USTHB - Faculté de Physique **Mai 2023**

$1^{ère}$ année Licence ST

Épreuve Finale Physique 2
Durée : 1h30min

<u>Exercice 1</u> (8 pts)

Dans le plan XOY, trois charges identiques positives $q_A = q_B = q_C = q = 1\,nC$ sont placées aux points $A\,(0, -a)$, $B\,(0,0)$ et $C\,(0, a)$, avec $a = 5\,cm$, $k = 9.10^9\,SI$, **Figure 1**.

1) Établir l'expression du potentiel électrique $V_M(x)$ produit par ces 3 charges au point $M\,(x, 0)$ de l'axe OX ($x > 0$) en fonction de q, a et x.

2) En déduire l'expression du vecteur champ électrique $\vec{E}_M(x)$ au même point M.

3) Donner l'expression de l'énergie interne du système constitué par les charges q_A, q_B et q_C. Calculer sa valeur.

4) Déduire du résultat de la question 1, la valeur de l'énergie potentielle d'une charge $q_D = q$, placée au point $D\,(a, 0)$.

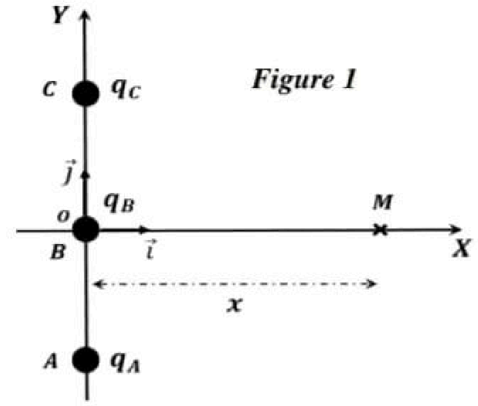


Figure 1

5) La charge q_D est libérée sans vitesse initiale du point D. Donner son énergie cinétique à l'infini. Le potentiel électrique est supposé nul à l'infini ($V(\infty) = 0$).

6) Au point D, on place un dipôle électrique de moment dipolaire $\vec{p} = 10^{-12}\,\vec{j}$ (C.m).

– Calculer le moment du couple $\vec{\tau}$ du dipôle et le représenter.

– Déterminer la position finale du dipôle. Justifier.

<u>Exercice 2</u> (5.5 pts)

I. Soit un plan (P) infini chargé uniformément avec une densité de charge positive σ. En utilisant le théorème de Gauss, démontrer que le champ électrique s'écrit sous la forme : $|\vec{E}| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.(on utilisera la surface de Gauss un cylindre représenté sur la **Figure 2**).

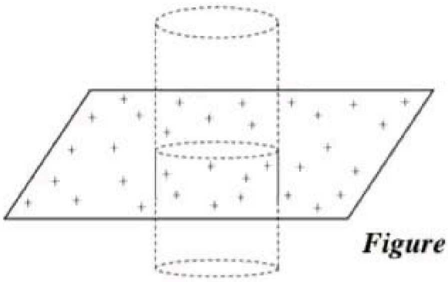


Figure 2

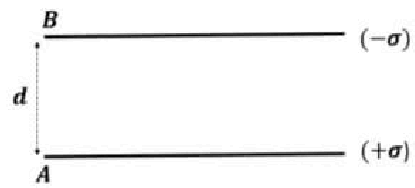


Figure 3

II. Soit un condensateur plan formé par deux plans identiques parallèles de section S, de densités de charges surfaciques σ et $-\sigma$ séparés par du vide d'épaisseur d (**Figure 3**).

a) En utilisant le résultat de la question (I), déterminer l'expression du champ électrique dans la zone comprise entre les deux plans.

b) A l'aide de la relation $dV = -\vec{E}.\,d\vec{l}$, déterminer l'expression de la ddp $(V_A - V_B)$.

c) En déduire l'expression de la capacité C du condensateur plan ainsi formé puis la calculer.

<u>*On donne*</u> : $\varepsilon_0 = 8{,}85\,10^{-12}\,F/m$, $S = 150\,cm^2$, $d = 0{,}5\,mm$.

<u>Exercice 3</u> (6.5 pts)

I. Les batteries de téléphone portable sont un exemple de générateurs réversibles. **La figure 4** représente un générateur réversible. Lorsqu'il fonctionne en générateur (figure 4(a)), on mesure une tension entre ses bornes $U_1 = 10\,V$ pour une intensité $I_1 = 1A$. Lorsqu'il fonctionne en récepteur (figure 4(b)), on mesure une tension $U_2 = 13V$ pour une intensité de courant $I_2 = 2A$.

1) Déterminer les valeurs caractéristiques du générateur : E et r.

2) Déterminer les rendements dans chacun des cas.

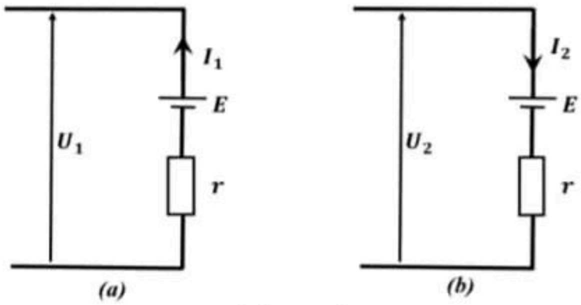


Figure 4

II. La figure 5 représente un circuit électrique composé d'un générateur de tension de force électromotrice (f.e.m) $E_1 = 15\,V$ et de résistance interne $r_1 = 0.5\,\Omega$.
G_2 est un générateur réversible : $E_2 = 11\,V$, résistance interne $r_2 = 1\,\Omega$. R_x est un dipôle Ohmique réglable.

1) Ecrire les lois de Kirchhoff. Montrer que : $I_2 = (8R_x - 11)/(3R_x + 1)$.

2) En déduire la condition sur la valeur de la résistance R_x pour que le générateur G_2 fonctionne en mode récepteur.

3) On prend $R_x = 2\,\Omega$. Calculer les valeurs des intensités de courants $I_1,\ I_2,\ I$.

4) La résistance $R_x = 2\,\Omega$ a été obtenue en associant deux résistances de $5\,\Omega$ avec une résistance de $4\,\Omega$ et une autre de $1{,}5\,\Omega$. Proposer un montage convenable.

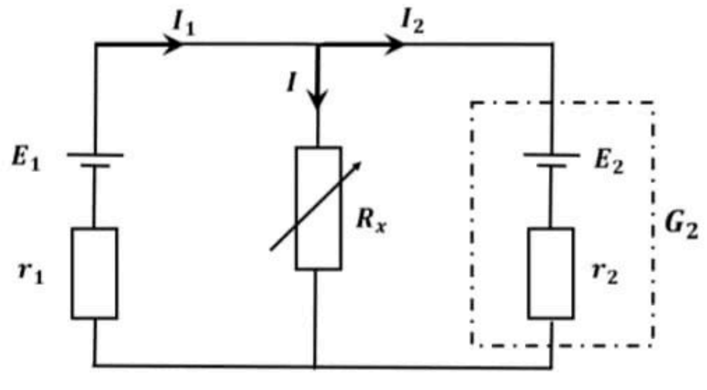


Figure 5

2/2

Corrigé de l'épreuve finale - Mai 2023

<u>Exercice 1</u> (8 pts)

1) Le potentiel au point M:

$$V_M(x) = \frac{Kq_A}{d} + \frac{Kq_B}{x} + \frac{Kq_C}{d} \qquad \text{avec } d = \sqrt{x^2 + a^2}$$

$$V_M(x) = Kq\left(\frac{2}{\sqrt{x^2+a^2}} + \frac{1}{x}\right)$$ 1

2) Le champ électrique :

$$\vec{E}_M = -\overrightarrow{grad}\, V_M = -\frac{dV}{dx}\vec{\imath} \;\Rightarrow\; \vec{E}_M = Kq\left(\frac{2x}{(x^2+a^2)^{3/2}} + \frac{1}{x^2}\right)\vec{\imath}$$ 2

3) L'énergie interne du système q_A, q_B, q_C :

$$U = K\frac{q_A q_B}{a} + K\frac{q_B q_C}{a} + K\frac{q_A q_C}{2a} = Kq^2\left(\frac{2}{a} + \frac{1}{2a}\right) = \frac{5Kq^2}{2a}$$ 0.75

$$U = 4{,}5.\,10^{-7}\,J$$ 0.25

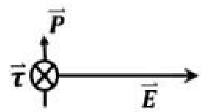
4) L'énergie potentielle de la charge q_D:

$$E_p(D) = q_D V_D = q\left[Kq\left(\frac{2}{\sqrt{a^2+a^2}} + \frac{1}{a}\right)\right] = \frac{Kq^2}{a}\left(\frac{2}{\sqrt{2}} + 1\right)$$ 0.75 $E_p(D) = 4{,}35.10^{-7}$ J 0.25

5) la force électrique est conservative ⇒ l'énergie totale est constante : 0.5

$\Rightarrow \Delta E_c = -\Delta E_p \Rightarrow E_c(\infty) = E_p(D) = q_D V_D = 4{,}35.10^{-7}$ J 0.5

6) Le moment du couple du dipôle : 0.5



$\vec{\tau} = \vec{P} \wedge \vec{E} = -6{,}15\ 10^{-9}\,\vec{k}$ 0.5 $\Rightarrow \vec{\tau}$ est suivant $\vec{k}$ en sens opposé.

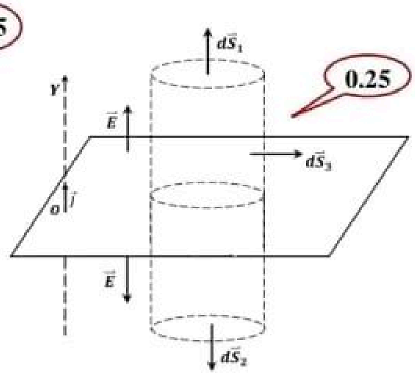
La position finale du dipôle est la position d'équilibre stable, qui correspond à son énergie potentielle minimale : 0.5

$E_p = -\vec{P}.\vec{E} = -P.E.cos\alpha \Rightarrow E_{p\,min} = -P.E$ 0.5

$\Rightarrow \alpha = 0$ soit $\vec{P}$ et $\vec{E}$ parallèles et de même sens.

<u>Exercice 2</u> (5.5 pts)

I/ Le théorème de Gauss : $\phi = \oiint \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{\sum Q_i}{\varepsilon_0}$, la surface de Gauss est un cylindre de rayon r et longueur L. 0.25



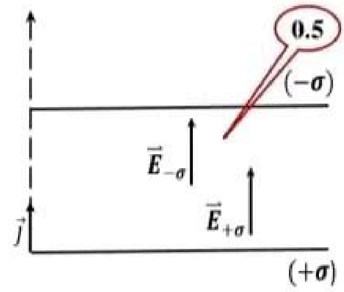
$\phi = \iint \vec{E}.\overrightarrow{dS}_1 + \iint \vec{E}.\overrightarrow{dS}_2 + \iint \vec{E}.\overrightarrow{dS}_3$ 0.5

$\vec{E} \perp \overrightarrow{dS}_3$, $\vec{E} \parallel \overrightarrow{dS}_1$ et $\vec{E} \parallel \overrightarrow{dS}_2 \Rightarrow \phi = 2ES$ 0.5

$$\frac{\sum Q_i}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma.S}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \text{ avec } \begin{cases} \vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath} \;\; pour \;\; y > 0 \\ \vec{E} = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath} \;\; pour \;\; y < 0 \end{cases}$$ 0.5

II/ a) Le champ dans le condensateur : $\vec{E} = \vec{E}_{+\sigma} + \vec{E}_{-\sigma} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{j}$ 0.5

b) $dV = -\vec{E}.d\vec{l} = -E.dy \Rightarrow \int_{V_A}^{V_B} dV = -\int_0^d E.dy$



$$\Rightarrow V_A - V_B = \frac{\sigma.d}{\varepsilon_0}$$ 1

c) La capacité du condensateur : $C = \frac{Q}{V}$, $Q = \sigma.S$

0.5

$\Rightarrow C = \frac{\varepsilon_0.S}{d}$ 0.5

A.N. $C = 2,66\ 10^{-10}\ F.$ 0.5

Exercice 3 (6.5 pts)

I/ 1) $\begin{cases} U_1 = E - rI_1\ , \ générateur \\ U_2 = E + rI_2\ , \ récepteur \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 10 = E - r \\ 13 = E + 2r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 11\ V \\ r = 1\ \Omega \end{cases}$ 075

2) $\begin{cases} \eta_{générateur} = \frac{U_1}{E} = \frac{E - rI_1}{E} = \frac{10}{11} = 0,909 = 90,9\% \\ \eta_{récepteur} = \frac{E}{U_2} = \frac{E}{E + rI_2} = \frac{11}{13} = 0,846 = 84,6\% \end{cases}$ 0.75

II/ 1) Loi des nœuds : $I_1 = I + I_2$ 0.5

Loi des mailles : (2 équations parmi les 3 suivantes)

$$\begin{cases} E_1 = R_x I + r_1 I_1 \\ E_2 = R_x I - r_2 I_2 \\ E_1 - E_2 = r_1 I_1 + r_2 I_2 \end{cases}$$ 0.5 0.5

La résolution du système d'équations donne :, $I_2 = \frac{8R_x - 11}{3R_x + 1}$ 0.5 .

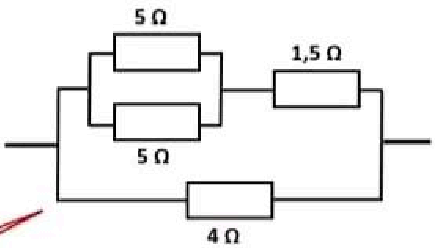
2) Pour que G_2 fonctionne en mode récepteur il faut que le courant I_2 rentre par la borne positive et sort de la borne négative $\Rightarrow I_2 > 0 \Rightarrow R_x > \frac{11}{8}\ \Omega$ 0.5

0.5 0.5

3) Pour $R_x = 2\ \Omega$, on obtient : $I = \frac{41}{3R_x + 1} = \frac{41}{7} = 5,9\ A$, $I_2 = \frac{5}{7} = 0,7\ A$

et $I_1 = \frac{8R_x + 30}{3R_x + 1} = \frac{46}{7} = 6,6\ A.$ 0.5

4) Le montage convenable pour obtenir $R_x = 2\ \Omega$



1