Deuxième année FIMI **Année 2018/2019**

Interrogation de Physique n° 1

Lundi 14 octobre 2019 **Durée : 1 h 30**

Barème indicatif : exercice 1 : 8 points, exercice 2 : 5,5 points ; exercice 3 : 3,5 points ; exercice 4 : 3 points.
Calculatrice et formulaire non autorisés.

Le sujet est constitué de quatre exercices totalement indépendants.
Les erreurs dimensionnelles dans les résultats seront sanctionnées.

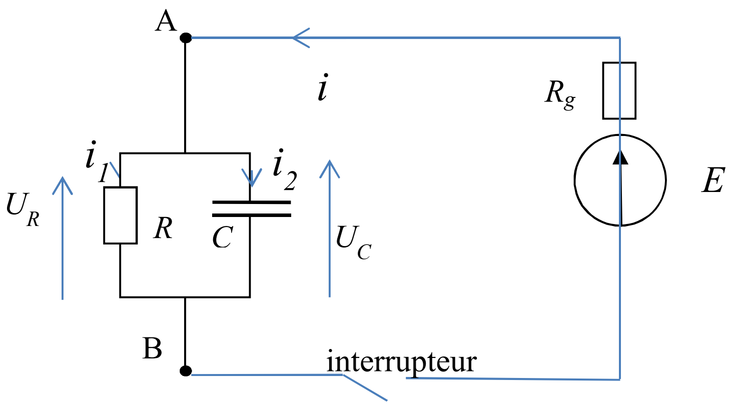
Opérateur divergence en coordonnées cartésiennes : $div(\overrightarrow{X}) = \frac{\partial(X_x)}{\partial x} + \frac{\partial(X_y)}{\partial y} + \frac{\partial(X_z)}{\partial z}$

Opérateurs gradient et divergence en coordonnées sphériques

$$\overrightarrow{grad}(V) = \frac{\partial V}{\partial r}\overrightarrow{u_r} + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \theta}\overrightarrow{u_\theta} + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial V}{\partial \varphi}\overrightarrow{u_\varphi} \qquad div(\overrightarrow{X}) = \frac{1}{r^2\sin\theta}\left(\frac{\partial(r^2\sin\theta X_r)}{\partial r} + \frac{\partial(r\ \sin\theta X_\theta)}{\partial \theta} + \frac{\partial(rX_\varphi)}{\partial \varphi}\right)$$

1- Electrocinétique :

Un condensateur réel est modélisé par l'association en parallèle d'un condensateur idéal de capacité C et d'une (grande) résistance R, dite résistance «de fuite».



Le condensateur étant initialement déchargé (q = 0), à t= 0 on ferme le circuit sur une source réelle de tension, de f.e.m E et de résistance interne R_g.

1/ A t = 0+ que valent i, i_1, i_2 ? Justifier brièvement.

2/ En régime établi, (le condensateur étant chargé), que vaut i_1 ? Justifier l'expression de «courant de fuite» en comparaison d'un condensateur idéal.

3/ Etablir les équations $i_2 = RC\, di_1/dt$ et $(R_g+R)i_1 + R_g RC\, di_1/dt = E$

4/ Déterminer les expressions de i_1 et i_2 en fonction du temps.

5/ Le condensateur étant chargé, on ouvre le circuit. Mettre en équation sa décharge à partir du nouveau temps t= 0 de l'ouverture puis préciser sa durée caractéristique. En quoi diffère-t-elle de la durée caractéristique de charge ?

Application numérique : comparer les deux constantes de temps si $R_g = 50\ \Omega$, $R = 10^6\ \Omega$, $C = 5\ \mu F$.

6/ On branche en A et B une dérivation comportant une bobine idéale L (résistance supposée nulle). Cela équivaut à un dipôle à trois branches parallèles contenant respectivement R, L et C.

En régime sinusoïdal établi de pulsation ω, donner l'impédance complexe du dipôle équivalent. Donner sa limite pour ω très grand, pour ω tendant vers zéro et pour ω tendant vers $\omega_o = 1/(LC)^{1/2}$. Pour cette dernière pulsation, justifiez l'expression de «circuit antirésonant» en intensité.

2- Electrostatique

Soient deux sphères ayant le même centre O et les rayons R_{int} et R_{ext}. On remplit l'espace entre elles d'un isolant portant la densité volumique de charges uniforme $\rho_o > 0$. On supposera la permittivité de l'air et celle de l'isolant égales à ε_0.

1/ Par un raisonnement soigneux s'appuyant sur un schéma, déterminer la direction du champ électrique créé par la distribution en un point de l'espace de coordonnées sphériques (r, θ, ϕ), ainsi que les variables dont il dépend. Que vaut le champ en O ?

2/ Calculer le champ E en tout point de l'espace par la méthode de votre choix, en apportant toutes les justifications nécessaires.

3/ En déduire le potentiel V pour $r > R_{ext}$ en le supposant nul infiniment loin de O.

3- Magnétostatique

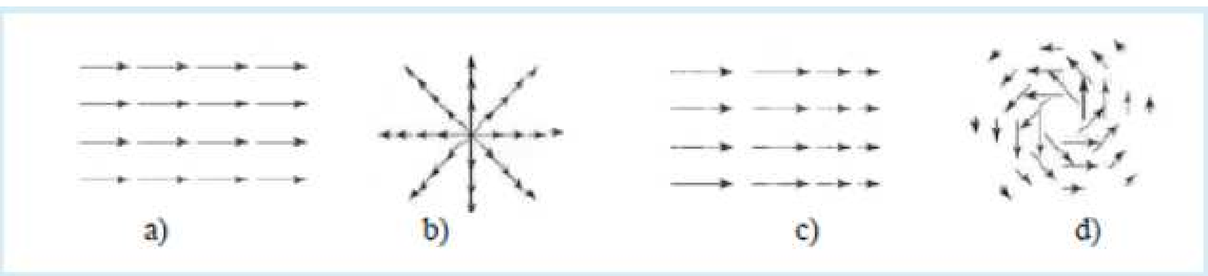
Un courant continu circule dans un fil rectiligne infiniment long assimilé à un cylindre de rayon *a*. La résistivité n'est pas uniforme dans l'épaisseur du fil, ce qui conduit à une densité de courant $\overrightarrow{J(r)} = J_o\,(r/a)^2\,\overrightarrow{u_z}$ non uniforme.

1/ Calculer l'intensité circulant dans le fil en fonction de J_o et *a*.

2/ On suppose la perméabilité magnétique de l'air et celle du métal du fil égales à μ_0. Par un raisonnement soigneux s'appuyant sur un schéma, déterminer la direction du champ magnétique $\vec{B}$ créé par la distribution de courants en tout point de l'espace de coordonnées cylindriques (r, θ, z) y compris sur l'axe (Oz), ainsi que les variables dont $\vec{B}$ dépend.

4- Questions d'application du cours issues des QCM

1) La/lesquelles des cartes de champ ci-dessous ne peuvent pas être celle/s d'un champ B ? Justifier.



2) On dispose de 5 boules de rayon *a* chargées uniformément en volume, portant chacune la charge *Q*. On les empile sans espacement le long de l'axe *Oz*, entre les cotes $z=-5a$ et $z=+5a$. Peut-on calculer **le flux $\Phi(r)$** du champ électrique créé par la distribution sortant d'une sphère de centre *O* et de rayon $r = a$? Si non, pourquoi ? Si oui, combien vaut-il ? Justifier.