USTHB - Faculté de Physique — Année Universitaire 2018/2019

Physique 2 - L1 ST- Sections 16 à 30

Epreuve Finale (Durée : 1h30mn)

Exercice n°1 : **(8 points)**

Une sphère conductrice **A**, de rayon R_A, est reliée à un générateur qui délivre une tension **V** variable (voir figure1).

I- La sphère **A** est éloignée de toute autre influence.

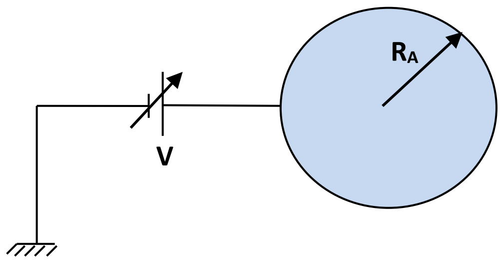


Figure 1

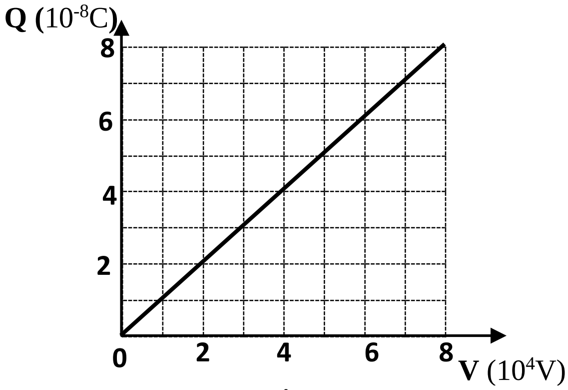


Figure 2

1. Pour une valeur de **V** donnée, représenter qualitativement la distribution de charge sur la sphère.
2. On fait varier la tension **V**, la figure2 représente l'évolution de la charge **Q** du conducteur en fonction de **V**. Déduire à partir de la figure 2 le rayon R_A de cette sphère.
3. Pour $V=10^4$ **V**, calculer l'énergie électrostatique emmagasinée par la sphère.
4. Toujours pour $V=10^4$ **V**, le conducteur **A** porte la charge Q_A. On l'isole du générateur et on le relie, à l'aide d'un fil conducteur très fin, à une autre sphère conductrice **B** de rayon R_B, initialement neutre et isolée. Dans l'hypothèse où les deux sphères sont suffisamment éloignées pour négliger toute influence mutuelle et en négligeant les charges superficielles sur le fil :

   a. Calculer à l'équilibre et en fonction de Q_A les charges portées par chacune des deux sphères.

   b. Calculer le rapport des densités surfaciques de charge σ_A de **A** et σ_B de **B** (σ_A/σ_B).

   On donne : $R_B=R_A/2$

II- La sphère conductrice **A** est portée à un potentiel **V** quelconque, comme il est illustré sur la figure 3 ci-dessous. On entoure cette sphère par une autre sphère conductrice creuse **C** initialement neutre, concentrique à **A** et de rayons intérieur R_{C1} et extérieur R_{C2}.

1. Représenter qualitativement les charges électriques portées par les deux sphères.
2. On relie la sphère **C** à la terre, comme il est indiqué sur la figure 4 ci-dessous.

   a. Représenter la nouvelle distribution des charges sur les deux sphères.

   b. Donner l'expression du vecteur champ électrique dans la région comprise entre les deux sphères.

   c. Trouver l'expression donnant la différence de potentiel V_A-V_C, entre les deux sphères, en fonction de la charge de la sphère **A** et des rayons R_A et R_{C1}

   d. En déduire l'expression et la valeur de la capacité du condensateur ainsi obtenu.

On donne : $K= 1/4\pi\varepsilon_0 = 9\ 10^9$ (SI), R_{C1}=18mm.

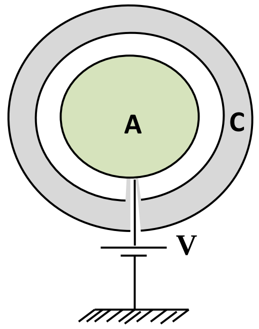


Figure 3

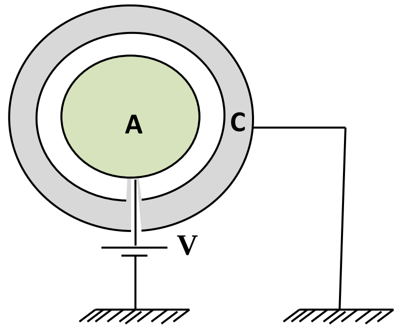


Figure 4

Exercice n°2 : (4 points)

Soient deux charges ponctuelles négatives $\mathbf{q_A=q_B=q}$ situées sur l'axe **OX** aux points **A(a,0)** et **B(−a,0)**. On considère un point **N(0,y)** tel que **y>0** sur l'axe **OY** (voir figure 5).

1- Déterminer l'expression du potentiel électrique $\mathbf{V_N}$ créé par ces deux charges au point **N** en fonction de **K**, **q**, **y** et **a**. On supposera le potentiel nul à l'infini.

2- En déduire l'expression du vecteur champ électrique $\vec{E}_N$ créé par ces deux charges au point **N**. Représenter qualitativement le vecteur $\vec{E}_N$.

3- On place au point N un dipôle électrique de moment dipolaire électrique $\vec{P}$ comme indiqué sur la figure 5.

a- Déterminer l'expression du moment du couple $\vec{\tau}$ qui s'applique à ce dipôle. Représenter qualitativement $\vec{\tau}$.

b- Représenter qualitativement la position d'équilibre stable de ce dipôle. Justifier votre réponse.

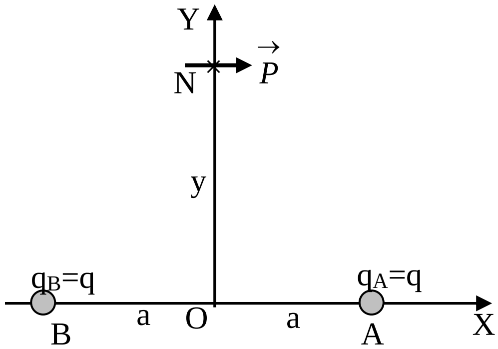
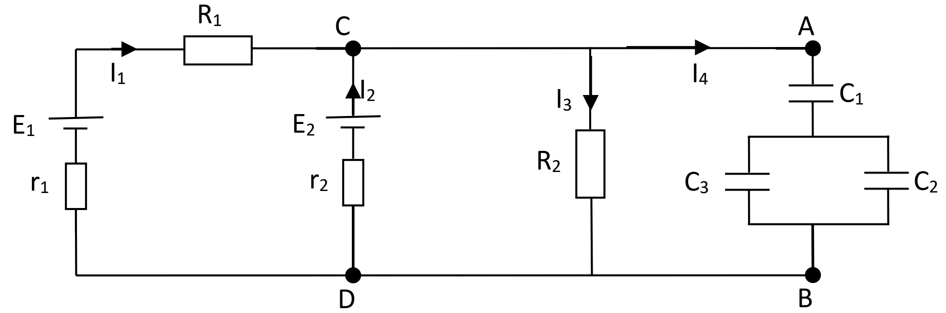


Figure 5

Exercice n°3: (8 points)

On considère le circuit électrique de la figure 6, comprenant deux générateurs réversibles de f.e.m $\mathbf{E_1}$ et $\mathbf{E_2}$ et de résistances internes $\mathbf{r_1}$ et $\mathbf{r_2}$, respectivement, de deux résistances $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$, et de trois condensateurs $\mathbf{C_1}$, $\mathbf{C_2}$, et $\mathbf{C_3}$. On considère que le régime permanent est atteint (les trois condensateurs sont complètement chargés).

Figure 6



On donne : $\mathbf{E_1=53V}$, $\mathbf{E_2=21V}$, $\mathbf{r_1=r_2=1\Omega}$, $\mathbf{R_1=10\Omega}$, $\mathbf{R_2=5\Omega}$, $\mathbf{C_1=6\mu F}$, $\mathbf{C_2=2\mu F}$, $\mathbf{C_3=1\mu F}$.

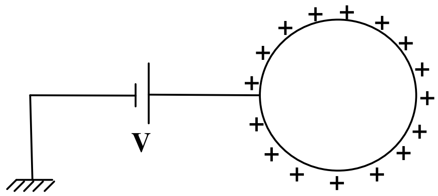
1. Calculer les valeurs des courants $\mathbf{I_1}$, $\mathbf{I_2}$, $\mathbf{I_3}$, et $\mathbf{I_4}$.
2. Le générateur $\mathbf{E_2}$ fonctionne t-il en mode récepteur ou générateur. Justifier.
3. Calculer la ddp $\mathbf{V_C}$-$\mathbf{V_D}$.
4. Calculer la capacité équivalente entre les points **A** et **B**.
5. Calculer les charges $\mathbf{Q_1}$, $\mathbf{Q_2}$, et $\mathbf{Q_3}$ portées par les condensateurs $\mathbf{C_1}$, $\mathbf{C_2}$, et $\mathbf{C_3}$, respectivement.
6. Calculer les énergies $\mathbf{U_1}$, $\mathbf{U_2}$, et $\mathbf{U_3}$ emmagasinées par les condensateurs $\mathbf{C_1}$, $\mathbf{C_2}$, et $\mathbf{C_3}$, respectivement.

Corrigé de l'Epreuve Finale

Exercice 1 : (8 points)

I.

1.



0,5

2. Le potentiel de la sphère est lié à sa charge électrique par : $V = \frac{KQ}{R_A}$ 0,25

Par conséquent : $\frac{R_A}{K} =$ pente de la courbe Q(V) $= \frac{\Delta Q}{\Delta V} = 10^{-12}(SI)$, $R_A = 9mm$ 0,5

3. L'énergie emmagasinée : $U_{em} = \frac{1}{2}QV$ 0,5 A.N. : $U_{em} = 5\times10^{-5}J$ 0,25

4. a. Avant contact : $Q_A = 10^{-8}C$, $Q_B = 0C$, Après contact : Q_A', et Q_B' sont inconnues.

Par le principe de la conservation de la charge totale : $Q_A + Q_B = Q_A' + Q_B'$ 0,25

Les deux sphères sont au même potentiel après contact : $V_A' = V_B' \Rightarrow \frac{KQ_A'}{R_A} = \frac{KQ_B'}{R_B}$ 0,25

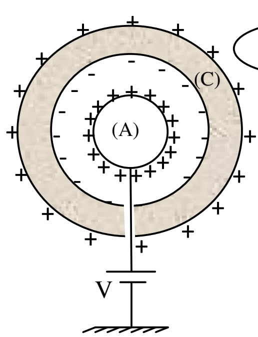
La résolution des deux équation précédentes donne :

$$Q_A' = \frac{R_A}{R_A + R_B}Q_A = \frac{2}{3}Q_A \quad 0{,}25, \qquad Q_B' = \frac{R_B}{R_A + R_B}Q_A = \frac{1}{3}Q_A \quad 0{,}25$$

b. $\sigma_A = \frac{Q_A'}{S_A} = \frac{2}{3}\frac{Q_A}{4\pi R_A^2}$ 0,25 $\sigma_B = \frac{Q_B'}{S_B} = \frac{1}{3}\frac{Q_A}{4\pi R_B^2}$ 0,25 $\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{1}{2}$ 0,5

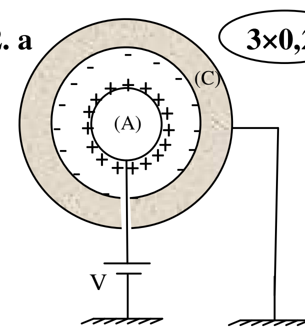
II.

1.



3×0,25

2. a



3×0,25

b. Pour raison de symétrie, $\vec{E}$ est radial. 0,25 $\vec{E} = \frac{KQ_A}{r^2}\vec{U}_r$, pour $R_A < r < R_{C1}$ 0,5

c. $dV = -\vec{E}.\vec{d\ell}$, $\vec{E}.\vec{d\ell} = E.dr$ car : $\vec{E} = E\vec{U}_r$ 0,25

$$V_A - V_C = -\int_{R_{C1}}^{R_A} E.dr, \qquad V_A - V_C = KQ_A\left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_{C1}}\right) \quad 0{,}75$$

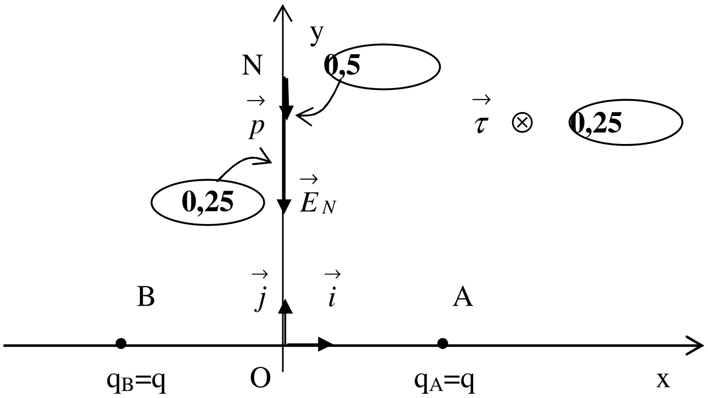
d. La capacité est donnée par : $C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q_A}{V_A - V_C}$, on trouve : $C = \frac{R_A R_{C1}}{K(R_{C1} - R_A)}$ 0,5

A.N.: $C = 2pF$ 0,25

Exercice 2 : (4 points)

1- $V_N = 2K\dfrac{q}{r} = \dfrac{2Kq}{\sqrt{y^2+a^2}}$ 0,75

2- $\vec{E} = -\vec{\nabla}V \quad \Rightarrow \vec{E} = -\dfrac{dV}{dy}\vec{j}$ 0,25 $\quad \Rightarrow \vec{E}_N = 2Kq\dfrac{y}{\left(y^2+a^2\right)^{3/2}}\vec{j}$ 0,75

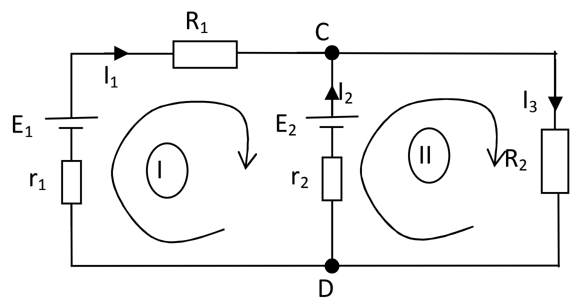


3-a- $\vec{p} = p\,\vec{i}$ 0,25 et $\vec{\tau} = \vec{p}\wedge\vec{E}_N = \dfrac{2Kqpy}{\left(y^2+a^2\right)^{3/2}}\vec{k}$ 0,75

b- Dans la position d'équilibre stable, qui correspond au minimum d'énergie potentielle, $\vec{p} \,//\, \vec{E}_N$ et dans le même sens. 0,25

Exercice 3: (8 points)

1. C1, C2, et C3, chargés $\Longrightarrow$ I_4=0A 0,5



Maille I : $E_1 - R_1I_1 - E_2 + r_2I_2 - r_1I_1 = 0$

$11I_1 - I_2 = 32$ éq.1 0,5

Maille II: $E_2 - R_2I_3 - r_2I_2 = 0$

$I_2 + 5I_3 = 21$ éq.2 0,5

Noeud C: $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ éq.3 0,5

La résolution du système d'équations (1), (2), et (3) donne : $I_1 = 3A$, 0,5 $I_2 = 1A$, 0,5 $I_3 = 4A$ 0,5

2. Le générateur E_2 fonctionne en mode générateur car il débite un courant positif ($I_2>0$). 0,5

3. $V_C - V_D = E_2 - r_2I_2$, on trouve : $V_C - V_D = 20V$ Ou : $V_C - V_D = R_2I_3 = 20V$. 0,5

4. Ceq = (C_2 en parallèle avec C_3) en série avec C_1.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_2+C_3} + \frac{1}{C_1}$$

A.N. : C_{eq} =2µF 0,5

5. $Q_{eq} = C_{eq}.(V_C - V_D) = 40\mu C$, $Q_{eq} = Q_1 = Q_2 + Q_3 = 40\mu C$ 0,5

$\Delta V_{C2} = \Delta V_{C3} = (V_C - V_D) - \Delta V_{C1}$, $\Delta V_{C1} = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{20}{3}V$, $\Delta V_{C2} = \Delta V_{C3} = \dfrac{40}{3}V$

$Q_2 = C_2\Delta V_2 = \dfrac{80}{3}\mu C$, 0,5 $Q_3 = C_3\Delta V_3 = \dfrac{40}{3}\mu C$ 0,5

6. $U = \dfrac{1}{2}Q.\Delta V = \dfrac{1}{2}\dfrac{Q^2}{C}$, $U_1 = \dfrac{4}{3}10^{-4}J$, 0,5 $U_2 = \dfrac{16}{9}10^{-4}J$, 0,5 $U_3 = \dfrac{8}{9}10^{-4}J$ 0,5 .