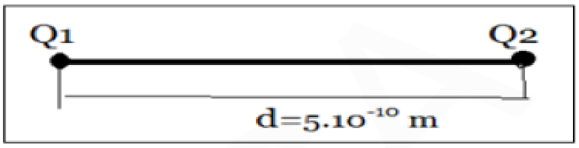
EXERCICES CORRIGES

ÉLECTROST-ATIQUE

EXERCICE 1

Une force électrostatique entre deux ions identiques séparés par une distance de 5.10^{-10} m, vaut $3,7.10^{-9}$ N. Quelle est la charge portée par chaque ion ?

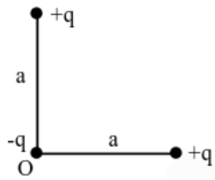


La loi de coulomb donne $F = k\frac{|Q_1 \times Q_2|}{d^2}$

Ions identiques donc On a $Q_1 = Q_2 = Q$

$F = k\frac{Q^2}{d^2}$ $\quad Q = \sqrt{\frac{F \times d^2}{K}}$ $\quad Q = \sqrt{\frac{3.7\ 10^{-9} \times (5\ 10^{-10})^2}{9\ 10^9}}$ $\qquad Q = 3.2\ 10^{-19} (C)$

EXERCICE 2



1- Quels sont le module, la direction et le sens de la force s'exerçant sur la charge (-q) de la figure ci-contre ? A. N : $a = 0,2$ m ; $q = 10^{-6}$ C

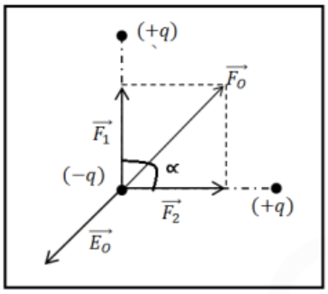
2- En déduire le module et le sens du champ électrique au point O.

1-Le module, la direction et le sens de la force qui s'exerce sur la charge (-q).

$$\overrightarrow{F_O} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2}$$

$F_1 = k\frac{|q.q|}{a^2}$ les charges sont de signes opposés il ya attraction

$F_1 = 9.10^9 \times \frac{\left(1.10^{-6}\right)^2}{(0.2)^2} \qquad F_1 = 0.225$ (N)



$F_2 = F_1$ car on a les mêmes charges et la même distance ; les charges sont de signes opposés il ya attraction.

$$F_O = \sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2 + 2 \times |F_1| \times |F_2| \times \cos(\alpha)}$$

Avec $\alpha = 90°$ on aura $F_O = F_1 \times \sqrt{2}$ $\quad F_O = 0.32\ (N)$

2-Le champ électrique résultant au point O.

$F_O = |q|.E_O \qquad E_O = \frac{F_O}{|q|} \qquad E_O = \frac{0.32}{1.10^{-6}} \qquad E_O = 3.2\ 10^5 (\frac{V}{m})$

La charge au point O est negative $(-q)$ *donc* $\overrightarrow{E_O}$ *et* $\overrightarrow{F_O}$ sont opposés.

EXERCICE 3

Calculer la force exercée par les deux autres charges sur la charge q_3.

A.N. : $q_1 = 2\mu C$; $q_2 = -3\mu C$; $q_3 = 4\mu C$; $\alpha = 45°$; $a = 5$ cm

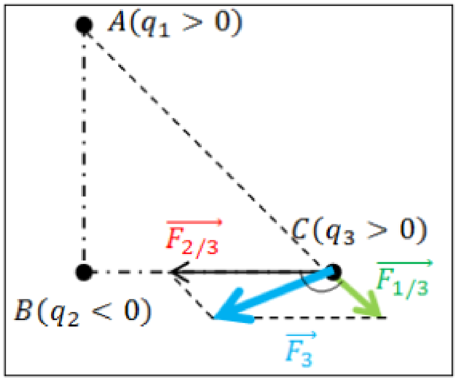
$$\overrightarrow{F_3} = \overrightarrow{F_{1/3}} + \overrightarrow{F_{2/3}}$$

$F_{1/3} = k\frac{|q1|\times|q3|}{(\overline{AC})^2}$

AC= $\sqrt{(a)^2+(a)^2}$ AC $= a \times \sqrt{2}\ cm$ AC $= 5\times\sqrt{2}$ AC = 7.1 cm

$F_{1/3} = 9.10^9 \times \frac{2.10^{-6}\times 4.10^{-6}}{(0.071)^2}$ $F_{1/3} = 14.4\ (N)$

$(q_2 < 0)\ et\ (q3 > 0)$ il y a attraction



$F_{2/3} = k\frac{|q2|\times|q3|}{(a)2}$ $F_{2/3} = 9.10^9 \times \frac{3.10^{-6}\times 4.10^{-6}}{(0.05\ )^2}$ $F_{2/3} = 43.2\ (N)$

$F_3 = \sqrt{(F_{1/3})^2 + (F_{2/3})^2 + 2\times F_{1/3}\times F_{2/3}\times cos(180-45)}$

$F_3 = 34.5\ \ (N)$

EXERCICE 4

Quatre charges ponctuelles électriques sont disposées comme l'indique la figure suivante :

A.N. : $Q_A = Q_B = Q_C = -Q_D$ avec $Q_A = 4\,nC$ et R = 3cm.

1- Représenter les différents champs électriques au point O.

2- quel est le champ électrique résultant en O ? Que vaut le potentiel électrique en O ?

3- les charges q_C et q_D sont retirées. Calculer le champ et potentiel électriques résultants au point C.

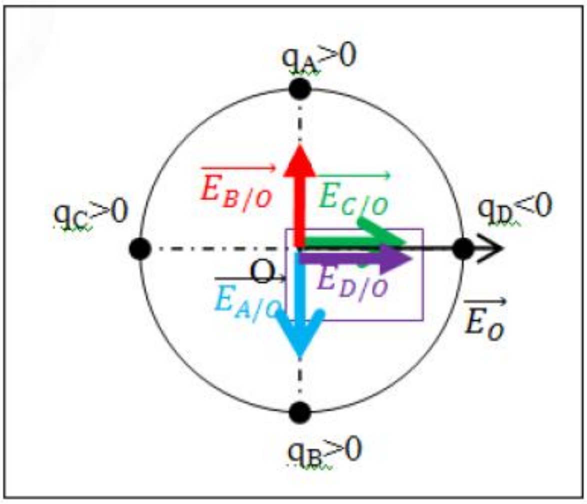
1-Représentation des champs au point O.

(Q_A>o) donc $\overrightarrow{E_{A/O}}$ sortant

(Q_B>o) donc $\overrightarrow{E_{B/O}}$ sortant

(Q_C>o) donc $\overrightarrow{E_{C/O}}$ sortant

(Q_D<o) donc $\overrightarrow{E_{D/O}}$ entrant



2-Le champ résultant au point O.

$\overrightarrow{E_O} = \overrightarrow{E_{A/O}} + \overrightarrow{E_{B/O}} + \overrightarrow{E_{C/O}} + \overrightarrow{E_{D/O}}$

$E_{O/_A} = k\frac{|q_A|}{(R)^2}$ $\quad E_{O/_A} = 9.10^9 \times \frac{4.10^{-9}}{(0.03)^2}$ $\quad E_{O/_A} = 4.10^4 \left(\frac{V}{m}\right)$

Pour les autres champs on remarque que les charges sont égales et les distances sont égales, on peut donc écrire

$E_{A/O} = E_{B/O} = E_{C/O} = E_{D/O}$

Les champs $\overrightarrow{E_{A/O}}$ et $\overrightarrow{E_{B/O}}$ s'annulent (même modules et sens opposes)

Donc $E_O = E_{C/O} + E_{D/O}$ (car $\overrightarrow{E_{C/O}}$ et $\overrightarrow{E_{D/O}}$ ont le même sens)

$E_O = 4.10^4 + 4.10^4 \quad E_O = 8.10^4 \left(\frac{V}{m}\right)$

3-Le potentiel électrique résultant au point O

$$V_O = V_{A/O} + V_{B/O} + V_{C/O} + V_{D/O} \quad V_O = k\frac{q_A}{R} + k\frac{q_B}{R} + k\frac{q_C}{R} + k\frac{q_D}{R}$$

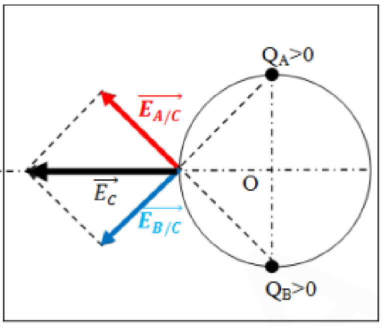
$$V_O = \frac{k}{R} \times (q_A + q_A + q_A - q_A)$$

$$V_O = 2 \times k\frac{q_A}{R} \qquad V_O = 2 \times 9.10^9 \times \frac{4.10^{-9}}{0.03} \qquad V_O = 2400\ (Volt).$$

a) Le champ et le potentiel électrique résultants au point C

$\overrightarrow{E_C} = \overrightarrow{E_{A/C}} + \overrightarrow{E_{B/C}}$

$$\overline{AC}^2 = R^2 + R^2 \quad \overline{AC}^2 = 2 \times R^2$$



$E_{A/C} = k \times \frac{|q_A|}{2\times R^2}$ $\quad E_{A/C} = 9.10^9 \times \frac{4.10^{-9}}{2\times(0.03)^2}$ $\quad E_{A/C} = 2.10^4 \left(\frac{V}{m}\right)$ q_A >0 donc $\overrightarrow{E_{A/C}}$ sortant

Pour $\overrightarrow{E_{B/C}}$ on a les mêmes charges et les mêmes distances donc $E_{B/C} = E_{A/C} = 2.10^4 \left(\frac{V}{m}\right)$ Q_B >0 donc $\overrightarrow{E_{B/C}}$ sortant

$E_C = \sqrt{(E_{A/C})^2 + (E_{B/C})^2 + 2 \times E_{A/C} \times E_{B/C} \times cos(90)}$ $\quad E_C = 2.\sqrt{2}.10^4 \left(\frac{V}{m}\right)$

b) Le potentiel résultant au point C

$V_C = V_{A/C} + V_{B/C}$ $\quad V_C = k\frac{q_A}{AB} + k\frac{q_B}{AC}$ $\quad V_C = 2\,k\frac{Q_A}{AB}$ car $q_A = q_B$

avec AC $=R.\sqrt{2}$ on aura $V_C = 2\,k\frac{q_A}{R.\sqrt{2}}$

$V_C = 2 \times 9.10^9 \times \frac{4.10^{-9}}{0.03.\sqrt{2}}$ $\quad V_C = 1697\ (Volt)$

EXERCICE 5

Soit la figure ci-contre. Au point A, la charge est (q_A = – q). Au point (O), la charge est (q_O = 2 q). Au point (B), la charge est (q_B = +q). [Données : (q = 10^{-9}C) ; (a = 10 cm)]

1- Que vaut la norme ($|\vec{F}|$) de la force F résultante que subit la charge (q_B) ?

2- Que vaut l'énergie potentielle (Ep) de la charge (q_B) ?

3- Que vaut l'énergie interne (U) du système de ces trois charges (q_A), (q_B), et (q_O) ?

4- Que vaut le potentiel (V) créé par les charges (q_A) et (q_B) au point (O) ?

5- Soit un point (M) situé au milieu du segment [AB], que vaudrait le travail (W) des forces électrostatiques si l'on déplaçait la charge (q_O) du point (O) au point (M) ?

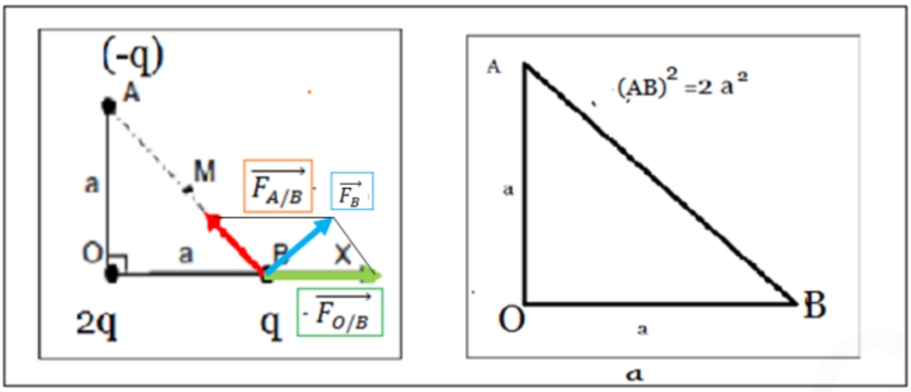
1 $-\overrightarrow{F_B} = \overrightarrow{F_{A/B}} + \overrightarrow{F_{O/B}}$

$F_{A/B} = k\frac{|q_A.q_B|}{AB^2}$

$F_{A/B} = k\frac{|q_A.q_B|}{2\,a^2}$

$F_{A/B} = 9.10^9 \times \frac{10^{-9} \times 10^{-9}}{2 \times (0.1)^2}$ $F_{A/B} = 4.5\ 10^{-7}\ N$

$F_{O/B} = k\frac{|q_O.q_B|}{OB^2}$ $F_{O/B} = k\frac{|q_O.q_B|}{a^2}$ $F_{O/B} = 9.10^9 \times \frac{2.10^{-9} \times 10^{-9}}{(0.1)^2}$ $18.10^{-7}\ N$



$F_B = \sqrt{(F_{A/B})^2 + (F_{O/B})^2 + 2 \times F_{A/B} \times F_{O/B} \times \cos(180-45)}$

$F_B = \sqrt{(4.5\ 10^{-7})^2 + (18.10^{-7})^2 + 2 \times 4.5\ 10^{-7} \times 18.10^{-7} \times \cos(180-45)}$

$$F_B = 15.10^{-7}\ N$$

2-$E_P = q_B.V_B$

$V_B = V_{A/B} + V_{O/B}$ $V_B = k\frac{q_A}{AB} + k\frac{q_O}{OB}$ $V_B = k\frac{(-q)}{a.\sqrt{2}} + k\frac{2q}{a}$ $V_B = k\frac{q}{a}\left(\frac{(-1)}{\sqrt{2}} + 2\right)$ $V_B = 9.10^9.\frac{10^{-9}}{0.01}\left(\frac{(-1)}{\sqrt{2}} + 2\right)$

$V_B = 1163\ volt$ $E_P = q_B.V_B$ $E_P = 10^{-9} \times 1163$ $E_P = 1.16\,.\,10^{-6}$ J

3- L'énergie interne U du système des trois charges.

Elle est donnée par $U = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1, i\neq j}^{n} \sum_{j=1}^{n} k\frac{q_i q_j}{rij}$

METHODE DE CALCUL

Cas de 2 charges

U = $k\frac{(q_1 \times q_2)}{r}$

Cas de 3 charges

U = $k\left[\frac{(q_1 \times q_2)}{r12} + \frac{(q_1 \times q_3)}{r13} + \frac{(q_2 \times q_3)}{r23}\right]$

Cas de 4 charges

U = $k\left[\frac{(q_1 \times q_2)}{r12} + \frac{(q_1 \times q_3)}{r13} + \frac{(q_1 \times q_4)}{r14} + \frac{(q_2 \times q_3)}{r23} + \frac{(q_2 \times q_4)}{r24} + \frac{(q_3 \times q_4)}{r24}\right]$

$U = k\left(\frac{q_A \times q_B}{AB} + \frac{q_A \times q_O}{AO} + \frac{q_O \times q_B}{OB}\right)$

$U = k\left(\frac{(-q)\times(q)}{a.\sqrt{2}} + \frac{(-q)\times(2q)}{a} + \frac{(2q)\times(q)}{a}\right)$

$U = \frac{k.q^2}{a}\left(\frac{(-1)}{\sqrt{2}} - 2 + 2\right)$ $U = \frac{-}{\sqrt{2}}\frac{k.q^2}{a}$ $U = \frac{-}{\sqrt{2}}\frac{9.10^9.10^{-9}.10^{-9}}{0.01}$

U= - 6.36 10^{-7} Joule

4- $V_O = V_{A/O} + V_{B/O}$ $V_O = k\frac{q_A}{OA} + k\frac{q_B}{OB}$ $V_O = k\frac{(-q)}{a} + k\frac{q}{a}$ $V_O = 0$

6- le travail de la charge de O à M est donné par

$W_{O-M} = (E_P)_O - (E_P)_M$ $W_{O-M} = (q_O.V_O) - (q_O.V_M)$ $W_{O-M} = q_O.(V_O - V_M)$

on a $V_O = 0$, on calcule V_M

$V_M = V_{A/M} + V_{B/M}$ $V_M = k\frac{q_A}{AM} + k\frac{q_B}{BM}$ $V_M = k\frac{(-q)}{AM} + k\frac{q}{BM}$ $AM = BM$ *donc* $V_M = 0$

$W_{O-M} = q_O.(V_O - V_M)$ $W_{O-M} = 0$

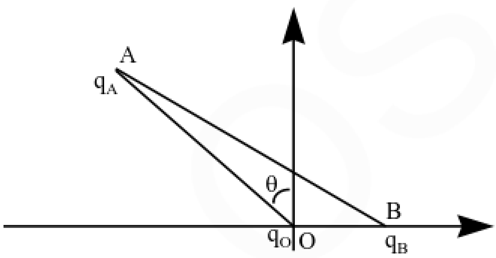
EXERCICE 6

Trois charges électriques q_O, q_A, q_B sont placées comme l'indique la figure suivante. On donne OA=20 cm; OB=15 cm; AB=30 cm. $q_A = -\frac{16}{3}10^{-6}C$; $q_B = 3.10^{-6}C$; $q_O = -10^{-6}C$; $\theta = 30°$

1- quelle est l'énergie interne du système ?

2- calculer et représenter la force qui s'exerce sur la charge q_O, en déduire la valeur, la direction et le sens du champ électrique au point O.

3- quel est le travail fourni par cette force pour déplacer cette charge q_O du point O à l'infini ?



1-L'énergie interne U du système des trois charges.

L'énergie interne est donnée par $U = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1, i\neq j}^{n} \sum_{j=1}^{n} k\frac{q_i q_j}{rij}$

Cas de 3 charges

$$U = k\left[\frac{(q_1 \times q_2)}{r12} + \frac{(q_1 \times q_3)}{r13} + \frac{(q_2 \times q_3)}{r23}\right]$$

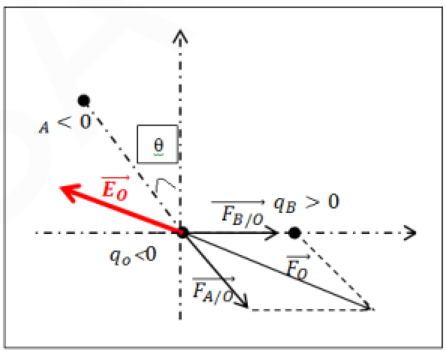
$$U = k(\frac{q_A \times q_B}{AB} + \frac{q_A \times q_O}{AO} + \frac{q_O \times q_B}{OB})$$

$$U = 9.10^{+9}\left(\frac{\frac{-16.10^{-6}}{3} \times 3.10^{-6}}{0.3} + \frac{\frac{-16.10^{-6}}{3} \times -1.10^{-6}}{0.2} + \frac{-1.10^{-6} \times 3.10^{-6}}{0.15}\right)$$

$$U_i = -0.42\ (Joule)$$

U<0 le système est stable.

2- $\vec{F_O} = \vec{F_{A/O}} + \vec{F_{B/O}}$ $F_{A/O} = k\frac{|q_A.q_O|}{AO^2}$



$$F_{A/O} = 9.10^9 \times \frac{\frac{16}{3}.10^{-6} \times 1.10^{-6}}{(0.2)^2} \quad F_{A/O} = 1.2\ N \quad (Q_A < o \ \ et\ Q_O < o)$$ il y a répulsion

$$F_{B/O} = k\frac{|Q_B| \times |Q_O|}{BO^2}$$

$$F_{B/O} = 9.10^9 \times \frac{3.10^{-6} \times 1.10^{-6}}{(0.15)^2} \quad F_{B/O} = 1.2\ \text{N} \quad (Q_B > o \ \ et\ Q_O < o)$$ il y a attraction

$$F_O = \sqrt{(F_{A/O})^2 + (F_{B/O})^2 + 2 \times F_{A/O} \times F_{B/O} \times \cos(\alpha)}$$

α=90°- 30   α = 60°

$$F_O = 2.08\ (N)$$

le champ résultant au point O

$F_O = |Q_O| \times E_O$

$E_O = \frac{F_O}{|Q_O|}$ $E_O = \frac{2.08}{10^{-6}}$ $E_O = 2.08.10^6 (\frac{V}{m})$

$Q_O < o$ donc $\overrightarrow{E_O}$ *est opposé* à $\overrightarrow{F_O}$

3-Le travail des forces électrostatiques pour déplacer la charge Q_O du point O à l'infini.

$$W_{A\to B} = -\Delta(Ep) = (Ep_A - Ep_B)$$

$$W_{O\to\infty} = (Q_O \times V_O - Q_\infty \times V_\infty) \quad V_\infty = 0$$

$$W_{O\to\infty} = Q_O \times V_O$$

$$V_O = (V_{A/O} + V_{B/O}) \Rightarrow V_O = k\frac{Q_A}{AO} + k\frac{Q_B}{BO}$$

$$V_O = 9.10^9 \times \frac{\frac{-16}{3}.10^{-6}}{(0.2)} + 9.10^9 \times \frac{3.10^{-6}}{(0.15)} \quad V_O = -6.10^4 (V)$$

$$W_{O\to\infty} = -1.10^{-6} \times (-6.10^4) \quad W_{O\to\infty} = +0.06\ (Joule)$$

EXERCICE 7

Soit une charge ponctuelle q dans l'espace.

1-définir une ligne de champ (ou ligne de force).

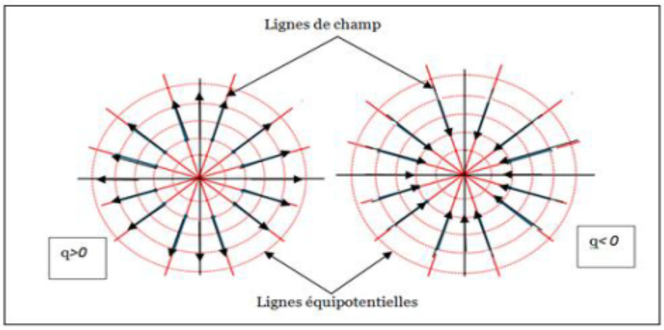
- Une ligne de champ est une pour laquelle le vecteur champ est perpendiculaire en tout point,
- Une ligne de champ est la trajectoire que suit la charge dans son déplacement

2-définir une surface équipotentielle (et ligne équipotentielle).

- Une surface (ligne) équipotentielle est une surface (ligne) pour laquelle le potentiel est constant en tout point.

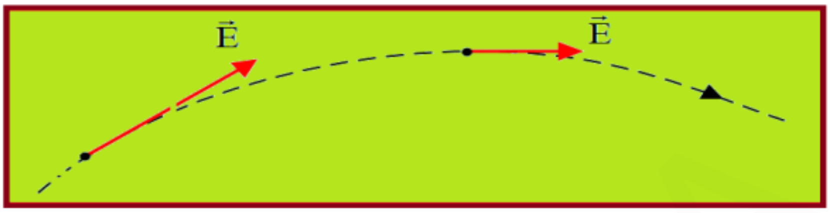
3-représenter graphiquement une ligne de champ et une équipotentielle.

Les schémas suivant représentent les lignes de champs et les surfaces équipotentielles dans le cas d'une charge ponctuelle.



Remarque ;

- Les lignes de champs sont toujours perpendiculaires aux surfaces équipotentielles.
- La ligne de champ est toujours orientée dans le sens des potentiels décroissant.
- Le vecteur champ électrique est toujours tangent à la ligne de champ.



4- Encadrer la réponse exacte.

a- une ligne de champ électrostatique est orientée dans le sens des potentiels :

i- croissants.

ii- décroissants.

b- une ligne de champ est une ligne où le vecteur champ $\vec{E}$ est :

i- perpendiculaire à cette ligne.

c- tangent à cette ligne.

d- une ligne équipotentielle est une ligne où le potentiel reste :

i- constamment nul en tout point de cette ligne.

d- constant en tout point de cette ligne.

e- une ligne de champ est une ligne :

i- de forme linéaire.

ii- qui traverse les lignes ou surfaces équipotentielles perpendiculairement