



Année universitaire 2017/2018

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**
 Documents autorisés : OUI NON Calculatrices autorisées : OUI NON

1 Capteur de niveau

On considère un récipient isolant parallélépipédique de hauteur L , de largeur ℓ et de profondeur e placé entre deux plaques métalliques parallèles. Ces plaques forment les électrodes d'un condensateur dans un circuit électrique non précisé. La charge $+Q > 0$ est portée par la plaque de gauche, et le condensateur est globalement neutre.

1. Donner l'unité de charge électrique, et préciser son symbole. Donner l'unité de potentiel d'un conducteur, et préciser son symbole.
2. Quelle est la charge de la plaque de droite ?
3. Quelle est la plaque de plus haut potentiel ?
4. Quelle est le sens du champ électrique dans le récipient isolant ?

Le récipient est rempli d'air de permittivité $\epsilon_0 = (8,85 \pm 0,01) \text{ pF/m}$ (picofarads par mètre, le préfixe pico désignant 10^{-12} fois l'unité). On donne la formule de la capacité du condensateur rempli d'air

$$C_{air} = \epsilon_0 \frac{L\ell}{e}.$$

5. Sous quelles conditions peut-on considérer que les lignes de champ électriques entre les plaques sont des lignes horizontales régulièrement espacées. Pour toutes les questions suivantes de cet exercice, ces conditions seront supposées remplies, et le champ sera considéré uniforme.
6. Les mesures suivantes sont effectuées à la règle sur le récipient :

$$L = (125 \pm 1) \text{ mm} \qquad \ell = (80 \pm 1) \text{ mm} \qquad e = (20 \pm 1) \text{ mm}$$

Calculer la capacité C_{air} son incertitude relative $\frac{\Delta C_{air}}{C_{air}}$, et présenter la valeur de cette capacité avec le nombre de chiffres significatifs adéquat.

7. Comment améliorer la précision (réduire l'incertitude) de cette mesure de capacité ?

Le récipient est totalement rempli avec de l'eau de permittivité $\epsilon = (80 \pm 1)\epsilon_0$ et de conductivité électrique γ comprise entre $0,5 \text{ mS/m}$ (milliSiemens par mètre) et 50 mS/m . On donne la formule de C_{eau} la capacité du condensateur rempli d'eau, et R_{eau} sa résistance de fuite.

$$C_{eau} = \epsilon \frac{L\ell}{e} \qquad R_{eau} = \frac{1}{\gamma} \frac{L\ell}{e} \qquad (1)$$

8. Calculer la capacité C_{eau} son incertitude relative $\frac{\Delta C_{eau}}{C_{eau}}$, et présenter la valeur de cette capacité avec le nombre de chiffres significatifs adéquat.
9. Calculer la valeur minimale R_{min} de la résistance de fuite R_{eau} .
10. À la fréquence f , l'admittance complexe du condensateur à fuite s'écrit :

$$Y = \frac{1}{R_{eau}} + j2\pi f C_{eau}$$

Cette admittance correspond-elle à un condensateur et une résistance en série ou en dérivation ?

11. A partir de quelle fréquence peut-on négliger la résistance de fuite ? Dans les questions suivantes, cette résistance est négligée

Le récipient est partiellement rempli avec de l'eau, jusqu'à une hauteur h comprise entre 0 et L .

12. En supposant que le condensateur partiellement rempli est équivalent à un condensateur de dimensions (h, ℓ, e) rempli d'eau en dérivation avec un condensateur de dimensions $(L - h, \ell, e)$ rempli d'air, donner l'expression de la capacité $C(h)$ du condensateur partiellement rempli.

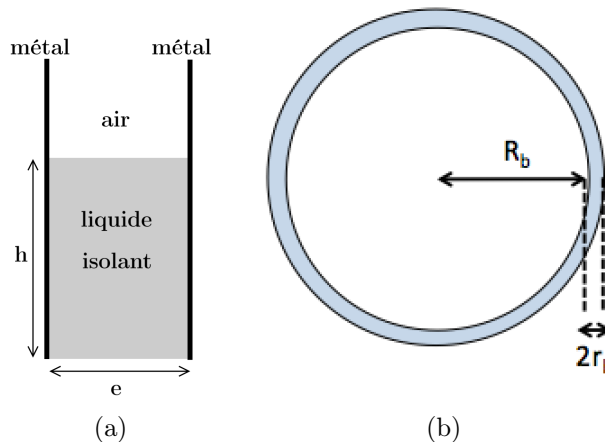


FIGURE 1 – (a) Exercice 1 : schéma du système. (b) Exercice 2 : bobine torique

2 Inductance propre

On considère deux circuits électriques :

- un solénoïde, notée A, de longueur d_a , constituée de N_a spires circulaires de rayon R_a , parcourues par un courant I_a
- une bobine torique, notée B, constituée de N_b spires circulaires de rayon r_b , parcourues par un courant électrique I_b . Le grand rayon du tore est noté R_b .

1. On commence par l'étude du circuit A. Faire un schéma de ce circuit montrant le sens du courant et la direction et le sens du champ magnétique.
2. Dans l'approximation du solénoïde infini, le champ magnétique intérieur a pour amplitude $\frac{\mu_0 N_a I_a}{d_a}$ où μ_0 est la perméabilité de l'air. Quelle condition sur les données de fin d'exercice peut justifier l'utilisation de cette approximation pour le circuit A.
3. Exprimer le flux magnétique à travers une spire, puis à travers les N_a spires du circuit A. Donner l'unité du flux magnétique dans le Système International (SI).
4. Définir l'inductance propre d'une bobine et donner son unité dans le SI.
5. Exprimer l'inductance propre L_a de la bobine A dans l'approximation du solénoïde infini.
6. En réalité, le champ magnétique au niveau des extrémités du solénoïde est-il d'amplitude plus élevée que $\frac{\mu_0 N_a I_a}{d_a}$ ou moindre ? En déduire si l'expression L_a surestime ou sous-estime l'inductance réelle du circuit A.
7. On s'intéresse maintenant au circuit B. Faire un schéma de ce circuit montrant le sens du courant et la direction et le sens du champ magnétique.
8. Le théorème d'Ampère permet d'établir l'amplitude $\frac{\mu_0 N_b I_b}{2\pi\rho}$ du champ magnétique intérieur au circuit B, avec ρ la distance à l'axe du tore. Quelle condition sur les dimensions du circuit B permet de justifier l'approximation $\rho \simeq R_b$ pour l'amplitude de ce champ intérieur ?
9. Utiliser cette approximation pour exprimer le flux magnétique à travers une spire, puis à travers les N_b spires du circuit B, et finalement l'inductance propre L_b de ce circuit.
10. Comment choisir le grand rayon R_b de la bobine B pour que les deux inductances L_a et L_b soient égales ?
11. Pour cette valeur du grand rayon R_b , la condition sur les dimensions du circuit B est-elle remplie ?

Données : $R_a = 0,01 \text{ m}$, $d_a = 1 \text{ m}$, $r_b = 0,01 \text{ m}$, $I_a = I_b = 1 \text{ A}$, $N_a = N_b = 1000$