UMBB **STH**
Faculté des sciences **2010/2011**
Département de Physique

Physique2
ETLD 2

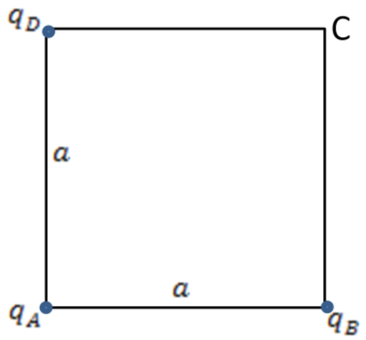
Exercice 1 :

Trois charges ponctuelles $q_A, q_B\ et\ q_D$ sont placées aux points A, B et D sommets d'un carré ABCD de coté a comme l'indique la figure 1.

Déterminer :

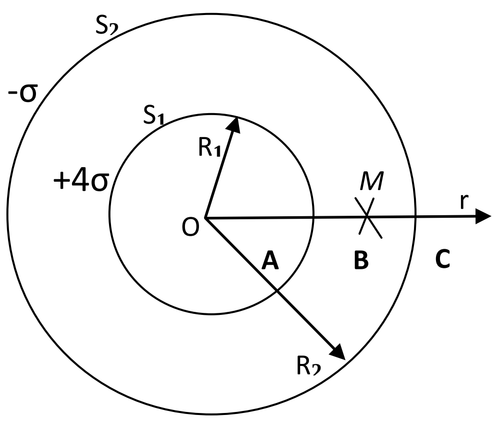
1. le vecteur champ électrique au point C dû aux trois charges $q_A, q_B\ et\ q_D$. Représenter graphiquement ce champ électrique.
2. le potentiel électrique au point C dû aux trois charges $q_A, q_B\ et\ q_D$.
3. le travail nécessaire pour déplacer une charge $q_C = +q$ de l'infini au point C. Quelle est alors l'énergie potentielle de la charge q_C et la force électrique à laquelle est soumise au point C.
4. l'énergie interne du système des quatre charges $q_A, q_B,\ q_C\ et\ q_D$. que représente cette énergie.
5.

On donne :
$q_A = +q, q_B = -q\ et\ q_D = -q, q = 10^{-9}C, a = 5\ cm.$



Exercice 2 :

1. Déterminer, en utilisant le théorème de Gauss, l'expression du champ électrique $\vec{E}(r)$ crée par une sphère de rayon R uniformément chargée en surface avec une densité σ.
2. Deux sphères S_1 et S_2, concentriques, creuses, d'épaisseurs négligeables et de rayons respectifs R_1 et R_2, sont chargées uniformément en surface avec des densités respectives (+4σ) et (-σ).
   i) Calculer la charge Q_1 et Q_2 portée par chacune des deux sphères.
   ii) En déduire le champ électrique $\vec{E}(r)$ dans les régions : A($r \prec R_1$), B($R_1 \prec r \prec R_2$) et C($r \succ R_2$).

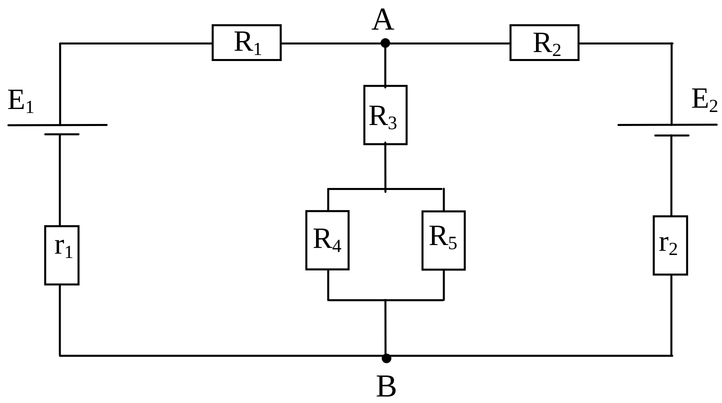


3. Soit un point M situé à 15cm du centre O des deux sphères. Le potentiel électrique crée en M par ces deux sphères est de 12 Volts.
   i) Déterminer les expressions du potentiel électrique dans les régions A, B et C.
   ii) Quelle est la forme des surfaces équipotentielles dans les régions A, B et C.
   iii) En déduire les positions r_1 et r_2 des équipotentielles V_1=24 Volts et V_2=6 Volts. Conclusion.

AN: $R_2=2\,R_1=20$ cm; $\sigma=10^{-8}/4\pi$ Cm^{-2} .

Exercice 3 :

Soit le circuit électrique de la figure ci-dessous. On donne : E_1=7V, E_2=10V, $R_1=10\Omega$, $R_2=15\Omega$, $R_3=21\Omega$, $R_4=15\Omega$, $R_5=10\Omega$ et $r_1= r_2=1\Omega$.



1. Trouver la résistance équivalente R_{AB} entre les points A et B.
2. Calculer les courants qui traversent R_1, R_2 et R_{AB}. En déduire les courants qui traversent R_4 et R_5.
3. Calculer la tension V_{AB} aux bornes de R_{AB}.
4. Quelle est l'énergie dissipée par effet joule dans ce circuit durant 10 minutes de fonctionnement.

UMBB
Faculté des sciences
Département de Physique

STH
2010/2011

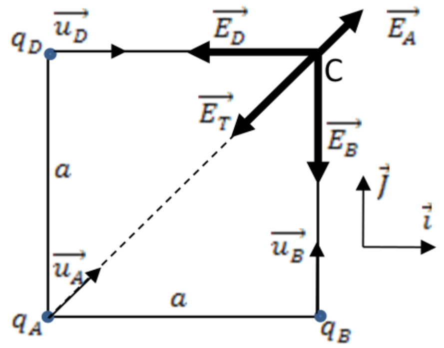
Corrigé Physique2
ETLD 2

Exercice 1 (6 points): choix d'un système d'axes (Ax, Ay), $\boldsymbol{base}$ $(\vec{\imath},\ \vec{\jmath})$

Solution : choix d'un système d'axes (Ax, Ay), $\boldsymbol{base}$ $(\vec{\imath},\ \vec{\jmath})$

0.5

1. Vecteur champ électrique au point C dû aux trois charges:



$$\overrightarrow{E_T} = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_D}$$

0.25

$$\overrightarrow{E_A} = K.\frac{q}{2a^2}\overrightarrow{u_A} = K.\frac{q}{2a^2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\vec{\imath} + \frac{\sqrt{2}}{2}\vec{\jmath}\right)$$

0.25

$$\overrightarrow{E_B} = -K.\frac{q}{a^2}\overrightarrow{u_B} = -K.\frac{q}{a^2}\vec{\jmath}$$

$$\overrightarrow{E_D} = -K.\frac{q}{a^2}\overrightarrow{u_D} = -K.\frac{q}{a^2}\vec{\imath}$$

0.25

$$\overrightarrow{E_T} = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_D} = K.\frac{q}{a^2}\left(\frac{\sqrt{2}}{4} - 1\right)(\vec{\imath} + \vec{\jmath}) = -2.32\ 10^{+3}(\vec{\imath} + \vec{\jmath})\ \left(\frac{V}{m}\right)$$

$$\left\|\overrightarrow{E_T}\right\| = 3.29\ 10^{+3}\ \left(\frac{V}{m}\right)$$

0.25

2. potentiel dû aux trois charges au point C :

$$V(C) = V_A(C) + V_B(C) + V_D(C) = K.\left(\frac{+q}{a\sqrt{2}} - \frac{q}{a} - \frac{q}{a}\right) = K.\frac{q}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$$

0.5

0.5

$$V(C) = K.\frac{q}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right) = -2.32\ 10^{+2}\ V$$

3. le travail nécessaire pour déplacer une charge $q_C = +q$ de l'infini au point C :

Le travail calculé ici est le travail d'une force extérieure « conservative » qui ne dépend que de l'état initial et l'état final : $W_C = -\int_{\infty}^{C} q_C \vec{E}\overrightarrow{dl} = -q_C[V(\infty) - V(C)]$

0.5

$W_C = q_C.V(C) = K.\frac{q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right) = -2.32.10^{-7} Joule$

0.5

0.5

L'énergie potentielle de la charge q_C est $E_P = W_C = q_C.V(C) = K.\frac{q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$

Au point C la charge q_C est soumise à une force électrique :

0.5

$\overrightarrow{F_T} = q_C\overrightarrow{E_T} = K.\frac{q^2}{a^2}\left(\frac{\sqrt{2}}{4} - 1\right)(\vec{\imath} + \vec{\jmath}) = -2.32\ 10^{-6}\ (\vec{\imath} + \vec{\jmath})\ \ (N)$

$$\left\|\overrightarrow{F_T}\right\| = 3.29\ 10^{-6}\ N$$

4. L'énergie interne du système des quatre charges est :

0.5

$$E_i \equiv U = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4} q_i V_i(M_i) = K.\frac{2q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$$

avec : $V_i(M_i) = \sum_{j\neq i}^{4} K\frac{q_j}{r_{ij}}$,

soit : $E_i \equiv U = K.\frac{q^2}{a}\left(-1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - 1 - 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - 1\right)$

$$E_i \equiv U = K.\frac{2q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$$

0.5

$$E_i = -4.65\ 10^{-7} Joule$$

Elle représente l'énergie nécessaire (travail qu'on doit fournir) pour assembler les quatre charges dans la configuration actuelle.

0.5

Exercice 2 (8 points):

1. l'expression du champ électrique $\vec{E}(r)$ crée par une sphère de rayon R uniformément chargée en surface avec une densité σ.

$\vec{E}(r) = E_r \overrightarrow{U_r}$

Le flux à travers la surface : $\Phi = \iint \vec{E}.d\vec{S}$

Suivant le théorème de gauss :

$$\Phi = \iint \vec{E}.d\vec{S} = \frac{Q_{inter}}{\varepsilon_0}$$

$$Pour \ \mathrm{r} \prec R$$
$$\iint \vec{E}.d\vec{S} = E(r)\iint dS = E(r)4\pi r^2$$
$$Q_{inter} = 0$$
$$donc$$
$$E(r)4\pi r^2 = 0 \quad \Rightarrow E(r) = 0$$

0.5

$$Pour \ \mathrm{r} \succ R$$
$$\iint \vec{E}.d\vec{S} = E(r)\iint dS = E(r)4\pi r^2$$
$$Q_{inter} = \sigma 4\pi R^2$$
$$donc$$
$$E(r)4\pi r^2 = \frac{\sigma 4\pi R^2}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow E(r) = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0} \ \frac{1}{\mathrm{r}^2}$$

0.5

2. Deux sphères S_1 et S_2 concentriques :
   i) Calcul de la charge Q_1 et Q_2 :

$$Q_1 = \iint 4\sigma dS = 16\pi\sigma R_1^{\ 2} \qquad Q_1 = 4 \ 10^{-10} \ \mathrm{C}$$

0.5

$$Q_2 = \iint -\sigma dS = -4\pi\sigma R_2^{\ 2} = -16\pi\sigma R_1^{\ 2} \qquad Q_2 = -4 \ 10^{-10} \ \mathrm{C}$$

0.5

   ii) le champ électrique $\vec{E}(r)$:

Dans la région A : $r \prec R_1$

$$Q_{inter} = 0$$
$$E_1(r) = 0$$

0.5

Dans la région B : $R_1 \prec r \prec R_2$

$Q_{inter} = 16\pi\sigma R_1^2$

$E_2(r) = \dfrac{4\sigma R_1^2}{\varepsilon_0} \; \dfrac{1}{r^2}$ 0.5

Dans la région C : $r \succ R_2$

$Q_{inter} = 16\pi\sigma R_1^2 - 4\pi\sigma R_2^2 = 0$

$E_3(r) = 0$ 0.5

3. M situé à 15cm du centre O des deux sphères.
   i) L'expression du potentiel électrique :

$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V$

$V(r) = -\int E(r)dr + C$

Dans la région A : $r \leq R_1$

$V_1(r) = -\int E_1(r)dr + C_1$

$V_1(r) = C_1$

Dans la région B : $R_1 \leq r \leq R_2$

$V_2(r) = -\int E_2(r)dr + C_2$

$V_1(R_1) = V_2(R_1)$

$V_2(r) = \dfrac{4\sigma R_1^2}{\varepsilon_0} \; (\dfrac{1}{r} - \dfrac{1}{R_1}) + C_1$

Dans la région C : $r \geq R_2$

$V_3(r) = -\int E_3(r)dr + C_3$

$V_3(r) = C_3$

$V_3(R_2) = V_2(R_2)$

$Avec: \; V_2(15cm) = 12 \; Volt$

$\Rightarrow C_1 = 24 \; Volt$ et $V_3(R_2) = V_2(R_2) = 6 \; Volt$

D'où :

$V_1(r) = 24 \; Volt \qquad r \leq R_1$ 0.5

$V_2(r) = \dfrac{4\sigma R_1^2}{\varepsilon_0} \; (\dfrac{1}{r}) - 12 \qquad R_1 \leq r \leq R_2$ 0.5

$V_3(r) = 6 \; Volt \qquad r \geq R_2$ 0.5

ii) La forme des surfaces équipotentielles: 0.5

Dans la région A : $r \le R_1$

La sphère de rayon R_1 est une surface équipotentielle $V_1(r) = 24\ Volt$

Dans la région B : $R_1 \le r \le R_2$

Les équipotentielles sont de formes sphériques 0.5

Dans la région C : $r \ge R_2$

La sphère de rayon R_2 est une surface équipotentielle $V_3(r) = 6\ Volt$ 0.5

iii) Positions r_1 et r_2 des équipotentielles

$V(r) = 24\ Volt \Rightarrow\ r \le R_1$ 0.5

$V(r) = 6\ Volt \Rightarrow\ r \ge R_2$ 0.5

Conclusion :

6 Volt $\le V(r) \le 12$ Volt $\quad \Rightarrow \quad R_1 \le r \le R_2$ 0.5

Exercice 3 (6 points) :

1. $R_{AB} = 27\ \Omega$ 0.75
2. Courant traversant R_1 : $I_1 = 0{,}03A$ 0.75

   Courant traversant R_2 : $I_2 = 0{,}21A$ 0.75

   Courant traversant R_{AB} : $I_3 = 0{,}24A$ 0.75

   Courant traversant R_4 : $I_1 = 0{,}096A$ 0.75

   Courant traversant R_5 : $I_1 = 0{,}144A$ 0.75
3. $V_{AB} = R_{AB}I_3 = 6{,}48V$ 0.5
4. $W_J = W_J = [(r_1 + R_1)I_1^2 + (r_2 + R_2)I_2^2 + R_{AB}I_3^2].t$ 0.5

   $W_J = 1362{,}4\ J$ 0.5