

Examen final de physique 02

Exercice 02 : (6.5 points)

Soit trois (03) charges électriques ($Q_1 = Q_2 = Q_3 = +q$ avec $q = 1nc$) placées respectivement aux points $A(x + 1,0)$, $B(0, \sqrt{3})$ et $C(0, -\sqrt{3})$ (Figure-01). La variable (x) représente la distance séparant la charge électrique Q_1 du point $M(1,0)$.

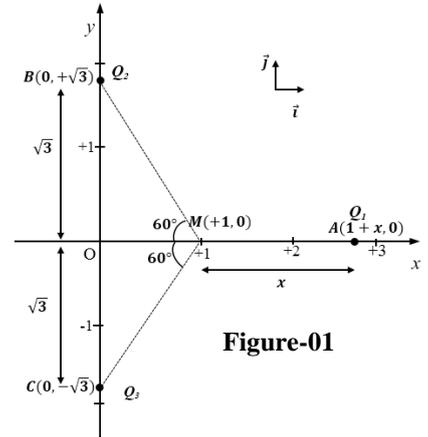


Figure-01

1. Déterminer dans la base cartésienne (\vec{i}, \vec{j}) et en fonction de la distance (x) les composantes du vecteur champ électrique total $\vec{E}_{tot(M)}(x)$ au point $M(1,0)$, déduire son module (Norme) (A.N. $k = 9 \cdot 10^9 Nm^2/c^2$, $\cos(60^\circ) = \frac{1}{2}$, $\sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}$, les distances sont exprimées en mètre).
2. Trouver la distance (x_0) qui donne lieu à un vecteur de champ total nul (égale à zéro) au point M .
3. On place au point M une charge $Q_0 = 1.6 \cdot 10^{-19}C$. Pour la distance $x = +1$ déterminer :
 - a. Le potentiel électrique total $V_{tot(M)}$ au point M .
 - b. L'énergie potentielle $E_p^{Q_0}$ de Q_0 et donner sa valeur en unité de l'électron-Volt (on donne : $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19}J$).
 - c. Le vecteur de la force électrique totale \vec{F}_{tot/Q_0} agissant sur la charge Q_0 .

Exercice 02 : (04 points)

Soit un fil demi-circulaire de centre $O(0,0)$ et de rayon R (Figure-02) chargé par une densité charge électrique linéique uniforme et positive ($\lambda > 0$). Une charge ponctuelle positive $Q_0 = +2q$ est placée au centre $O(0,0)$.

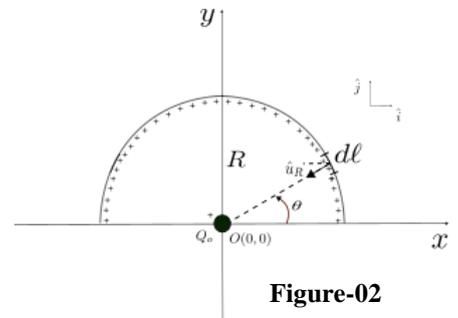


Figure-02

En tenant compte du champ élémentaire créé par chaque élément de longueur du fil demi-circulaire $dl = R d\theta$ (de charge électrique $dq = \lambda dl$) au centre $O(0,0)$:

$$d\vec{E}(O) = \begin{cases} dE_x = -\frac{Kdq}{R^2} \cos \theta \\ dE_y = -\frac{Kdq}{R^2} \sin \theta \end{cases} \text{ avec } 0 \leq \theta \leq \pi$$

Dans la base cartésienne (\vec{i}, \vec{j}) :

1. Déterminer les composantes (E_x, E_y) du vecteur champ électrique total $\vec{E}(O)$ créé par le fil au centre $O(0,0)$.
2. Déduire la direction spatiale $\vec{E}(O)$ et discuter la nature de son interaction électrique avec une charge Q_0 placée au centre $O(0,0)$.
3. Déterminer les composantes (F_x, F_y) du vecteur de la force électrique totale \vec{F}_{Q_0} agissant sur la charge Q_0 .
4. Discuter la direction spatiale du vecteur \vec{F}_{Q_0} .

Exercice 3 (5.5 points)

Soit le groupement des condensateurs suivant (Figure-03):
 Sachant que $C_1 = C_4 = 1\mu F$, $C_2 = C_3 = 2\mu F$ et la différence de potentiel entre AB $U_{AB} = 24V$.

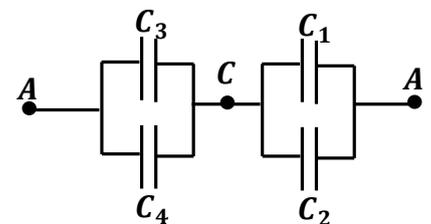


Figure-03

- 1- Calculer la capacité équivalente entre A et B
- 2- Calculer la tension et la charge portée par chaque condensateur
- 3- Calculer par deux méthodes l'énergie interne de ce groupement.

Question de cours (04 point)

- 1) Donner trois propriétés d'un conducteur en équilibre électrostatique.
- 2) Quand peut-on dire que deux conducteurs sont en influence totale ? Que peut-on dire sur la charge totale portée par chacun d'eux ?
- 3) Donner la loi d'ohm locale (loi microscopique).
- 4) Quelle est la différence entre un générateur et un récepteur.

Bonne chance

Corrigé

Exercice 01(6.5 pts)

1. Le champ électrique au point M est donné par le principe de superposition

$$\vec{E}(M) = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \quad (0.25pt)$$

$$\vec{E}_1 = \frac{kq_A}{r_{AM}^2} \vec{u}_{AM}, \vec{E}_2 = \frac{kq_B}{r_{BM}^2} \vec{u}_{BM} \text{ et } \vec{E}_3 = \frac{kq_C}{r_{CM}^2} \vec{u}_{CM}$$

$$r_{AM} = AM = x, r_{BM} = r_{CM} = \sqrt{1^2 + (\sqrt{3})^2} = 2m, \quad (0.25pt)$$

$$\vec{u}_B = -\vec{i}, \vec{u}_{BM} = \cos(60)\vec{i} - \sin(60)\vec{j} = \frac{1}{2}\vec{i} - \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{j} \text{ et } \vec{u}_{CM} = \cos(60)\vec{i} + \sin(60)\vec{j} = \frac{1}{2}\vec{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{j}$$

$$\vec{E}_1 = -\frac{kq}{x^2}\vec{i}, \vec{E}_2 = \frac{kq}{2^2}\left(\frac{1}{2}\vec{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{j}\right) \text{ et } \vec{E}_3 = \frac{kq}{2^2}\left(\frac{1}{2}\vec{i} - \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{j}\right) \quad (1.5pt)$$

$$\vec{E}(M) = kq\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{x^2}\right)\vec{i} + 0\vec{j}; \quad (0.25pt) \quad \|\vec{E}(O)\| = kq\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{x^2}\right) \quad (0.25pt)$$

$$\text{A.N. } \vec{E}(M) = 9\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{x^2}\right)\vec{i} \left(\frac{N}{C}\right); \quad (0.25pt) \quad \|\vec{E}(O)\| = 9\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{x^2}\right)(N/C) \quad (0.25pt)$$

2. La distance x_0 pour que $\vec{E}(O)$ soit null:

$$\vec{E}(O) = \vec{0} \rightarrow \begin{cases} E_x = 0 \\ E_y = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2^2} - \frac{1}{x^2} = 0 \\ 0 = 0 \end{cases} \quad (0.5pt)$$

$$\frac{1}{2^2} - \frac{1}{x^2} = 0 \rightarrow \begin{cases} x = 2 \text{ (accepté)} \\ x = -2 \text{ (rejeté)} \end{cases} \quad (0.25pt)$$

Pour $x = x_0 = 2$ le champ électrique est nul au point M.

3. Pour $x = 1$:

a. le potentiel :

$$V(M) = \frac{kq_A}{AM} + \frac{kq_B}{BM} + \frac{kq_C}{CM} = \frac{kq}{1} + \frac{kq}{2} + \frac{kq}{2} = 2kq = 18 \text{ volt} \quad (0.75pt)$$

b. l'énergie potentiel de la charge Q_0 :

$$E_p^{Q_0} = Q_0 V(M) = 28.8 \cdot 10^{-19} J; E_p^{Q_0} = 18 \text{ eV} \quad (0.75pt)$$

c- la force appliquée sur Q_0 :

$$\vec{F}(M) = Q_0 \vec{E}(M) = kQ_0 q \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right)\vec{i} + 0\vec{j} = -\frac{3kQ_0 q}{4}\vec{i} \quad (0.5pt)$$

$$\text{A.N. } \vec{F}(M) = -\frac{43.2}{4} \cdot 10^{-19} \vec{i} (N) \quad (0.25pt)$$

Exercice 02 (04 points)

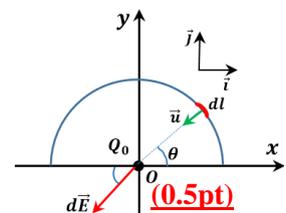
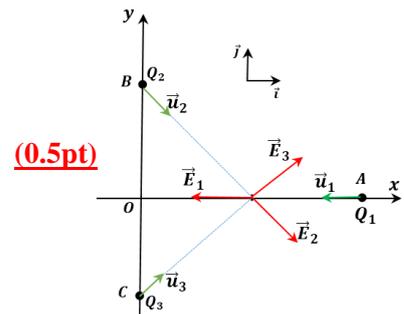
1- Calcul de \vec{E}

Un element de longueur dl porte une charge elementaire dq . Cette charge genere un champ electrique $d\vec{E}$ au point O. $d\vec{E} = \frac{k dq}{r^2} \vec{u}$

$$\vec{u} = -\cos(\theta)\vec{i} - \sin(\theta)\vec{j}$$

$$dq = \lambda dl = \lambda R d\theta, r = R$$

$$d\vec{E}(O) = \begin{cases} dE_x = -\frac{K dq}{R^2} \cos \theta = -\frac{K \lambda}{R} \cos(\theta) d\theta \\ dE_y = -\frac{K dq}{R^2} \sin \theta = -\frac{K \lambda}{R} \sin \theta d\theta \end{cases} \quad (0.5pt)$$



$$\vec{E}(O) = \int_{\pi/2}^{\pi} d\vec{E} = \begin{cases} E_x = -\frac{K\lambda}{R} \int_0^{\pi} \cos(\theta) d\theta = -\frac{K\lambda}{R} \sin \theta \Big|_0^{\pi} = 0 & \text{(0.5pt)} \\ E_y = -\frac{K\lambda}{R} \int_0^{\pi} \sin(\theta) d\theta = \frac{K\lambda}{R} \cos \theta \Big|_0^{\pi} = -\frac{2K\lambda}{R} \\ \vec{E} = -\frac{2K\lambda}{R} \vec{j} \end{cases}$$

2- En direction, le champ électrique créé par le fil est orienté dans le sens négative de l'axe oy . (0.5pt)
En raison de la charge positive du fil chargé et de la charge ($Q_0 = 2q$), l'interaction électrique entre ces deux élément charges est répulsive. Ainsi, le fil chargé a pour tendance à repousser la charge Q_0 suivant la direction négative de l'axe (oy). (0.5pt)

3- Le vecteur de la force électrique \vec{F}_{fil/Q_0} exercée par le fil chargé sur la charge Q_0 au point O est décrit par : (0.5pt)

$$\vec{F}(M) = Q_0 \vec{E}(M) = -\frac{4Kq\lambda}{R} \vec{j} \quad \text{(0.5pt)}$$

Ainsi le vecteur de la force électrique \vec{F}_{fil/Q_0} est orienté dans le sens négative de l'axe oy . (0.5pt)

Exercice 03 (5.5 pts)

1- Calcul de la capacité équivalente C_{AB}

$$C_{12} = C_1 + C_2 = 1 + 2 = 3\mu F \quad \text{0.25pt}$$

$$C_{34} = C_3 + C_4 = 1 + 3 = 3\mu F \quad \text{0.25pt}$$

$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \rightarrow C_{AB} = \frac{3}{2} \mu F \quad \text{0.5pt}$$

2- Les charges et les tensions

$$Q_{AB} = Q_{12} = Q_{34} = C_{AB} U_2 = 36\mu C \quad \text{0.5pt}$$

$$U_{AC} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = 12V \quad \text{0.5pt} ; U_{CB} = \frac{Q_{34}}{C_{34}} = 12V \quad \text{0.5pt}$$

$$Q_1 = U_{AC} C_1 = 12\mu C \quad \text{0.5pt} ; Q_2 = U_{AC} C_2 = 24\mu C \quad \text{0.5pt}$$

$$Q_3 = U_{CB} C_3 = 24\mu C \quad \text{0.5pt} ; Q_4 = U_{CB} C_4 = 12\mu C \quad \text{0.5pt}$$

3- Energie potentielle

$$E_P = \frac{1}{2} Q_{AB} U_{AB} = 864\mu J \quad \text{0.5pt}$$

$$E_P = \frac{1}{2} (Q_1 U_{AC} + Q_2 U_{AC} + Q_3 U_{CB} + Q_4 U_{CB}) = \frac{1}{2} (Q_1 + Q_2) U_{AC} + \frac{1}{2} (Q_3 + Q_4) U_{CB} = 864\mu J \quad \text{0.5pt}$$

Questions de cours (04pts)

1. Propriétés d'un conducteur en équilibre :

- Pas de charge dans le volume du conducteur en équilibre $\rho_{int} = 0$ (0.5pt)
- Le champ électrostatique dans le volume du conducteur est nul $\vec{E}_{int} = \vec{0}$ (0.5pt)
- Le potentiel électrostatique est constant en tout point dans le volume du conducteur. (0.5pt)

2. On dit que deux conducteurs sont en influence si toutes les lignes de champ partant d'un conducteur aboutissent sur l'autre conducteur. Exemple : un conducteur entoure totalement un autre. (0.5pt)

Dans ce cas, la charge électrique de chaque conducteur est la même mais avec signe opposée. (0.5pt)

3. La loi d'Ohm locale :

La proportionnalité entre la densité de courant \vec{J} et le champ électrostatique locale \vec{E} est: $\vec{J} = \sigma \vec{E}$, σ la conductivité électrique du matériau. (0.5pt)

4. Un générateur électrique est un dipôle actif qui peut faire circuler un courant électrique dans un circuit (en augmentant l'énergie potentielle des charges). Un récepteur est un dipôle qui reçoit de l'énergie électrique et la convertir en une autre forme d'énergie. (01pt)