Examen (ETLD) (Durée 1h30)

Exercice 1 (10 pts)

Soient trois charges électriques ponctuelles $q_A = q$, $q_B = q$ et $q_C = 3q$ placées aux points A, B et C d'un cercle de centre O et de rayon R avec $q = 10^{-9}\,C$ (figure $1.a$).
On donne : $R = 10\,cm$ et $K = 9 \cdot 10^9\,USI$.

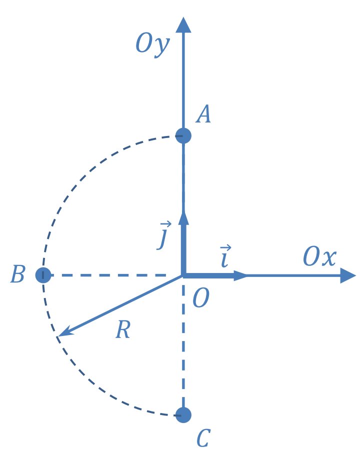
1. Déterminer le potentiel électrique produit par les trois charges q_A, q_B et q_C au centre O.
2. Déterminer le vecteur champ électrique $\overrightarrow{E_O}$ produit par les trois charges électriques q_A, q_B et q_C au centre O. Dessiner $\overrightarrow{E_O}$ sur la figure $1.a$ en utilisant l'échelle : $1\,cm \rightarrow 10^3\,N/C$.
3. Déterminer l'énergie interne du système formé par les trois charges q_A, q_B et q_C.

On place une quatrième charge électrique ponctuelle $Q = -q$, au centre O, voir figure $1.b$.

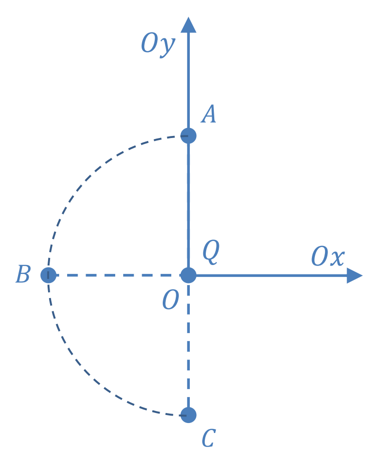
4. En déduire le vecteur force $\overrightarrow{F_O}$ agissant sur la charge Q. Dessiner $\overrightarrow{F_O}$ sur la figure $1.b$ en utilisant l'échelle : $1\,cm \rightarrow 10^{-6}\,N$.
5. En déduire l'énergie potentielle de la charge Q.

On place une cinquième charge électrique ponctuelle Q' au point D situé sur le cercle et repéré par l'angle θ, voir figure $1.c$.

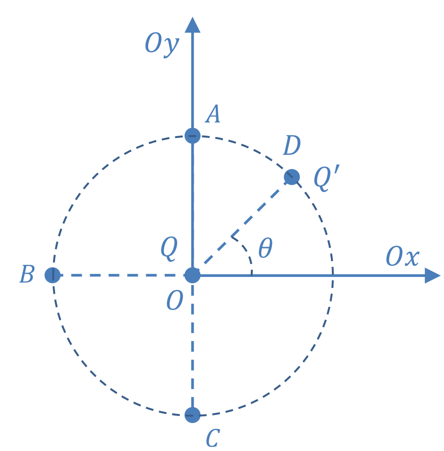
6. Quelle doit être la valeur de θ pour que la charge Q soit **en équilibre** au centre O ?
7. Déterminer dans ce cas, la charge Q' correspondante.



$Figure\ 1.a$



$Figure\ 1.b$

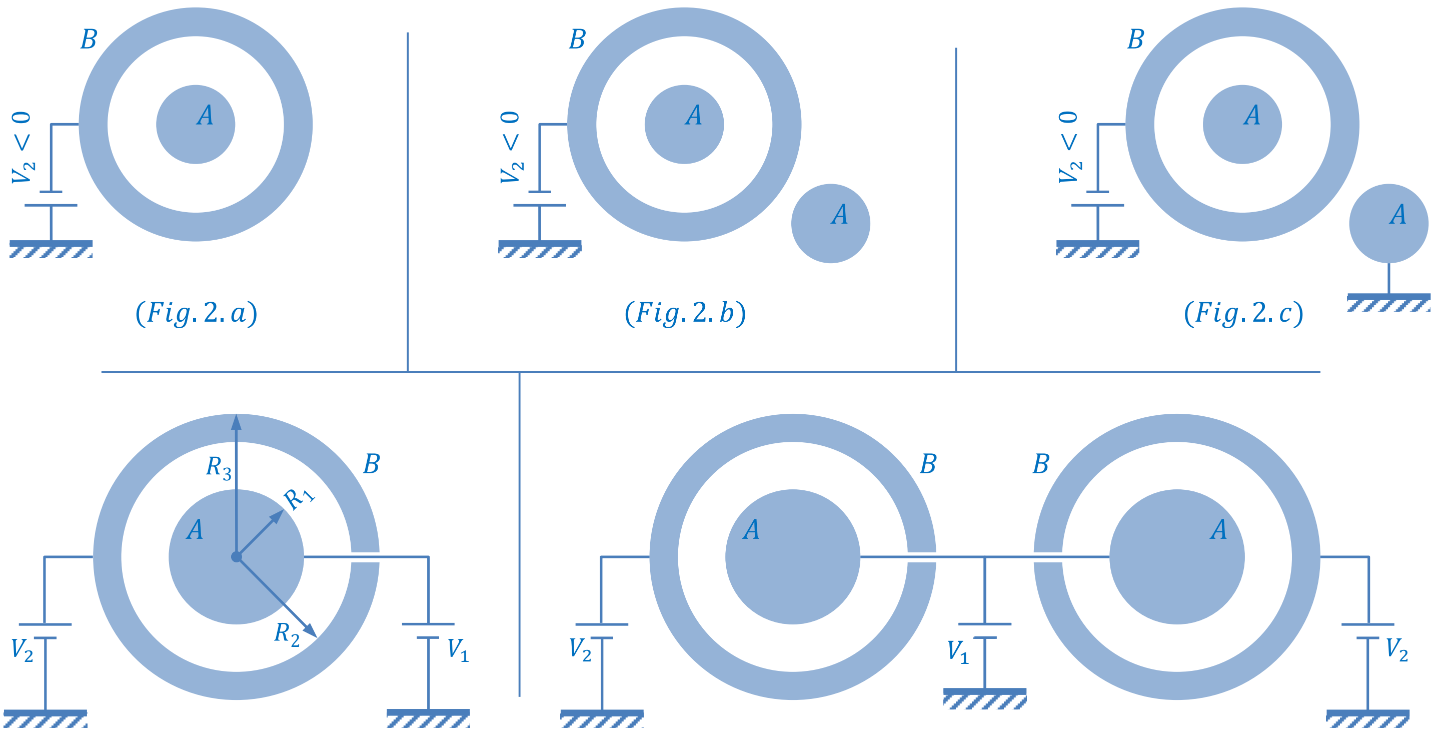


$Figure\ 1.c$

Exercice 2 (10 pts)

Un conducteur sphérique (A) de centre O et de rayon $R_1 = 10\,cm$ est entourée d'un autre conducteur sphérique (B) creux, de rayon intérieur $R_2 = 10{,}5\,cm$ et extérieur $R_3 = 14\,cm$ et concentrique à (A). Les deux conducteurs sont initialement neutres.

I. Dans chacun des cas suivants, représenter soigneusement, la répartition des charges électriques portées par les deux conducteurs à l'équilibre électrostatique, en utilisant des signes $(+)$ pour les charges positives et des signes $(-)$ pour les charges négatives. Justifier votre réponse dans chaque cas.



$(Fig. 2. a)$ $(Fig. 2. b)$ $(Fig. 2. c)$ $(Fig. 2. d)$ $(Fig. 2. e)$

Figure 2

II. On considère le cas de la figure $2.d$. La sphère (A) est portée à un potentiel $V_1 = 3000\,V$ et la sphère (B) est portée à un potentiel positif $V_2 = 2000\,V$.

On donne la constante de Coulomb : $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9\,USI$.

1. En utilisant le théorème de Gauss, déterminer le champ électrique dans tout l'espace.
2. Déterminer le potentiel électrique dans tout l'espace (figure $2.d$).
3. En déduire l'expression de la différence de potentiel électrique entre les deux conducteurs (A) et (B) en fonction de la charge Q_1 et des rayons R_1 et R_2.
4. Calculer la charge portée par la sphère (A).
5. En déduire la capacité du condensateur formé par les deux sphères (A) et (B).

III. En déduire la capacité du système de condensateurs de la figure $2.e$.