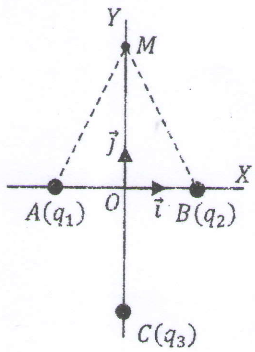
Université A.Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département de Technologie – 1ère Année ST

Année universitaire 2017/2018
Session normale
Durée : 02 h

Examen de Physique 2

Exercice 1 : (05 points)

Dans le plan OXY, trois charges $q_1 = q_2 = q > 0$ et $q_3 = -q$ sont placées aux points $A\left(-\frac{a}{2}, 0\right)$, $B\left(+\frac{a}{2}, 0\right)$ et $C(0, -a)$, respectivement (voir figure ci-contre).

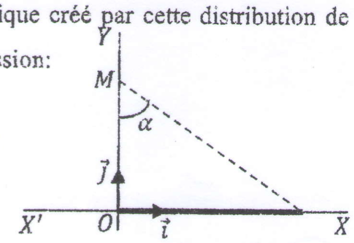


1. Trouver, en fonction de q, y et a, les expressions du champ et du potentiel électrostatique créés par les trois charges au point $M(0, y)$, tel que $y > 0$ (Faites un schéma) ;
2. Donner l'énergie interne du système formé par les trois charges q_1, q_2 et q_3 ;
3. Déduire la force subie par une charge ponctuelle $q_4 = q > 0$ placée au point M et son énergie potentielle électrostatique.

Exercice 2 : (04 points)

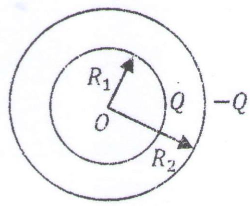
Un fil fini, confondu avec l'axe (OX) est uniformément chargé avec une densité linéique $\lambda > 0$, comme le montre la figure ci-contre. Calculer, en fonction de λ, α et y, le champ électrique créé par cette distribution de charges en un point M de l'axe (OY), tel que $OM = y > 0$. En déduire l'expression:

- du champ électrique créé par le fil semi-infini confondu avec l'axe (OX) ;
- du champ électrique créé par le fil semi-infini confondu avec l'axe (OX') ;
- du champ créé par le fil infini confondu avec l'axe $(X'OX)$.



Exercice 3 : (04.50 points)

On considère deux sphères (S_1) et (S_2) concentriques, creuses, de rayons R_1 et R_2 $(R_1 < R_2)$ et de charges totales $Q_1 = +Q$ et $Q_2 = -Q$, respectivement. Ces charges sont distribuées uniformément sur les surfaces des sphères correspondantes (voir figure ci-contre).



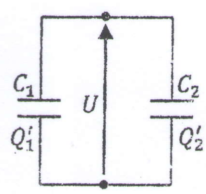
1. En utilisant le théorème de Gauss, déterminer le champ électrique $\vec{E}$ en tout point de l'espace. Distinguer les trois régions : $r < R_1, R_1 < r < R_2, r > R_2$
2. Calculer la différence de potentiel entre les deux sphères en utilisant la circulation du champ correspondant ;
3. Déduire la capacité C du condensateur ainsi formé par les deux armatures sphériques.

Exercice 4 : (04 points)

Un condensateur de capacité $C_1 = 3.3\ mF$ est chargé sous la tension $U_1 = 20\ V$, un autre condensateur de capacité $C_2 = 2200\ \mu F$ est chargé sous la tension $U_2 = 10\ V$.

1. Déterminer les charges Q_1 et Q_2 des deux condensateurs ;
2. Calculer l'énergie W emmagasinée dans les deux condensateurs ;
3. Les deux condensateurs, ainsi chargés, sont isolés et branchés en parallèle (voir figure ci-contre). A l'équilibre :

3.1. Calculer la tension U aux bornes de l'ensemble ;
3.2. En déduire les nouvelles charges Q_1' et Q_2' des deux condensateurs ;
3.3. Calculer l'énergie W' emmagasinée dans l'ensemble. Comparer W et W'. Conclure.



Question de cours (02.50 points)

1. Si le potentiel électrostatique est nul en un point de l'espace, le champ est-il également nul en ce point ? expliquer.
2. Donner les propriétés électriques d'un conducteur en équilibre électrostatique.

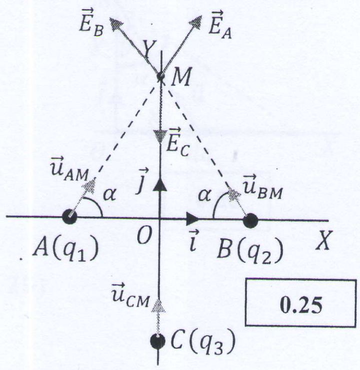
Départemenr

Université A.Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département de Technologie – 1ère Année ST

Année universitaire 2017/2018
Session normale
Durée : 02 h

Corrigé de l'examen de Physique 2

Exercice 1 : (05 points)



1. Les expressions du champ et du potentiel électrostatique créés par les trois charges au point $M(0,y)$, tel que $y > 0$: .

$$\vec{E}(M) = \vec{E}_A(M) + \vec{E}_B(M) + \vec{E}_C(M)\ (0.25)$$
$$= K\frac{q_1}{AM^2}\vec{u}_{AM} + K\frac{q_2}{BM^2}\vec{u}_{BM} + K\frac{q_3}{CM^2}\vec{u}_{CM}\ (0.25)$$

$$AM = BM = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + y^2}\ (0.25);\ CM = a + y\ (0.25)$$

$$\vec{u}_{AM} = \cos\alpha\,\vec{\imath} + \sin\alpha\,\vec{\jmath}\ (0.25);\ \vec{u}_{BM} = -\cos\alpha\,\vec{\imath} + \sin\alpha\,\vec{\jmath}\ ;\ \vec{u}_{CM} = \vec{\jmath}\ (0.25)$$

$$\vec{E}(M) = Kq\left(\frac{2}{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + y^2}\sin\alpha - \frac{1}{(a+y)^2}\right)\vec{\jmath}\ (0.25)$$

$$\sin\alpha = \frac{y}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + y^2}}\ (0.25);\ \vec{E}(M) = Kq\left(\frac{2y}{\left(\left(\frac{a}{2}\right)^2 + y^2\right)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(a+y)^2}\right)\vec{\jmath}\ (0.25)$$

$$V(M) = V_A(M) + V_B(M) + V_C(M)\ (0.25) = K\frac{q_1}{AM} + K\frac{q_2}{BM} + K\frac{q_3}{CM}\ (0.25)$$
$$= Kq\left(\frac{2}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + y^2}} - \frac{1}{a+y}\right)\ (0.25)$$

2. L'énergie interne du système forme par les trois charges q_1, q_2 et q_3 :

$$U = K\frac{q_1q_2}{AB} + K\frac{q_1q_3}{AC} + K\frac{q_2q_3}{BC}\ (0.25);\ AB = a\ ;\ AC = BC = \frac{\sqrt{5}}{2}a\ (0.25);\ U = K\frac{q^2}{a}\left(1 - \frac{4}{\sqrt{5}}\right)(0.25)$$

3. La force subie par une charge ponctuelle $q_4 = q > 0$ placée au point M et son énergie potentielle électrostatique :

$$\vec{F}_4 = q_4\vec{E}(M)\ (0.25) = Kq^2\left(\frac{2y}{\left(\left(\frac{a}{2}\right)^2 + y^2\right)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(a+y)^2}\right)\vec{\jmath}\ (0.25);$$

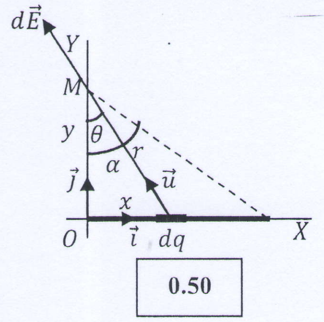
$$E_{p4} = q_4V(M)\ (0.25) = Kq^2\left(\frac{2}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + y^2}} - \frac{1}{a+y}\right)(0.25)$$

Exercice 2 : (04 points)

L'élément de charge dq, contenu dans l'élément de longueur dl, va créer au point M un champ élémentaire :

$$d\vec{E}(M) = K\frac{dq}{r^2}\vec{u} = K\frac{\lambda dl}{r^2}\vec{u} = K\frac{\lambda dx}{r^2}\vec{u}\ (0.25)$$

Exprimons dx, r et $\vec{u}$ en fonction de θ :



$$\tan\theta = \frac{x}{y} \Rightarrow x = y\tan\theta \ (\mathbf{0.25}) \Rightarrow dx = \frac{y}{\cos^2\theta}d\theta \ (\mathbf{0.25})$$

$$\cos\theta = \frac{y}{r} \Rightarrow r = \frac{y}{\cos\theta} \ (\mathbf{0.25})$$

$$\vec{u} = -\sin\theta\,\vec{\imath} + \cos\theta\,\vec{\jmath} \ (\mathbf{0.25})$$

Le champ électrique élémentaire s'écrit alors :

$$d\vec{E}(M) = K\frac{\lambda}{y}(-\sin\theta\,\vec{\imath} + \cos\theta\,\vec{\jmath})d\theta \ (\mathbf{0.25})$$

Le champ électrique total s'obtient en intégrant sut tout le fil :

$$\vec{E}(M) = \int_0^\alpha d\vec{E}(M) \ (\mathbf{0.25}) = K\frac{\lambda}{y}[(\cos\alpha - 1)\vec{\imath} + \sin\alpha\,\vec{\jmath}] \ (\mathbf{0.25})$$

Le champ électrique créé par le fil semi infini confondu avec l'axe (OX) :

$$\vec{E}_{(OX)}(M) = \lim_{\alpha\to+\frac{\pi}{2}}\vec{E}(M) \ (\mathbf{0.25}) = K\frac{\lambda}{y}[-\vec{\imath} + \vec{\jmath}] \ (\mathbf{0.25})$$

Le champ électrique créé par le fil semi infini confondu avec l'axe $(OX^{'})$ est le symétrique par rapport à l'axe (OY) du champ $\vec{E}_{(OX)}(M)$ $(\mathbf{0.25})$:

$$\vec{E}_{(OX^{'})}(M) = K\frac{\lambda}{y}[\vec{\imath} + \vec{\jmath}] \ (\mathbf{0.25})$$

Le champ créé par le fil infini confondu avec l'axe $(X^{'}OX)$ est obtenu en utilisant le principe de superposition :

$$\vec{E}_{(X^{'}OX)}(M) = \vec{E}_{(OX)}(M) + \vec{E}_{(OX^{'})}(M) \ (\mathbf{0.25}) = 2K\frac{\lambda}{y}\vec{\jmath} \ (\mathbf{0.25})$$

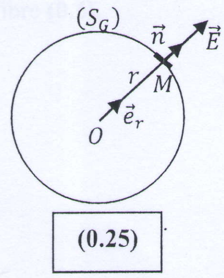
Exercice 3 : (04.50 points)

1. Le champ électrique $\vec{E}$ en tout point de l'espace :

La distribution de charges présente une symétrie sphérique, le champ est radial : $\vec{E}(M) = E(r)\vec{e}_r$ $(\mathbf{0.25})$

La surface de Gauss est une sphère de centre O et de rayon $r = OM$ $(\mathbf{0.25})$

Calcul du flux : $\Phi = \oiint_{(S_G)}\vec{E}.\vec{dS}$ $(\mathbf{0.25}) = ES_G$ $(\mathbf{0.25}) = E(4\pi r^2)$ $(\mathbf{0.25})$



Théorème de Gauss :

$$\Phi = \oiint_{(S_G)}\vec{E}.\vec{dS} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} \ (\mathbf{0.25}) \Rightarrow E(r) = \frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \ (\mathbf{0.25})$$

Charge intérieure et champ :

$$r < R_1 : Q_{int} = 0 \ (\mathbf{0.25}) \Rightarrow E = 0 \ (\mathbf{0.25})$$

$$R_1 < r < R_2 : Q_{int} = Q \ (\mathbf{0.25}) \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \ (\mathbf{0.25})$$

$$r > R_2 : Q_{int} = Q - Q = 0 \ (\mathbf{0.25}) \Rightarrow E = 0 \ (\mathbf{0.25})$$

2. La différence de potentiel entre les deux sphères :

$$V_1 - V_2 = \int_{R_1}^{R_2}\vec{E}.\vec{dl} \ (\mathbf{0.25}) = \int_{R_1}^{R_2}Edr = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{R_2 - R_1}{R_1R_2}\right) \ (\mathbf{0.25})$$

3. La capacitéC du condensateur ainsi formé par les deux armatures sphériques :

$$C_{sph} = \frac{Q}{V_1 - V_2}\ (0.25) = 4\pi\varepsilon_0\left(\frac{R_1R_2}{R_2 - R_1}\right)\ (0.25)$$

Exercice 4 : (04 points)

Les charges des deux condensateurs :

$$Q_1 = C_1U_1 = 66\,mC\ (0.25)\ ;\ Q_2 = C_2U_2 = 22\,mC\ (0.25)$$

L'énergie emmagasinée dans les deux condensateurs :

$$W = W_1 + W_2 = \frac{1}{2}C_1U_1^2 + \frac{1}{2}C_2U_2^2\ (0.25) = 770\,mJ\ (0.25)$$

La tension aux bornes de l'ensemble :

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2' = C_1U + C_2U = (C_1 + C_2)U\ (0.25)$$

$$U = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2}\ (0.25) = 16\,V\ (0.25)$$

Les nouvelles charges des deux condensateurs :

$$Q_1' = C_1U\ (0.25) = 52.8\,mC\ (0.25);\ Q_2' = C_2U\ (0.25) = 35.2\,mC\ (0.25)$$

L'énergie emmagasinée dans l'ensemble :

$$W' = W_1' + W_2'\ (0.25) = \frac{1}{2}C_1U^2 + \frac{1}{2}C_2U^2 = \frac{1}{2}(C_1 + C_2)U^2\ (0.25) = 704\,mJ\ (0.25)$$

On remarque que $W' < W$ **(0.25)**. L'énergie $\Delta W = W - W' = 64\,mJ$ a été dissipée sous forme de chaleur, par effet Joule, dans les fils de connexion **(0.25)**.

Question de cours : (02.50 points)

1. Si potentiel électrostatique est nul en un point de l'espace, le champ n'est pas forcément nul en ce point **(0.5)**. Par exemple, le potentiel en un point à mi-distance entre deux charges égaux et de signes opposés est nul mais le champ électrique n'est pas nul en ce point **(0.5)**.
2. Les propriétés électriques d'un conducteur en équilibre sont :

- Pas de charges dans le volume du conducteur en équilibre. Sa charge se répartit toujours sur sa surface **(0.5)**.
- Le champ électrique à l'intérieur d'un conducteur en équilibre est nul : $\vec{E}_{int} = \vec{0}$ $(\mathbf{0.5})$
- Le potentiel électrostatique est constant dans tout le volume d'un conducteur en équilibre **(0.5)**.