Année universitaire 2018/2019

Site : ☐ Luminy ☐ St-Charles ☒ St-Jérôme ☐ Cht-Gombert ☒ Aix-Montperrin ☐ Aubagne-SATIS
Sujet session de : ☐ 1^{er} semestre ☒ 2^{eme} semestre ☐ Session 2 Durée de l'épreuve : 1h30
Examen de : ☐ L1 ☒ L2 ☐ L3 ☐ M1 ☐ M2 ☐ LP ☐ DU Nom diplôme : **Licence Pour l'Ingénieur**
Code Apogée du module : Libellé du module : **Electromagnétisme et capteurs**
Documents autorisés : ☐ OUI ☒ NON Calculatrices autorisées : ☒ OUI ☐ NON

1 Petites questions

1. Considérons un fil conducteur parcouru par un courant électrique $I = I_o$, quelle(s) est (sont) la(les) grandeurs créées à proximité de ce conducteur ?
2. Considérons ce fil conducteur parcouru par un courant électrique $I = I_o\, cos(wt + \phi)$, quelle(s) est (sont) la(les) grandeurs créées à proximité de ce conducteur ?
3. Considérons une boule sphérique chargée avec une charge électrique $+Q$, quelle(s) est (sont) la(les) grandeurs créées à proximité de cette boule ?
4. Décrivez et expliquez une expérience permettant de mettre en évidence le phénomène d'induction (en 5 lignes max avec eventuellement un schéma).

2 Décollage

Considérons un plan conducteur, à $z = 0$, d'épaisseur négligeable et de grandes dimensions latérales selon x et y (le plan sera supposé infini). On suppose ce plan chargé avec une densité surfacique de charge σ.

1. En faisant une analyse des symétries du problème, déduire la direction du champ électrique. Comparer le champ électrique en un point $M = (x, y, z > 0)$ au dessus du plan chargé et au point $M' = (x, y, -z)$ symétrique de M par rapport au plan chargé.
2. En faisant une analyse des invariances du problème, déduire en fonction de quelle(s) variables(s) varie le champ électrique.
3. Exprimer et calculer le champ électrique pour $z > 0$ et $z < 0$. On pourra, pour cela, utiliser au choix :
   - le théorème de Gauss sur une surface fermée correctement choisie, ou
   - la condition de passage d'une interface chargée pour le champ électrique : le saut de la composante normale du champ électrique est égale à la densité surfacique de charge divisée par la permittivité de l'air ε_0.

On pose un disque métallique très petit, de surface S et de masse m, initialement non chargé, sur ce plan conducteur. On admettra que dès que le disque est en contact avec le plan, le disque et le plan sont chargés avec la même densité surfacique de charge σ.

4. Calculer la force de Coulomb exercée par le plan chargé sur le disque.
5. A l'aide d'un bilan des forces, en déduire la densité surfacique de charge σ à partir de laquelle, le disque se soulève.

Données : $g = 9,81\,\text{m/s}^2$, $m = 50\,\text{mg}$, $S = 50\,\text{mm}^2$, $\epsilon_0 = 8.85\,10^{-12}\,\text{F/m}$.

3 Induction

Deux bobines plates identiques à N spires circulaires sont placées coaxialement à une distance d. Une bobine plate est d'épaisseur ℓ négligeable devant son rayon R. On rappelle la formule du champ magnétique créé par **une** spire circulaire sur son axe :

$$\mathbf{B} = B_0 \sin^3\alpha\ \mathbf{u}_x \qquad B_0 = \frac{\mu_0 i}{2R} \qquad \sin\alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + x^2}} \tag{1}$$

lorsque la spire de rayon R est traversée par un courant d'intensité i. Dans cette formule, x est la coordonnée de l'axe de la spire, dont le centre coincide avec $x = 0$. La perméabilité de l'air est donnée à $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}\,\mathrm{H/m}$.

1. Donner une expression du coefficient d'inductance propre L de l'une des bobines. On suppose le champ magnétique uniforme sur l'aire des spires.
2. Donner une expression de la valeur absolue $|M|$ du coefficient d'inductance mutuelle M des deux bobines. On suppose encore le champ magnétique uniforme sur l'aire des spires.
3. Discuter du signe de M en fonction de l'orientation relative des deux bobinages. Faire un schéma illustratif.
4. Calculer $|M|$ pour des bobines comptant chacune 1000 spires de rayon 5 cm et placées à une distance centre à centre de 1 m.
5. La première bobine est branchée sur un générateur de courant continu d'intensité I_1, tandis que la seconde est reliée à un oscilloscope. Donner l'expression du flux Φ du champ magnétique captée par la seconde bobine, et de la tension $u_2(t)$ mesurée à l'oscilloscope.
6. La première bobine est maintenant branchée sur un générateur basse fréquence délivrant une intensité sinusoïdale $i_1(t) = \frac{I_{1\mathrm{eff}}}{\sqrt{2}} \sin(2\pi f t)$ de valeur efficace $I_{1\mathrm{eff}}$ à la fréquence f. Donner l'expression du flux Φ du champ magnétique captée par la seconde bobine, et de la tension $u_2(t)$ mesurée à l'oscilloscope.
7. L'oscilloscope est remplacé par un volmètre alternatif. Calculer la tension efficace $U_{2\mathrm{eff}}$ mesurée par le voltmètre pour un générateur basse fréquence réglé sur une fréquence $f = 10\,\mathrm{kHz}$ et une intensité efficace $I_{1\mathrm{eff}} = 100\,\mathrm{mA}$. On utilisera pour $|M|$ la valeur trouvée en question 4.