Université A. Mira de Bejaia
Faculté de technologie
Département ST (1ère Année)

Année universitaire 2017/2018
Session Rattrapage
Durée : 02 h

Rattrapage de Physique 2

Exercice 1 : (06 points)

Dans un repère (OXY) muni de la base cartésienne orthonormée $(\vec{\imath},\vec{\jmath})$, on considère trois charges ponctuelles $q_1 = 1\,nC, q_2 = 4\,nC$ et $q_3 = -1\,nC$, placées respectivement en $O(0,0)\ cm$, $A(2,0)\ cm$ et $B(0,1)\ cm$.

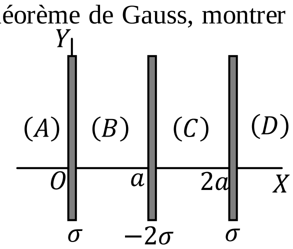
1. Représenter puis calculer la force résultante agissant sur la charge q_1 et son module ;
2. Déduire le champ électrostatique résultant au point O et son module ;
3. Calculer le potentiel au point O. En déduire l'énergie potentielle électrostatique de la charge q_1 fixe en O ;
4. Calculer l'énergie interne du système formé par les trois charges q_1, q_2 et q_3.

Exercice 2 : (04 points)

1. Un plan infini est uniformément chargé avec une densité surfacique σ. En utilisant le théorème de Gauss, montrer que le champ électrique créé par ce plan en tout point M de l'espace est donné par :

$$\vec{E}(M) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{n}$$

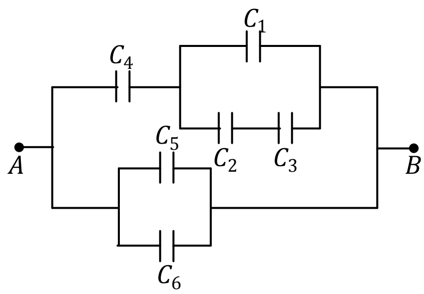
Où $\vec{n}$ est la normale au plan dirigée vers le point M ;



2. On considère trois plans infinis, parallèles, perpendiculaires à l'axe (OX) et portant des distributions de charge de densité surfacique respectives $\sigma, -2\sigma$ et σ $(\sigma > 0)$, comme indiqué sur la figure ci-contre. Calculer et représenter le champ électrique $\vec{E}$ créé par ces trois plans en tout point M de l'espace. Distinguer les régions : (A) $x < 0$ (B) $0 < x < a$ (C) $a < x < 2a$ 0 (D) $x > 2a$

Exercice 3 : (06 points)

Soit le groupement de condensateurs de la figure ci-contre. On donne : $C_1 = 2\,\mu F$; $C_2 = 3\,\mu F$; $C_3 = 6\,\mu F$; $C_4 = 2\,\mu F$; $C_5 = 4\,\mu F$; $C_6 = 12\,\mu F$



1. Calculer la capacité équivalente entre les points A et B ;
2. On applique entre A et B une tension $U = 120\ V$:
2.1. Calculer la charge portée par chaque condensateur et la tension entre ces bornes ;
2.2. Calculer l'énergie emmagasinée dans le système formé par les six condensateurs.

<u>Traiter au choix l'exercice n°4 ou les questions de cours</u>

Exercice 4 : (04 points)

Un conducteur cylindrique de cuivre, de section $S = 1\ mm^2$, de longueur $L = 10\ m$ et de résistivité $\rho = 17.2\ 10^{-9}\ \Omega.m$ est parcouru par un courant d'intensité constante $I = 5\ A$.

1. Calculer le module du vecteur densité de courant ;
2. Calculer le nombre d'électrons par unité de volume (n_e), sachant que chaque atome de cuivre libère un seul électron ;
3. Calculer la vitesse de dérive des électrons libres ;
4. Calculer la résistance du conducteur.

On donne : la masse atomique du cuivre $M_{Cu} = 64\ g/mol$, sa masse volumique $\rho_{Cu} = 8900\ kg/m^3$ et le nombre d'Avogadro $\mathcal{N} = 6.02\ 10^{23}\ mol^{-1}$.

Questions de cours : (04 points)

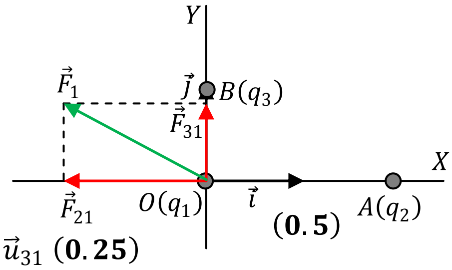
1. Donner la définition d'un dipôle électrostatique ;
2. Donner la définition d'un conducteur en équilibre électrostatique. Quelles propriétés peut-on déduire immédiatement de cette définition ?
3. Soient deux conducteurs A et B reliés par un fil conducteur. A l'équilibre, les deux conducteurs ont : a) le même potentiel b) la même charge c) la même charge et le même potentiel ;
4. En tout point d'une surface équipotentielle, le vecteur champ électrique est : a) perpendiculaire à cette surface b) parallèle à cette surface ;
5. Donner la définition d'une ligne de champ et celle d'une surface équipotentielle.

Université A. Mira de Bejaia
Faculté de technologie
Département ST (1ère Année)

Année universitaire 2017/2018
Session Rattrapage
Durée : 02 h

Corrigé du Rattrapage de Physique 2

Exercice1 : (06 points)



1. La force résultante exercée sur la charge q_1 au point O :

D'après le principe de superposition :

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}\ (\mathbf{0.25}) = K\frac{q_2 q_1}{AO^2}\vec{u}_{21}\ (\mathbf{0.25}) + \frac{q_3 q_1}{BO^2}\vec{u}_{31}\ (\mathbf{0.25})$$

$$\vec{u}_{21} = -\vec{\imath}\ (\mathbf{0.25})\ ;\quad \vec{u}_{31} = -\vec{\jmath}\ (\mathbf{0.25})\ ;\ AO = 2cm\ (\mathbf{0.25})\ ;\ BO = 1cm\ (\mathbf{0.25})$$

$$\vec{F}_1 = -9\ \times 10^{-5}(\vec{\imath} - \vec{\jmath})\ (\mathbf{0.25})$$

$$\|\vec{F}_1\| = \sqrt{{F_x}^2 + {F_y}^2}(\mathbf{0.25}) = 9\sqrt{2}\times 10^{-5}N\ (\mathbf{0.25})$$

2. Le champ électrostatique résultant au point O :

$$\vec{F}_1 = q_1\vec{E}_O\ \Rightarrow \vec{E}_O = \frac{\vec{F}_1}{q_1}\ (\mathbf{0.25}) = -9\ \times 10^4(\vec{\imath} - \vec{\jmath})\ (\mathbf{0.25})$$

$$\|\vec{E}_O\| = \sqrt{{E_x}^2 + {E_y}^2}\ (\mathbf{0.25}) = 9\sqrt{2}10^4\ V/m\ (\mathbf{0.25})$$

3. Le potentiel créé par les charges q_2 et q_3 en O :

$$V_O = V_A + V_B\ (\mathbf{0.25}) = K\frac{q_2}{AO} + K\frac{q_3}{BO}\ (\mathbf{0.25})$$

$$V_O = 900\ V\ (\mathbf{0.25})$$

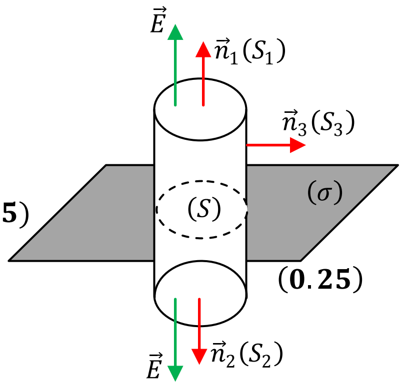
L'énergie potentielle :

$$E_p = q_1 V_O\ (\mathbf{0.25}) = 9\times 10^{-7}J\ (\mathbf{0.25})$$

4. L'énergie interne du système :

$$U = K\frac{q_1 q_2}{OA} + K\frac{q_1 q_2}{OB} + K\frac{q_2 q_3}{AB}\ (\mathbf{0.25})\ ;\ AB = \sqrt{5}\ (\mathbf{0.25});\ U = 9\left(1 - \frac{4}{\sqrt{5}}\right)\times 10^{-7}J\ (\mathbf{0.25})$$

Exercice2 : (04 points)



1. Le champ électrique créé par un plan infini :

Direction du champ électrique : perpendiculaire au plan **(0.25)**

Surface de Gauss : cylindre d'axe perpendiculaire au plan, de base S et hauteur h $(\mathbf{0.25})$

Flux du champ électrique à travers la surface de Gauss :

$$\Phi = \oint\!\!\!\oint_{(S_G)} \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \iint_{(S_1)} \vec{E}.\overrightarrow{dS} + \iint_{(S_1)} \vec{E}.\overrightarrow{dS} + \iint_{(S_1)} \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \iint_{(S_1)} \vec{E}.\vec{n}_1 dS + \iint_{(S_1)} \vec{E}.\vec{n}_2 dS + \iint_{(S_1)} \vec{E}.\vec{n}_3 dS\ (\mathbf{0.25})$$

$$\Phi = 2ES\ (\mathbf{0.25})$$

Théorème de Gauss :

$$\Phi = \oiint_{(S_G)} \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}\ (\mathbf{0.25}) \Rightarrow 2ES = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0} \Rightarrow \vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{n}\ (\mathbf{0.25})$$

Le vecteur champ électrique garde une direction, un sens et un module constants, donc il est uniforme **(0.25).**

2. D'après le principe de superposition :

$$\vec{E}(M) = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3\ (\mathbf{0.25}) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{n}_1 - \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}_2 + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{n}_3 (\mathbf{0.25})$$

Region 1 $(\boldsymbol{x} < \mathbf{0})$ **:** $\vec{n}_1 = \vec{n}_2 = \vec{n}_3 = -\vec{\imath}\ (\mathbf{0.25})$

$$\vec{E} = \vec{0}\ (\mathbf{0.25})$$

Region 2 $(\mathbf{0} < \boldsymbol{x} < a)$ **:** $\vec{n}_1 = \vec{\imath}, \vec{n}_2 = \vec{n}_3 = -\vec{\imath}\ (\mathbf{0.25})$

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{\imath}\ (\mathbf{0.25})$$

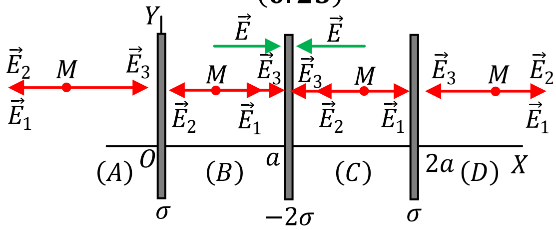
Region 3 $(\boldsymbol{a} < \boldsymbol{x} < 2\boldsymbol{a})$ **:** $\vec{n}_1 = \vec{n}_2 = \vec{\imath}, \vec{n}_3 = -\vec{\imath}\ (\mathbf{0.25})$

$$\vec{E} = -\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{\imath}\ (\mathbf{0.25})$$

Region 3 $(\boldsymbol{x} > 2\boldsymbol{a})$ **:** $\vec{n}_1 = \vec{n}_2 = \vec{n}_3 = \vec{\imath}\ (\mathbf{0.25})$

$$\vec{E} = \vec{0}\ (\mathbf{0.25})$$

$(\mathbf{0.25})$



<u>**Exercice 3 : (06 points)**</u>

1. La capacité équivalente entre les points A et B :

$$C_{123} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} + C_1 = 4\ \mu F\ (\mathbf{0.25})$$

$$C_{56} = C_5 + C_6 = 16\ \mu F\ (\mathbf{0.25})$$

$$C_{eq} = C_{AB} = \frac{C_{123}\, C_4}{C_{123} + C_4} + C_{56} = 17.33\ \mu F\ (\mathbf{0.25})$$

2. La charge portée par chaque condensateur et la tension entre ses bornes :

$$Q_{AB} = C_{AB} U\ (\mathbf{0.25}) = 2080\ 10^{-6} C\ (\mathbf{0.25})$$

$$U = U_5 = U_6 (\mathbf{0.25}) \Rightarrow \begin{cases} Q_5 = C_5 U_5 = C_5 U\ (\mathbf{0.25}) = 480\ 10^{-6} C\ (\mathbf{0.25}) \\ Q_6 = C_6 U_6 = C_6 U\ (\mathbf{0.25}) = 1440\ 10^{-6} C\ (\mathbf{0.25}) \end{cases}$$

$$Q_{AB} = Q_4 + Q_5 + Q_6 \Rightarrow Q_4 = Q_{AB} - Q_5 - Q_6\ (\mathbf{0.25}) = 160\ 10^{-6} C\ (\mathbf{0.25})$$

$$U = U_4 + U_1 = \frac{Q_4}{C_4} + \frac{Q_1}{C_1} \Rightarrow Q_1 = C_1 \left(U - \frac{Q_4}{C_4}\right)\ (\mathbf{0.25}) = 80\ 10^{-6} C\ (\mathbf{0.25})$$

$$Q_4 = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_2 = Q_4 - Q_1 (\mathbf{0.25}) = 80\ 10^{-6} C\ (\mathbf{0.25})$$

$$Q_3 = Q_2 = 80\ 10^{-6} C\ (\mathbf{0.25})$$

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 40\ V\ (\mathbf{0.25});\ U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = 26.66\ V\ (\mathbf{0.25});\ U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = 13.33\ V\ (\mathbf{0.25})$$

$$U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = 80\ V\ (\mathbf{0.25});\ U_5 = U_6 = U = 120\ V\ (\mathbf{0.25})$$

3. L'énergie emmagasinée dans le système :

$$U = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{6} Q_i U_i = \frac{1}{2} Q_{AB} U\ (\mathbf{0.25}) = 0.125\, J\ (\mathbf{0.25})$$

Exercice4 : (04 points)

1. Le module du vecteur densité de courant

$$J = \frac{I}{S}\ (\mathbf{0.5}) = 5\ 10^6\ A/m^2\ (\mathbf{0.5})$$

2. Le nombre d'électrons libres par unité de volume

$$n_e = \frac{\text{masse volumique}}{\text{masse atomique}}\mathcal{N} = \frac{\rho_{Cu}}{M_{Cu}}\mathcal{N}\ (\mathbf{0.5}) = \ 8.37\ 10^{28} e^-/m^3\ (\mathbf{0.5})$$

3. La valeur de la vitesse de dérive

$$J = n_e v e \Rightarrow v = \frac{J}{n_e e}\ (\mathbf{0.5}) = 3.37\ \ 10^{-4}\ m/s\ (\mathbf{0.5})$$

4. La résistivité du conducteur :

$$R = \rho\frac{L}{S}\ (\mathbf{0.5}) = 17.2\ 10^{-2}\ \Omega\ (\mathbf{0.5})$$

Questions de cours : (04 points)

1. Un dipôle est un couple de deux charges de même valeur mais de signes opposés séparées par une distance a non nulle **(0.5).**
2. On définit l'état d'équilibre comme l'état où les charges libres ne se déplacent plus (en moyenne) à l'intérieur du conducteur **(0.5).** De la définition précédente, on déduit immédiatement que les charges libres à l'intérieur du conducteur ne subissent aucune force électrique **(0.5).** Sachant que $\vec{F} = q\vec{E}$, cela revient à dire que le champ électrique est nul ($\vec{E} = \vec{0}$) en tout point intérieur du conducteur **(0.5).**
3. A l'équilibre les deux conducteurs ont le même potentiel **(0.5).**
4. Une ligne de champ est une ligne de l'espace telle qu'en tout point Mde cette ligne la tangente et le champ électrique $\vec{E}$ sont parallèles **(0.5).** Cette ligne est orientée dans le sens du champ.
   Une surface équipotentielle est une surface (S) de l'espace sur laquelle le potentiel électrostatique V est constant : $V(M) = V_0 = cste$ pour tout point $M\epsilon(S)$ $(\mathbf{0.5})$**.**
5. En tout point d'une surface équipotentielle, le vecteur champ électrique est perpendiculaire à celle-ci **(0.5).**