage, déterminer l'expression du potentiel et du champ électrique en fonction de σ_0, p, x, z.

2 Magnétostatique

2.1 Champ magnétique d'une couche illimitée de courants rectilignes

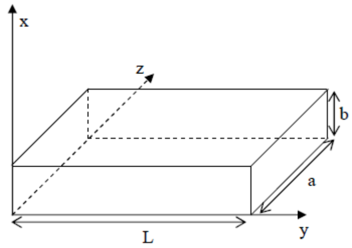
Un courant de densité de courant $\vec{j}$ circuale entre deux plans infinis situés en z = +a et z = -a, avec :

$$\vec{j} = \begin{cases} j_0 \overrightarrow{u_x} & pour \quad z \in [-a;a] \\ \vec{0} & ailleurs \end{cases}$$

Déterminer le champ magnétique en tout point de l'espace.

2.2 Effet Hall (ENSSAT 2011)

Un milieu conducteur métallique (dont les porteurs de charges sont des électrons de charge -e, et de densité volumique n) a une conductivité ϒ et une forme parallélépipédique, dont les dimensions sont indiquées sur le schéma suivant :



1) La face d'équation y = 0 etst portée au potentiel V_0 constante alors que la face d'équation y = L est reliée à la masse. Donner l'expression du champ de vecteurs densité de courants volumiques, noté $\vec{j}(M)$ au sein du milieu conducteur.

2) Tout en maintenant cette différence de potentiel, ce matériau est soumis à un champ magnétique uniforme et permanent de la forme $\overrightarrow{B_0} = B_0 \overrightarrow{u_z}$. De quel signe vont être chargées les faces z = 0 et z = a ?
3) Une différence de potentiel notée UH apparaît entre les faces z = 0 et z = a, telle que $U_H = V(z=a) - V(z=0)$. Exprimer en régime permanent cette tension, dite tension de Hall en fonction de ϒ, V_0, B_0, a, L, n et e. Proposer des applications pour l'effet Hall.

2.3 Mouvement d'une particule (PT 2013)

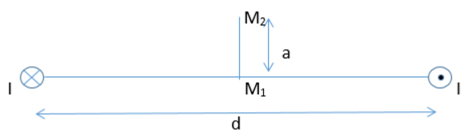
Une particule M(m,q) attachée à un ressort de constante de raideur k et longueur à vide l_0, lui-même attaché en O, se déplace dans le plan xOz. Elle subit l'action d'un champ magnétique uniforme constante suivant $\overrightarrow{u_y}$. On a : $\vec{g} = -g\overrightarrow{u_z}$

1) Ecrire les équations différentielles du mouvement de M.
2) On pose u = x+iz ; quelle est l'équation différentielle vérifiée par u ?
3) Montrer que dans le mouvement de M apparaissent deux pulsations ω_1 et ω_2.

3 Induction

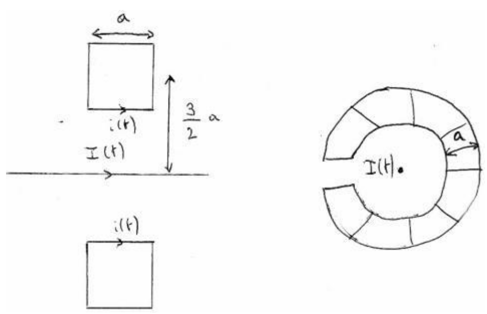
3.1 Oral CCP TSI (Damien Lucca)

On considère deux fils infinis, parallèles, distants de d, parcourus par des courants de même intensité mais de sens contraire.
1) Soit un point M_1 situé entre les deux fils à égale distance des deux, déterminer le champ magnétique en M_1.
2) Soit un point M_2 situé à la distance a de M_1 toujours à égale distance des fils, déterminer le champ magnétique en M_2.
3) Déterminer la force exercée par le premier fil sur le second sur une hauteur h de fil



3.2 Pince Ampèremétrique (CCP TSI)

On souhaite mesurer l'intensité du courant dans un fil d'axe Oz parcouru par un courant d'intensité I(t). Pour cela, on utilise une pince ampèremétrique qui entoure le fil. Cette pince est constitué d'une bobine torique composée de N spires carrées de côté a, d'axe Oz, parcourues par un courant i(t).



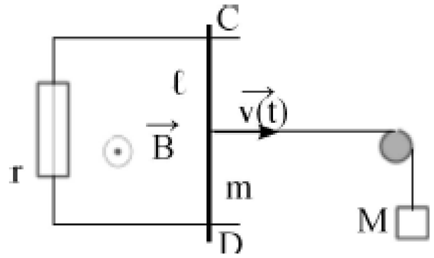
1) Calculer le champ magnétique crée par le fil.
2) Calculer le champ magnétique crée par la bobine.
3) Calculer l'inductance propre de la bobine, puis l'inductance mutuelle entre le fil et la bobine.

On donne : $L = \dfrac{\mu_0 N^2 a}{2\pi} \ln\left(\dfrac{3}{2}\right) \quad et \quad M = \dfrac{\mu_0 N a}{2\pi} \ln\left(\dfrac{3}{2}\right)$

4) Commenter le rapport M/L.
5) Trouver une relation entre I(t) et i(t).

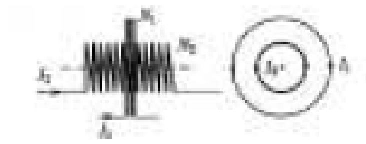
3.3 Rail de Laplace accroché à une poulie

1) On considère dans un premier temps que $\vec{B}$ est nul.
a) Déterminer l'équation différentielle du mouvement de la barre CD.
b) Simplifier cette équation si m est négligeable devant M. En déduire l'expression de $\vec{v}(t)$ si on lâche le barreau sans vitesse initiale.
2) Reprendre les questions a) et b) si $\vec{B}$ n'est pas nul. Montrer alors que $\vec{v}(t)$ atteint une vitesse limite à déterminer.
3) Représenter $\vec{v}(t)$ dans les deux cas. Quel est l'intérêt pratique de ce montage ?



3.4 Inductance propre et mutuelle

Une bobine circulaire de rayon R_1 de N_1 spires enlace un solénoïde idéal de N_2 spires, de longueur l et de rayon R_2.
1) Déterminer l'expression de l'inductance mutuelle M de ces deux circuits.
2) Déterminer l'inductance propre L_2 de la bobine 2 (solénoïde idéal).

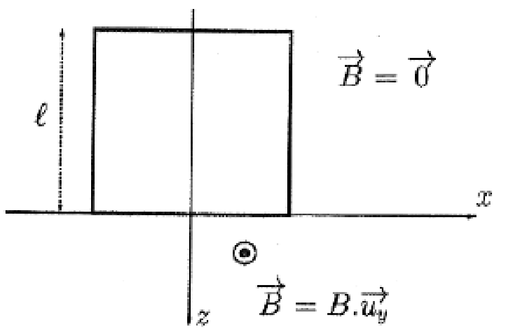


3.5 ENSSAT 2013

1) On enroule un fil conducteur sur un cylindre de rayon R et de longueur l pour former un solénoïde 1 ayant n1 spires/m. A quelle condition peut-on considérer ce solénoïde comme infini ? Donner dans ce cas le champ magnétique $\vec{B_1}$ créé lorsque ce solénoïde est parcouru par un courant $i_1(t)$.
2) Un deuxième enroulement ouvert comportant N2 spires est placé autour du solénoïde 1, sans variation de section. On relève à l'oscilloscope la tension v_B à ses bornes. Donner, dans le cas où le courant i1 est triangulaire, les graphes de $i_1(t)$ et $v_B(t)$.
3) Que peut-on dire de v_B si on ajoute au courant triangulaire i1 une composante continue ?

3.6 Freinage par induction

Un cadre carré de masse m et de côté l assimilé à une résistance R se déplace dans le champ de pesanteur $\vec{g} = g\vec{u_z}$ dans une zone de l'espace où le champ magnétique est stationnaire avec $\vec{B}(z<0)=\vec{0}$ *et* $\vec{B}(z>0)=B\vec{u_y}$ avec B constant. A l'instant t= 0, on l'abandonne sans vitesse initiale au moment où il va entrer dans la zone où $\vec{B}\neq\vec{0}$.



1) Décrire qualitativement ce que va se produire quand le cadre se trouvera dans le champ magnétique.
2) Ecrire l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v(t) du cadre.
3) Donner l'expression de v(t) puis z(t).

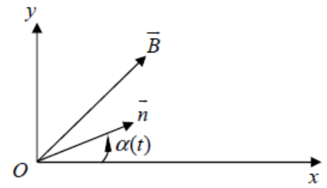
3.7 Moteur asynchrone (ENSSAT 2010)

Un moteur est constitué d'un stator fixe créant au voisinage d'un point O un champ magnétique :

$$\vec{B} = B_0\left[\cos(\omega_0 t)\overrightarrow{u_x} + \sin(\omega_0 t)\overrightarrow{u_y}\right]$$

On modélise le rotor par une spire circulaire d'axe horizontal $(O,\vec{n})$ tournant à la vitesse angulaire constante ω autour de son diamètre Oz . On pose $\alpha(t) = \overrightarrow{u_x},\vec{n} = \omega t + \alpha_0$

1. On désigne par i le courant induit dans la spire et on note R, L et S respectivement la résistance, l'auto-inductance et la surface de la spire. On étudie le régime établi.
Déterminer l'équation électrique du dispositif. En déduire i(t) en régime établi.
2. Déterminer, en régime établi, le couple moyen exercé sur le rotor par les actions mécaniques de Laplace.



4 Energie électromagnétique

4.1 CCP PSI 2013

1) Enoncer la loi d'Ohm locale en précisant les unités.
2) Enoncer le théorème d'Ampère.
3) On considère un conducteur cylindrique de rayon a, de hauteur h et parcouru par un courant $\vec{j} = j\overrightarrow{u_x}$.
a) Exprimer le champ électrostatique.
b) On fait tendre h vers l'infini, exprimer le champ B dans le conducteur.
c) Calculer le vecteur de Poynting et son flux à travers une surface transversale au conducteur.
d) Comparer avec l'énergie dissipée par effet Joule dans le conducteur.

4.2 Puissance rayonnée par un solénoïde

Un solénoïde d'axe Oz, de longueur l comportant n spires par unité de longueur de rayon a est parcouru par un courant d'intensité i(t). On donne le champ magnétique créé par ce solénoïde : $\overrightarrow{B_{\text{int}}} = \mu_0 n i(t)\overrightarrow{e_z}$ à l'intérieur du solénoïde et $\overrightarrow{B_{ext}} = \vec{0}$ à l'extérieur.

1) Exprimer la forme intégrale de l'équation de Maxwell-Faraday (on utilisera $\oint_C \vec{E}\cdot\overrightarrow{dl} = \iint_S \overrightarrow{rot}\vec{E}\cdot\overrightarrow{dS}$).

2) Prouver que le champ $\vec{E}$ est perpendiculaire à l'axe Oz. Exprimer $\vec{E}$ en fonction de μ_0, n, a et $\frac{di}{dt}$.

3) Exprimer la puissance PS(t) sortant du solénoïde.
4) Montrer dans le cadre de l'ARQS que l'énergie est stockée dans le solénoïde essentielllement sous forme magnétique.
5) Déduire d'un bilan énergétique l'expression de l'auto-inductance L du solénoïde.

5 Ondes électromagnétiques

5.1 Oral Centrale TSI (Antoine Rebours)

Un câble coaxial d'axe Oz est composé de deux cylindres coaxiaux :

- l'âme centrale, cylindre de rayon a, est parcourue par un courant : $\underline{I} = I_0 e^{i(\omega t - kz)}$
- la gaine, cylindre rayon b (b > a), est parcourue par un courant : $-\underline{I}$

Le vide règne entre les deux conducteurs et il s'y crée les deux champs :

$$\underline{\vec{E}} = E_0(r) e^{i(\omega t - kz)} \overrightarrow{u_r} \quad et \quad \underline{\vec{B}} = B_0(r) e^{i(\omega t - kz)} \overrightarrow{u_\theta}$$

1) Comment peut-on qualifier l'onde électromagnétique ? Donner la relation liant $\vec{E}$ à $\vec{B}$.

2) Montrer que $B_0(r) = \dfrac{\mu_0 I_0}{2\pi r}$ et en déduire $E_0(r)$.

3) Donner la valeur du rapport $\dfrac{\omega^2}{k^2}$

4) Ecrire le vecteur de Poynting et donner l'expression de l'énergie électromagnétique circulant dans le câble.

On donne : en coordonnées cylindriques

$$\overrightarrow{rot}\vec{a} = \left(\frac{1}{r}\frac{\partial a_z}{\partial \theta} - \frac{\partial a_\theta}{\partial z} \right)\overrightarrow{e_r} + \left(\frac{\partial a_r}{\partial z} - \frac{\partial a_z}{\partial r} \right)\overrightarrow{e_\theta} + \left(\frac{1}{r}\frac{\partial r a_\theta}{\partial r} - \frac{1}{r}\frac{\partial a_r}{\partial \theta} \right)\overrightarrow{e_z}$$

5.2 CCP MP 2013 ou ENSSAT 2012

On considère un miroir plan, assimilé à un conducteur parfait, surmonté par du vide. Une onde plane de vecteur champ électrique $\overrightarrow{E_i} = E_{0,i}\cos(k_i z - \omega t)\overrightarrow{u_x}$ arrive en incidence normale sur le miroir.

Déterminer la structure du champ électromagnétique $(\vec{E}, \vec{B})$ dans tout l'espace. Calculer le vecteur de Poynting et sa valeur moyenne temporelle. Conclure.