

# RÉSUMÉ DU COURS

## INTERACTION ELECTRIQUE – LOI DE COULOMB

Force électrique s'exerçant entre deux charges  $q_1$  et  $q_2$  dans le vide :

$$\boxed{\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}_r} \quad \text{avec} \quad \boxed{K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 [\text{MKSA}]}$$

## CHAMP ET POTENTIEL ELECTROSTATIQUE

Champ créé par une charge  $q_1$  en un point  $\vec{r} = r \cdot \vec{u}_r$

$$\boxed{\vec{E}(\vec{r}) = K \frac{q_1}{r^2} \vec{u}_r}$$

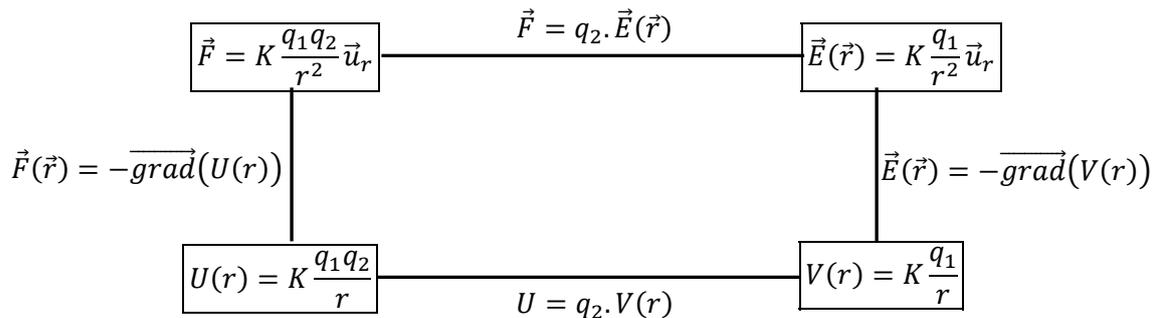
Potentiel de la charge  $q_1$  au point  $\vec{r} = r \cdot \vec{u}_r$

$$\boxed{V(r) = K \frac{q_1}{r}}$$

Force appliquée à une charge  $q_2$  placée en  $\vec{r}$   $\quad \vec{F} = q_2 \cdot \vec{E}(\vec{r})$

Energie potentielle d'une charge  $q_2$  placée en  $\vec{r}$   $\quad U = q_2 \cdot V(r)$

## RELATION ENTRE LE CHAMP ET LE POTENTIEL



## CHAMP ET POTENTIEL CREE PAR UNE DISTRIBUTION DISCRETE DE CHARGES $\{q_i\}$ :

$$\boxed{\vec{E}(\vec{r}) = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_i = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^3} \vec{r}_i} \quad \boxed{V(r) = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i}}$$

## ENERGIE POTENTIELLE D'UNE DISTRIBUTION DISCRETE DE CHARGES $\{q_i\}$ :

$$\boxed{U_{\text{sys}} = \sum_i \sum_j U_{ij} = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i q_j}{r_{ij}}} \quad (i \neq j)$$

## SÉRIE DE TD N° 01

### EXERCICE 01:

Calculez la force électrostatique qui s'exerce entre un électron et un proton séparés par une distance  $a_0$  dans l'atome d'Hydrogène.

Comparer cette force avec la force d'attraction universelle de masse.

Comparer cette force avec l'attraction terrestre exercée sur l'électron et le proton.

On donne :  $e = 1,6 \times 10^{-19} C$  ;  $m_{e^-} = 9,1 \times 10^{-31} kg$  ;  $m_p = 1,672 \times 10^{-27} kg$  ;  $g = 9,81 m.s^{-2}$  ;  $G = 6,67 \times 10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$  ;  $a_0 = 0,53 \times 10^{-10} m$  ;  $K = 9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2}$ .

### EXERCICE 02:

On met en contact deux sphères conductrices identiques portant initialement la charge  $q_1$  et  $q_2$ , puis on les sépare. Calculer les nouvelles charges des sphères dans les cas suivants :

- $q_1 = 3 \times 10^{-8} C$  et  $q_2 = 0 C$
- $q_1 = 30 nC$  et  $q_2 = 8 \times 10^{-8} C$
- $q_1 = 0,03 \mu C$  et  $q_2 = -8 \times 10^4 pC$

### EXERCICE 03 (\*):

soit deux charges ponctuelles ayant la même valeur et le même signe, et séparés par une distance de  $10 cm$ .

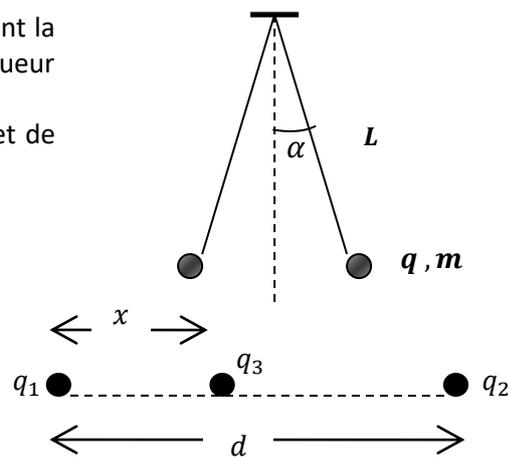
Calculer leur charge, sachant que la force qui s'exerce entre eux est de  $5 \times 10^{-4} N$ .

### EXERCICE 04:

Considérons deux sphères identiques de masse  $m$  chacune et portant la même charge  $q$ , elles sont suspendues par deux fils de même longueur comme le montre la figure ci-contre.

Calculer la charge  $q$  en fonction de la longueur  $L$  de la masse  $m$  et de l'angle d'écartement  $\alpha$  (dans le cas où  $\alpha$  est très petit)

A.N. :  $m = 0,01 kg$  ;  $L = 1 m$  ;  $\alpha = 5,7^\circ$ .



### EXERCICE 05:

Une charge  $q_3 = q$  a été placée entre deux autres charges  $q_1 = q$  et  $q_2 = q/9$ ,  $q_1$  et  $q_2$  étant séparées par une distance  $d$ .

Calculer en fonction de  $x$  la force totale appliquée à  $q_3$ .

Calculer la position d'équilibre  $x_0$  de la charge  $q_3$ .

### EXERCICE 06:

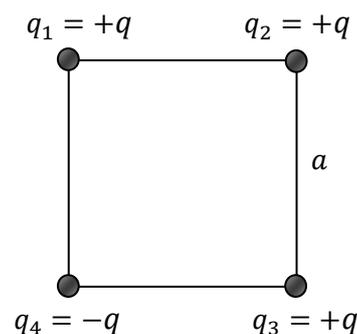
Nous disposons quatre charges sur les sommets d'un carré de côté  $a$ .

Calculer la résultante des forces appliquée à la charge  $q_4$ .

### EXERCICE 07 (\*):

Même schéma que l'exercice 06.

Quelle est la force appliquée (module et direction) à une charge  $q_5 = +2q$  si nous la plaçons au centre du carré ?

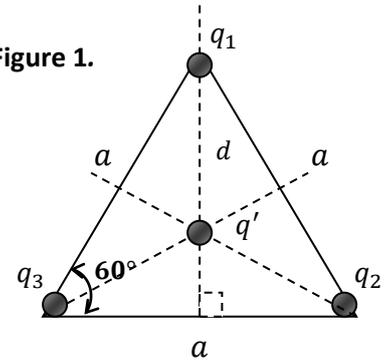


### EXERCICE 08 (\*):

Trois charges ponctuelles  $q_1, q_2, q_3$  se trouvent aux sommets d'un triangle **équilatéral** de côté  $a$ , comme le montre la figure 1. On place une charge  $q' = +q$  au centre du triangle.

1. Calculez la distance  $d$  entre chaque sommet du triangle et son centre en fonction de  $a$ .
2. Calculez la force électrique exercée sur la charge  $q'$  quand  $q_1 = q_2 = q_3 = q$ .
3. Calculez en fonction de  $a$  et de  $q$  la force exercée sur la charge  $q'$  quand  $q_1 = -q$  et  $q_2 = q_3 = q$ .
4. A.N :  $a = 6 \text{ cm}$  ;  $q = 8 \times 10^{-10} \text{ C}$ .

Figure 1.



### EXERCICE 09:

Dans le plan  $(OXY)$ , deux **charges libres**  $q_1 = q$  et  $q_2 = 4q$  sont séparés par une distance notée  $r_{12} = L$ .

On ajoute une troisième charge  $q_3$  aux deux précédentes, de manière à ce que le système composé de ces trois charges soit **en équilibre**.

**Question :** Trouvez la position (la distance par rapport à la charge  $q_1$  et à la charge  $q_2$  notées respectivement  $r_{13}$  et  $r_{23}$  en fonction de  $L$ ), la valeur et le signe de la troisième charge ( $q_3$ ).

### EXERCICE 10 :

Soit quatre charges de même valeur  $q$  situées sur les sommets d'un carré de côté  $a$ .

1. Trouver le champ électrique créé au point  $O$  (centre du carré).
2. Calculez le potentiel au point  $O$ .

### EXERCICE 11 :

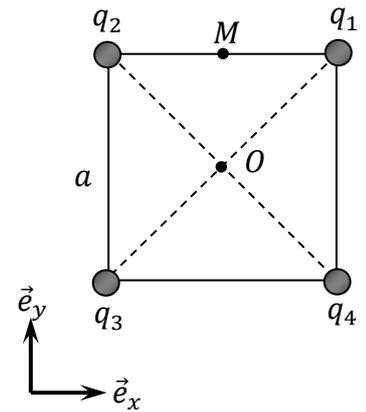
Trois charges  $q_1 = q$ ,  $q_2 = -q$ ,  $q_3 = q$  ( $q$  est une charge positive) sont placées dans le plan  $(OXY)$  suivant les coordonnées respectives :  $A_1(-a, 0)$ ,  $A_2(0, 0)$ ,  $A_3(a, 0)$ .

1. Calculer le potentiel électrique  $V$  créé par ces charges au point  $M(0, y)$  et  $y > 0$ .
2. Calculer les champs électriques  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$  au point  $M(0, y)$ .
3. En déduire le champ électrique total  $\vec{E}$  en ce point.
4. Retrouver la valeur du champ électrique à partir du potentiel calculé en 1.
5. Calculer l'énergie potentielle interne du système  $U_{syst}$  composé de ces trois charges.
6. Calculer l'énergie potentielle électrique  $U$  d'une charge  $q$  posée en  $M$  (avec  $y = a$ ).

**EXERCICE 12 (\*) :**

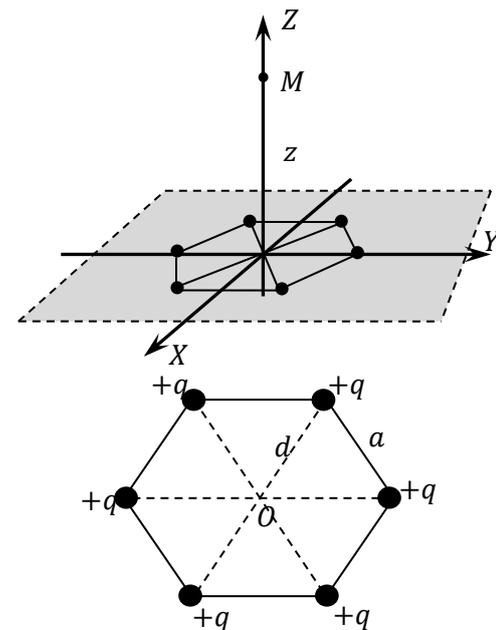
Dans la figure ci-contre toutes les charges ont la même valeur  $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$  ; ( $q > 0$ ). Elles sont placées sur les sommets d'un carré de côté  $a$ .

1. Calculer le potentiel électrique  $V_O$  créée par ces charges au point  $O$  au centre du carré.
2. Calculer le vecteur champ électrique  $\vec{E}_O$  créée au point  $O$ .
3. Calculer le potentiel électrique  $V_M$  créée par ces charges au point  $M$ .
4. Trouver l'énergie potentielle interne  $U_{\text{sys}}$  du système composé de ces quatre charges.
5. Calculer le module de la force appliquée sur la charge  $q_1$  par le reste des charges.
6. En déduire la valeur de la charge  $q_5$  qu'on doit poser au point  $O$  pour que la force appliquée sur chaque charge soit nulle.

**EXERCICE 13 :**

Considérons six (06) charges ponctuelles  $+q$  ( $q > 0$ ) disposées sur les sommets d'un hexagone régulier de côté  $a$  centré au point  $O$  et placé dans le plan  $(OXY)$ . (Figure ci-contre)

1. Calculer la distance  $d$  entre chaque charge et le point  $O$  en fonction de  $a$ .
2. Justifier en utilisant la symétrie que le champ total créé par ces charges en un point  $M(0, z)$  situé sur l'axe  $(OZ)$  est toujours parallèle à l'axe  $(OZ)$ .
3. En utilisant les deux questions précédentes, calculer le vecteur champ  $\vec{E}_M$  électrostatique créée par ces charges au point  $M(0, z)$  avec ( $z > 0$ ).
4. Calculer le potentiel électrostatique  $V_M$  créée par ces charges au point  $M(0, z)$  ( $z > 0$ ).
5. Vérifier que la relation  $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}(V)$  est valable sur l'axe  $(OZ)$ .

**EXERCICE 14 :**

On dispose quatre charges ponctuelles  $q_1 = q_2 = -q/2$  ;  $q_3 = q_4 = q$  . aux points suivants :  $A_1(a, 0, 0)$  ,  $A_2(-a, 0, 0)$  ,  $A_3(0, a, 0)$  ,  $A_4(0, -a, 0)$ .

- Calculer le potentiel électrique au point  $M(0, 0, z)$  tel que ( $z > 0$ ).
- Calculer le champ électrique au point  $M(0, 0, z)$  tel que ( $z > 0$ ).

A.N :  $a = 6 \text{ cm}$  ;  $q = 8 \times 10^{-10} \text{ C}$  ;  $z = a\sqrt{3}$