

**Travaux dirigés de PHY 1120 :**  
**Electrostatique et Magnétostatique**  
**Série N°1**

**Exercice 1**

Soient deux charges  $Q$  et  $Q'$  situées respectivement en  $M(a, b)$  et  $M'(c, d)$ , deux points distincts du plan muni d'un repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

1. Donner l'expression vectorielle du champ créé par la charge  $Q$  au point  $M'$  en fonction du vecteur  $\overrightarrow{MM'}$
2. Donner l'expression vectorielle du champ créé par la charge  $Q$  au point  $M'$  en fonction des vecteurs unitaires  $\vec{i}$  et  $\vec{j}$
3. Donner l'expression vectorielle du champ créé par la charge  $Q'$  au point  $M$  en fonction du vecteur  $\overrightarrow{M'M}$
4. Donner l'expression vectorielle du champ créé par la charge  $Q'$  au point  $M$  en fonction des vecteurs unitaires  $\vec{i}$  et  $\vec{j}$
5. Déduire des questions 1. et 2. L'expression vectorielle de la force subie par la charge  $Q'$  de la part de la charge  $Q$ , en fonction du vecteur  $\overrightarrow{MM'}$ , et en fonction des vecteurs unitaires  $\vec{i}$  et  $\vec{j}$
6. Déduire des questions 3. et 4. L'expression vectorielle de la force subie par la charge  $Q$  de la part de la charge  $Q'$  en fonction du vecteur  $\overrightarrow{M'M}$ , et en fonction des vecteurs unitaires  $\vec{i}$  et  $\vec{j}$ .
7. Donner les expressions des intensités des forces déterminées aux questions 5. et 6.

**Exercice 2**

- 1- Calculer la force d'attraction entre le proton et un électron dans un atome d'hydrogène, avec : le rayon de l'atome d'hydrogène  $r = 0,5 \text{ \AA}$ , la charge de l'électron  $e = -1,605 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  et la constante de permittivité  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N}} \cdot \text{m}^2$ .
- 2- Comparer cette force avec la force gravitationnelle entre les deux masses d'électron ( $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ) et de proton ( $m_p = 1836 \cdot m_e$ ) avec  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{kg}}$  (Constante de la gravitation universelle).

**Exercice 3**

Soient trois charges  $q_1$ ,  $q_2$  et  $q_3$  placées aux sommets d'un triangle équilatéral de côté  $a$ . Déterminer le champ électrostatique créé par cette distribution au centre de gravité du triangle, sachant que  $q_1 = q_2 = q$  et  $q_3 = 2q$ .

Soient deux charges électriques ponctuelles portées par un axe  $(Ox)$  :  $+q$  en  $B(+a)$  et  $-q$  en  $A(-a)$ . Exprimer le champ électrique créé en  $M(x)$  par cette distribution,  $M$  appartenant à l'axe  $(Ox)$ .

**Exercice 4**

Une charge linéaire  $\lambda$  est répartie uniformément sur un fil en forme d'anneau de rayon  $R$  (Figure 1).

- 1- Calculer le champ électrique produit par le fil au point  $M$  situé sur l'axe  $(OX)$  à une distance  $x$  du centre  $O$ .
- 2- Vérifier la relation de liaison entre le champ et le potentiel.

3- Déterminer le champ électrique maximal en fonction de  $R$  et  $\lambda$ .

4- Présenter schématiquement la variation du champ et du potentiel électrique en fonction de  $x$  où  $x > 0$ .

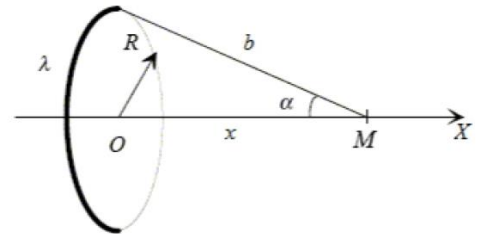


Figure 1

## Exercice 5

Un disque de rayon  $R$  est centré en  $O$ . Il porte une densité superficielle de charge uniforme  $\sigma$  (Figure 2).

- 1- Donner l'expression du champ électrique en un point  $M$  situé à une distance  $x$  sur l'axe  $(OX)$ .
- 2- Etudier les cas suivants :
  - a- Si  $R \gg x$ ,
  - b- Si  $x \ll R$ .

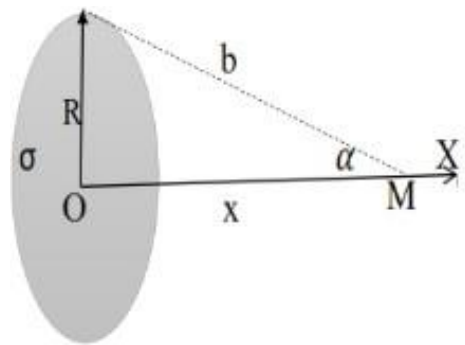


Figure 2

## Exercice 6

Trois charges ponctuelles  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  occupent les points A, B, C, comme indiqué sur la figure 3 avec :  $q_1 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ ,  $q_2 = -0,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ ,  $q_3 = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ , et  $AC = 1,2 \text{ m}$ ,  $BC = 0,5 \text{ m}$ .

- 1) Calculer la force appliquée sur la charge  $q_3$ .
- 2) Calculer le champ et le potentiel électrique produit par  $q_1$  et  $q_2$  au point C.
- 3) Calculer l'énergie potentielle de la charge  $q_3$ .

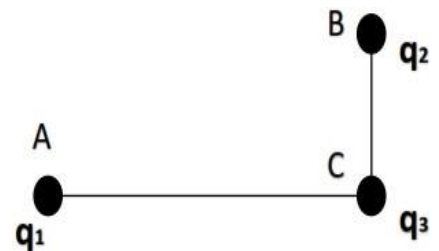


Figure 3

## Exercice 7

Soit un ensemble de 3 charges électriques ponctuelles  $-2q$ ,  $+q$ ,  $+q$  disposées aux sommets A, B et C d'un triangle équilatéral de côté  $a$  (Figure 4).

- 1- Déterminer le champ  $E$  et le potentiel  $V$  créés par cette distribution de charges au centre de gravité  $G$  du triangle.
- 2- A quelle force  $F$  est soumise une charge  $Q = -3q$  placée en  $G$  ?
- 3- Calculer l'énergie potentielle de la charge  $Q$  en  $G$ .

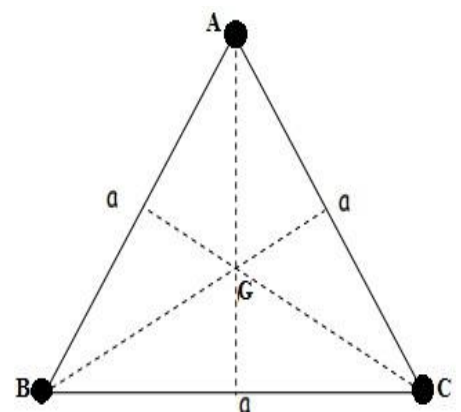


Figure 4

## Exercice 8

Les charges  $q_A = q_B = 10 \cdot 10^{-10} \text{ C}$  et  $q_C = q_D = -10 \cdot 10^{-10} \text{ C}$  sont placées aux sommets d'un rectangle ABCD, situées respectivement aux points  $A (2,0,0)$ ,  $B (0,2,0)$ ,  $C (-2,0,0)$  et  $D (0,-2,0)$  dans les coordonnées cartésiennes ( $Oxy$ ) en centimètre (Figure 5).

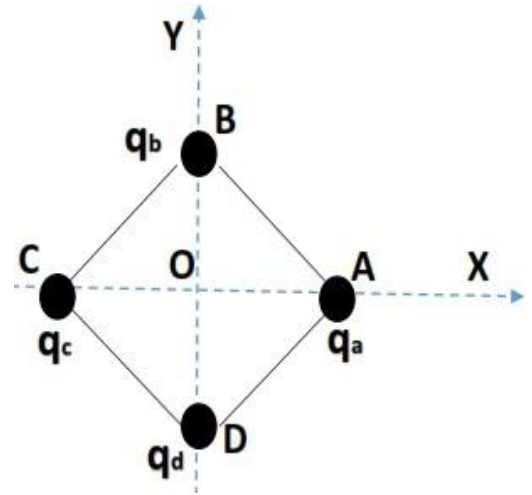


Figure 5

- 1- Calculer la force  $F_A$  qui s'exerce sur la charge  $q_A$ , due à la présence des charges  $q_B$ ,  $q_C$  et  $q_D$ .
- 2- Calculer le champ  $E$  créé par cette distribution de charges au point  $O$  centre du rectangle.
- 3- Déterminer le potentiel électrique  $V$  de cette distribution aux points suivants :  $O (0,0,0)$ ,  $M_1(0,12,0)$ ,  $M_2 (0,0,12)$
- 4- Quel est le travail de la force électrique lorsqu'on déplace la charge électrique ( $q' = 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ ) de  $M_1$  en  $M_2$ .

## Exercice 9

Quatre charges ponctuelles sont placées aux sommets d'un carré de côté  $a$  (Figure 6).

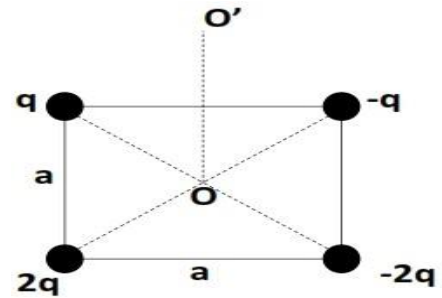


Figure 6

- 1-Calculer le champ et le potentiel électriques au centre  $O$  du carré.
- 2-Déterminer l'énergie potentielle et la force électrique de la charge  $(-q)$  située au centre de carré.
- 3-Calculer le travail de la force électrique de la charge  $(-q)$  qui se déplace du point  $O$  au point  $O'$  (le point  $O'$  représentant le symétrique de  $O$  par rapport au côté supérieur).
- 4- Calculer le champ et le potentiel électrostatiques créés en un point  $M(x)$ . Vérifiez que  $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V$
- 5- A quel abscisse  $x$ , une charge  $Q$  située en  $M$  est-elle dans une position d'équilibre ?