

CONCOURS D'ENTREE 1996

EPREUVE DE PHYSIQUE

OPTION BIOLOGIE-MATHEMATIQUES

DUREE :3 heures.

N.B.: Ce document comporte 5 pages de texte.

EXERCICE I

I. Puissance moyenne et haute tension

Un générateur de courant alternatif sinusoïdal fournit une puissance moyenne P_m , sous une tension efficace U_{eff} ; une ligne électrique de résistance linéique r par conducteur, sert à transporter cette puissance à une distance D .

1. Quelle est en fonction de r , D , U_{eff} et P_m , la puissance totale perdue par effet Joule dans la ligne?

2. Pour diminuer cette perte, le distributeur d'énergie utilise entre le générateur et la ligne, un transformateur élévateur de tension; ce transformateur, idéal, a certaines propriétés:

- * la tension de sortie est alternative sinusoïdale de même pulsation que celle du générateur. U_{eff} et U'_{eff} sont les valeurs efficaces des tensions à l'entrée et à la sortie du transformateur.

- * la puissance moyenne est la même à l'entrée et à la sortie

- * le facteur de puissance ($\cos \phi$) vaut 1 à l'entrée et à la sortie

On donne:

$r = 4 \times 10^{-4} \text{ W/m}$; $D = 200 \text{ km}$

$P_m = 1 \text{ MW}$; $U_{\text{eff}} = 4 \text{ kV}$; $U'_{\text{eff}} = 125 \text{ kV}$.



2.a. Calculer numériquement, en valeur absolue et en valeur relative, les pertes dans la ligne. (après la sortie du transformateur)

2. b. A quelle difficulté se heurterait-on si on se proposait de transmettre cette même puissance sous la tension U_{eff} du générateur ? (sans utiliser le transformateur)

3. Les tensions efficaces sous lesquelles l'énergie électrique est transportée à grande distance sont passées, approximativement, de 45 kV (en 1890) à 380 kV (en 1950) pour dépasser actuellement, dans certains cas, le MV: quelle explication simple pouvez-vous proposer pour ce constat ? Quels inconvénients voyez-vous à ce procédé ?

4. On supprime la ligne et on branche la sortie du transformateur précédent (constituant les bornes d'un générateur idéal de courant alternatif sinusoïdal, de pulsation ω , de tension efficace U_{eff}) sur un circuit comprenant en série, une bobine (résistance R , inductance L) et un condensateur (capacité C) susceptibles de supporter des tensions très élevées.

4. a. Quelles sont les expressions des pulsation (ω_0) et fréquence (f_0) de résonance d'intensité ?

4. b. Établir l'expression du rapport des tensions efficaces aux bornes du condensateur et aux bornes du circuit, en fonction de la pulsation ω .

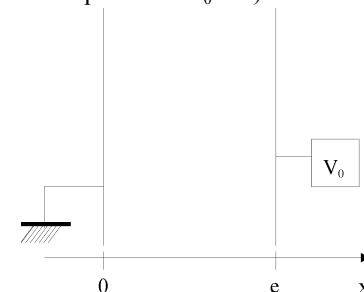
4. c. Quelle valeur prend ce rapport à la résonance ? Quel intérêt peut présenter le circuit si le facteur de qualité est très élevé ?

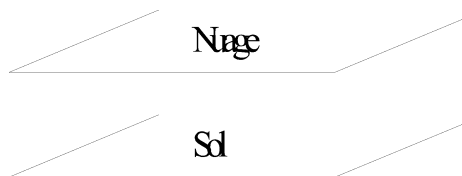
II. Théorème de Gauss

1. On considère 2 plaques conductrices, planes, rectangulaires, d'aire S , parallèles plongées dans l'air (permittivité diélectrique absolue égale à celle du vide $\epsilon_0 = 1/(36 \cdot \pi \cdot 10^9)$ unités S.I.) distantes de e (e est très inférieur aux dimensions des plaques. L'une des plaques est au potentiel zéro, l'autre au potentiel $V_0 > 0$).

1. a. En admettant, qu'entre les plaques, le champ électrique soit uniforme et en utilisant le théorème de Gauss déterminer l'expression de ce champ électrique E en fonction de e , V_0 et du vecteur directeur de Ox . En déduire, en fonction de x , e et V_0 , le potentiel en tout point, pour $0 < x < e$.

1. b. En déduire l'expression de la capacité C , de ce condensateur.

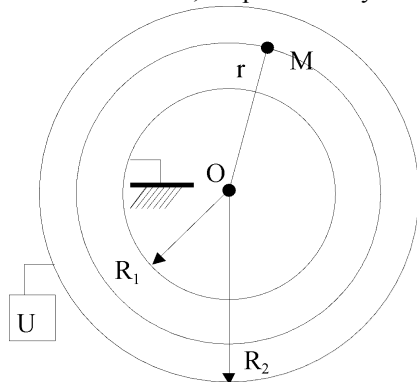




On considère le condensateur formé par la partie inférieure d'un nuage (carré de 10 km de côté) et le sol distant de 2 km.

2. a. Quelle est la valeur numérique de la capacité du condensateur ainsi modélisé ?
2. b. Dans certaines conditions, ce condensateur, peut prendre une charge Q_0 très importante.
Le champ électrique dans l'espace entre le nuage et le sol peut ainsi devenir très élevé et produire, un phénomène d'ionisation des molécules d'air et une décharge électrique (éclair). Sachant que ce champ limite ($E_{\max}$) est estimé pour cette altitude, à 25 kV/m, quelle est la tension nuage-sol au moment de l'éclair ?
2. c. Quelle est, dans ces conditions, la valeur numérique de l'énergie emmagasinée dans ce condensateur ? Quelle serait sa valeur "marchande", à raison de 0,70 F le coût du kilowattheure (kWh) ?

3. On considère 2 plaques métalliques sphériques, concentriques, de rayons R_1 et R_2 ($R_2 > R_1$), portées aux potentiels 0 et U ; on admet qu'entre les sphères, le champ électrique est à symétrie sphérique et que sa norme n'est fonction que de la distance au centre O ; la sphère de rayon R_1 porte une charge Q_0 (< 0) uniformément répartie.



3. a. Déterminer l'expression du champ électrique E au point M , en fonction de ϵ_0 , Q_0 , r et u (voir figure).

3. b. En tenant compte qu'entre les 2 sphères le champ électrique ne peut dépasser la valeur $E_{\max}$, déterminer l'expression du potentiel maximal de la sphère de rayon R_2 , (on supposera $R_2 \gg R_1$) en fonction de $E_{\max}$ et de R_1 .

3. c. *Application numérique:* On prendra $E_{\max} = 30$ kV/cm et $R_1 = 1$ m. Calculer la valeur numérique de ce potentiel maximal. Quel intérêt peut présenter le système ?

EXERCICE II

On considère un référentiel galiléen d'origine O , d'axes orthonormés Ox , Oy , Oz : il y règne un champ magnétique $\mathbf{B}$ $(0,0,B)$ uniforme et permanent. Une particule ponctuelle, de charge q Positive de masse m , pénètre en O avec une vitesse initiale $\mathbf{V}_0$ $(V_0, 0, 0)$.

On pose $\omega_0 = q.B/m$, $R = V_0/\omega_0$

On utilisera la notation , pour désigner les dérivées temporelles successives de f .

1. a. Écrire, en fonction de q , B , , , les composantes de la force subie par la charge q , dans le champ magnétique $\mathbf{B}$.
1. b. En déduire les équations différentielles permettant d'étudier le mouvement de la particule; on introduira ω_0 et on montrera que le mouvement est plan.
1. c. Déterminer les équations paramétriques $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$ de ce mouvement. Préciser clairement la trajectoire, en justifiant soigneusement le raisonnement.
1. d. Quelles sont, à la date $t = \pi/\omega_0$, les coordonnées du point P . atteint par la particule.

Dessiner, qualitativement, la trajectoire de cette particule entre $t = 0$ et $t = \pi/\omega_0$.

1. e. Quelle est la variation d'énergie cinétique de la particule entre ces 2 dates ?
2. La vitesse initiale est modifiée comme ci-contre: $\mathbf{V}_0$ $(V_0 \cos \alpha, V_0 \sin \alpha, 0)$. Le champ magnétique est inchangé.
- 2 a En reprenant la méthode suivie précédemment, déterminer les nouvelles équations paramétriques $x(t)$, $y(t)$ du mouvement. Vérifier que pour $\alpha = 0$, on retrouve les résultats précédents.
2. b. Quelles sont, à la date $t = \pi/\omega_0$, les coordonnées du point Q . atteint par la particule.

Que peut-on dire des points P et Q lorsque α est petit ?

2. c. On se place dans ce cas (α petit) et on considère l'ensemble des particules:

- injectées au même point O
- de vitesse initiale de norme constante, mais d'inclinaison variable, comprise entre $+\alpha$ et $-\alpha$.

Dessiner, qualitativement, l'allure générale de ces trajectoires, commenter la figure en termes d'optique.

3. Citer 2 applications pratiques du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique
