Cnam

Examen de 2ème session PHR 011

Electricité : électrostatique, électromagnétisme

Mardi 10 septembre 2013 de 18 h à 20 h

Documents (cours et ED) autorisés – Calculatrices autorisées

<u>Téléphones portables et tablettes (de toute marque) non autorisés</u>

Problème n°1 (4 points)

Au voisinage immédiat de la surface de la Terre supposée sphérique, on relève un champ électrique vertical et dirigé vers le bas, de module 100 V. m^{-1}.

1. A quelle densité uniforme de charge superficielle ce champ correspond-il ?

2. Quelle est la charge totale Q portée par la Terre, sachant que son rayon *R* est 6,37 10^{6} m?

3. Lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère, le champ électrique conserve les mêmes direction et sens qu'au sol, mais son module $\left|\vec{E}\right|$ varie en fonction de l'altitude z (en mètres) selon la loi :

$$\left|\vec{E}\right| = E_0 \exp\left(-\frac{768\ z}{R}\right) \ avec\ \ E_0 = 113{,}1\, V.m^{-1}$$

Calculer la différence de potentiel entre un point d'altitude z = 5 km et le sol.

Problème n°2 (5 points)

1. A l'aide d'un schéma, rappeler l'expression de la force de Lorentz sur une charge ponctuelle.

2. Une particule ponctuelle de masse m et de charge q positive est soumise à l'action d'un champ électrostatique $\vec{E}$ uniforme et d'un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme, tous les deux parallèles à l'axe Oz.

On néglige l'action de la pesanteur et on considère que la vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ est dirigée suivant l'axe Ox.

a. A partir du principe fondamental de la dynamique $\left(\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\,\vec{a}\right)$ établir les équations différentielles régissant le mouvement de la particule.

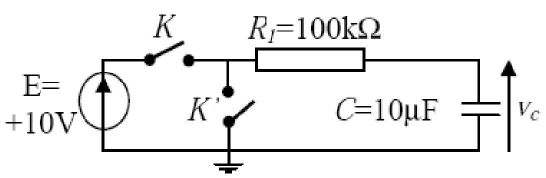
b. En partant des expressions **<u>des dérivées premières et secondes de v_x et v_y</u>** $\left(\frac{d\,v_x}{d\,t}, \frac{d^2\,v_x}{d\,t^2}, \frac{d\,v_y}{d\,t}, \frac{d^2\,v_y}{d\,t^2}\right)$, montrer que les solutions générales des équations différentielles en x et y sont respectivement :

$$\begin{cases} x(t) = \dfrac{v_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t \\ y(t) = \dfrac{v_0}{\omega_0} \left(\cos(\omega_0 t) - 1\right) \\ avec : \omega_0 = \dfrac{q B}{m} \end{cases}$$

Rappel mathématique : la solution générale d'une équation différentielle de second ordre de la forme $\frac{d^2 z}{d t^2} + \omega_0^2 z = 0$ est $z(t) = z_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$

Problème n°3 (11 points)

Charge d'un condensateur



Le circuit représenté ci-contre fait apparaître un condensateur C dont la charge est possible à la fermeture de l'interrupteur K.
A t = 0, on considère le condensateur déchargé, on ferme alors K.

1) Sans aucun calcul, préciser quelles sont les valeurs de $V_C(t = 0)$, $V_C(t \to \infty)$, $i_C(t = 0^+)$, $i_C(t \to \infty)$.

2) En utilisant les lois fondamentales des circuits, écrire l'équation différentielle qui en découle sous la forme qui vous semble la plus adaptée au problème (pour $t \geq 0$).

3) Résoudre cette équation et écrire l'expression de $V_C(t)$ et $i_C(t)$.

4) Représenter ces deux grandeurs sur un graphique en fonction du temps et retrouver les résultats de la question 1. Préciser quelle est la valeur de la tension V_C à t = 0,1s , t = 1s et t = 10s . Conclure.

5) A $t = t_1 = 1$s, on ouvre K et on ferme K'. Déterminer les expressions de $V_C(t)$ et $i_C(t)$ pour $t > t_1$ et les représenter.

Décharge et imperfection d'un condensateur

Au temps $t = t_1 >> 10$s, on ouvre l'interrupteur K sans fermer K'.

6) Que se passe t'il alors dans le circuit ?

7) En réalité, pour un grand nombre de condensateurs bon marché, on observe une décharge assez rapide de la tension V_C. Ceci est dû à une résistance parasite R_2 dont il faut tenir compte, en parallèle avec C. Représenter alors le schéma équivalent au circuit réel.

8) En supposant, pour simplifier que le nouveau temps t = 0 est calé sur l'ouverture de l'interrupteur, calculer les évolutions de $V_C(t)$ et les représenter sur un graphique en fonction du temps.

9) En tenant compte de la résistance parasite $R_2 = 200$ kΩ, est-ce que la charge de C s'effectue bien conformément aux calculs effectués dans la partie précédente ?

10) Résoudre donc à nouveau le régime transitoire correspondant à la charge de C (on reprendra t=0 comme origine de la fermeture après décharge complète) et représenter à nouveau $V_C(t)$.

11) Le phénomène étudié peut intervenir dans le cadre d'un montage ou d'un TP. Expliquer les précautions à prendre pour l'éviter ou l'expliquer.