

Energie interne d'un système de charges :

Définition :

- 1- C'est l'énergie que possède le système.
- 2- C'est l'énergie que le système peut libérer.
- 3- C'est le travail nécessaire pour former le système.

Exemple, système de deux charges :

Energie potentielle de la charge q_2

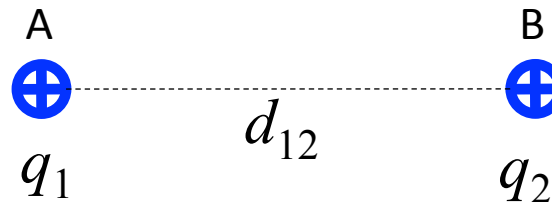
$$q_2 \times V_{q_1/B}$$

$$E_p(q_2) = k q_1 q_2 / d.$$

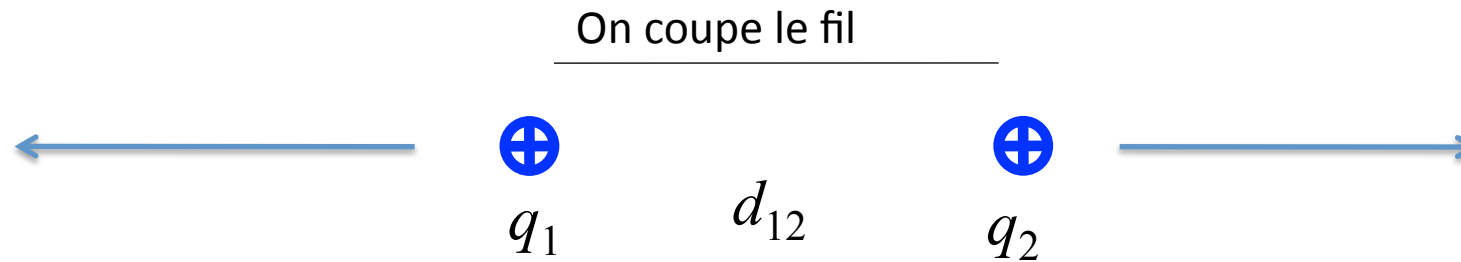
$$E_p(q_1) = q_1 \times V_{q_2/A} = k q_1 q_2 / d.$$

L'énergie interne $U(q_1, q_2)$

c'est l'énergie potentielle de l'une des deux charges.



$$U(q_1, q_2) = k \frac{q_1 q_2}{d_{12}}$$

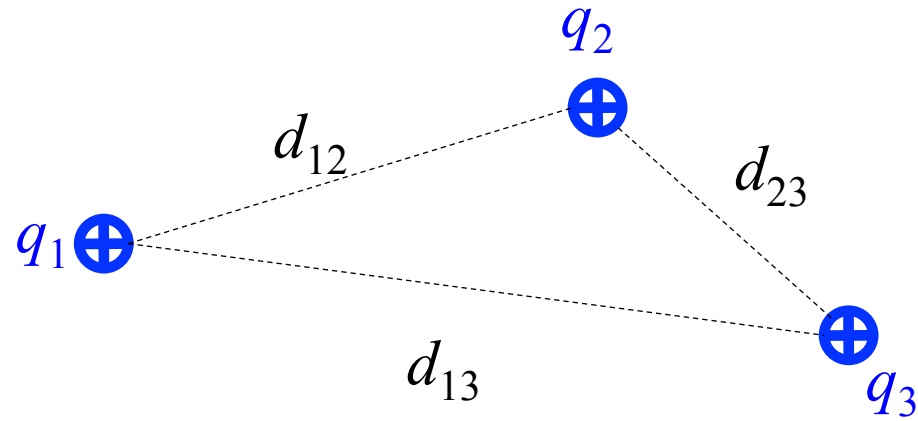


$$U(q_1, q_2) = k \frac{q_1 q_2}{d_{12}}$$

Lorsqu'on coupe la ficelle, les deux charges s'éloignent et gagnent de la vitesse, donc de l'énergie cinétique. L'énergie interne s'est transformée en énergie cinétique.

$$K \frac{q_1 q_2}{d} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2.$$

Energie interne d'un système à trois charges :



$$U(q_1, q_2, q_3) = E_p(q_1, q_2) + E_p(q_1, q_3) + E_p(q_2, q_3)$$

$$U(q_1, q_2, q_3) = k \frac{q_1 q_2}{d_{12}} + k \frac{q_1 q_3}{d_{13}} + k \frac{q_2 q_3}{d_{23}}$$

Exemple :

On considère trois charges ponctuelles q_1 q_2 q_3 , au sommets d'un triangle équilatéral ABC. $q_1 = 1$ nC au sommet A, $q_2 = -2$ nC au sommet B et $q_3 = 3$ nC au sommet C. On a : $AB = BC = CA = 3$ cm.

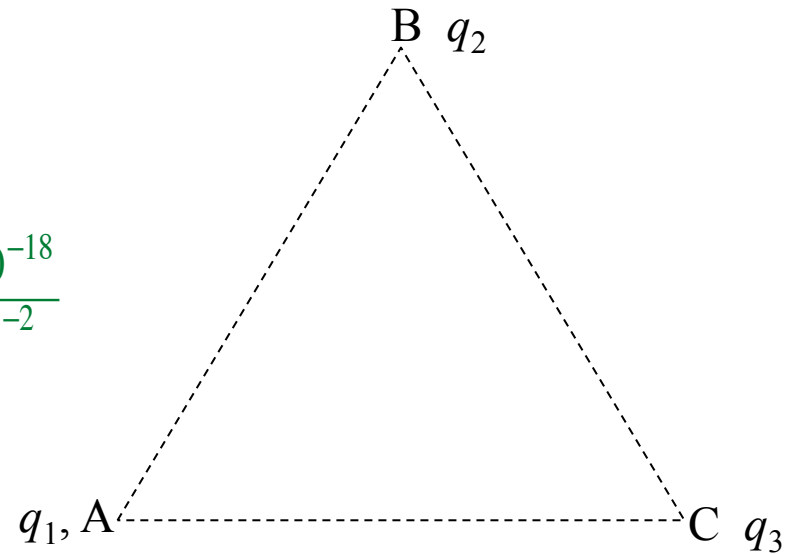
Déterminer l'énergie interne du système de ces trois charges.

$$1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

$$U(q_1, q_2, q_3) = k \frac{q_1 q_2}{AB} + k \frac{q_1 q_3}{AC} + k \frac{q_2 q_3}{BC}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{-2 \times 10^{-18}}{3 \times 10^{-2}} + 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-18}}{3 \times 10^{-2}} + 9 \times 10^9 \frac{-6 \times 10^{-18}}{3 \times 10^{-2}}$$

$$= 1.5 \times 10^{-6} \text{ joule.}$$



Energie interne d'un système de 4 charges :

$$U(q_1, q_2, q_3, q_4) = E_p(q_1, q_2) + E_p(q_1, q_3) + E_p(q_1, q_4) + E_p(q_2, q_3) + E_p(q_2, q_4) + E_p(q_3, q_4)$$

Energie interne d'un système de 5 charges :

Il y a 10 termes 12,13,14,15,23,24,25,34,35,45

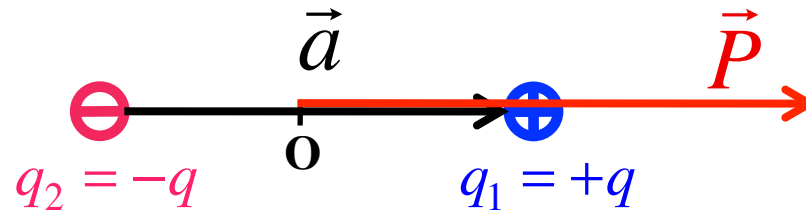
En général, quand on a un système de **N** charges, il y a **$N(N-1)/2$** termes.

Le Dipôle électrique

C'est un ensemble de deux charges + et – égales en module, fixées l'une par rapport à l'autre à une distance constante "a".

Le dipôle est caractérisé par le « **moment dipolaire** » "P".

C'est un vecteur orienté du – vers le + dessiné au milieu.



$$\vec{P} = q \vec{a}$$

Le potentiel électrique et le champ électrique créé par un dipôle :

1- Le potentiel :

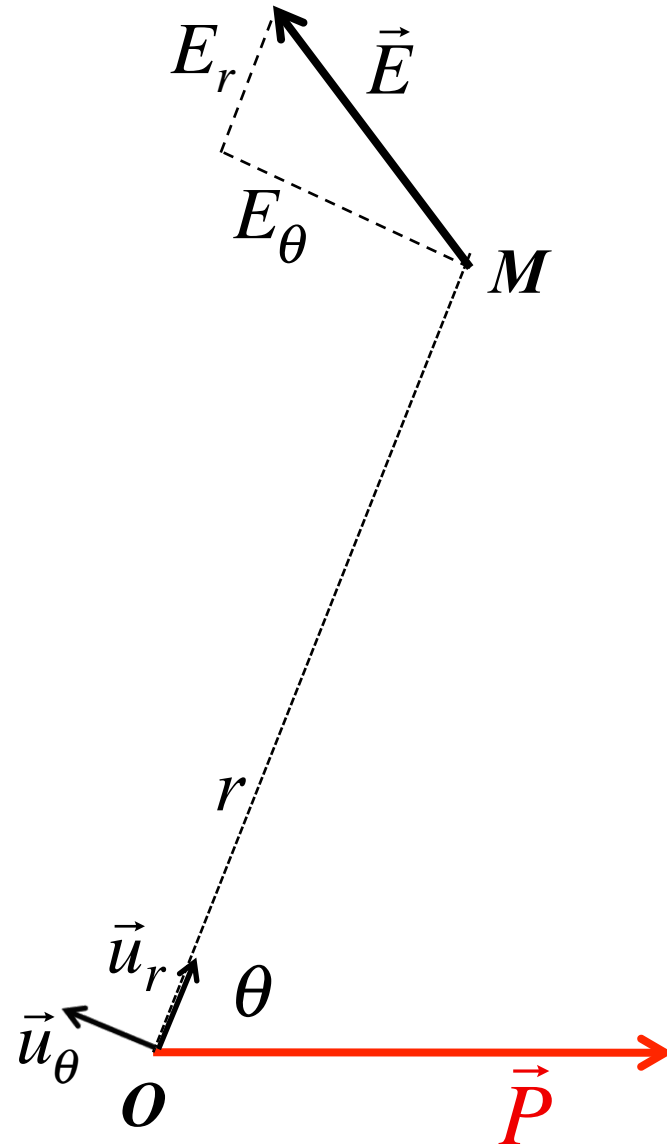
$$V_{p/M} = k p \frac{\cos(\theta)}{r^2}$$

2- Le champ :

$$\vec{E}_{p/M} = E_r \vec{u}_r + E_\theta \vec{u}_\theta$$

où :

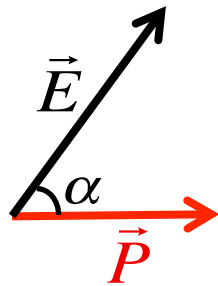
$$E_r = 2k p \frac{\cos(\theta)}{r^3}$$
$$E_\theta = k p \frac{\sin(\theta)}{r^3}$$



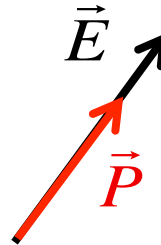
Dipôle dans un champ électrique :

Un dipôle dans un champ électrique va avoir une énergie potentielle donnée par :

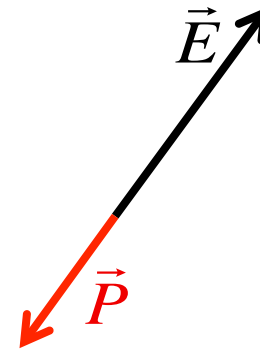
$$\begin{aligned}E_p &= -\vec{P} \cdot \vec{E} \\ &= -P E \cos(\alpha)\end{aligned}$$



Cas
général

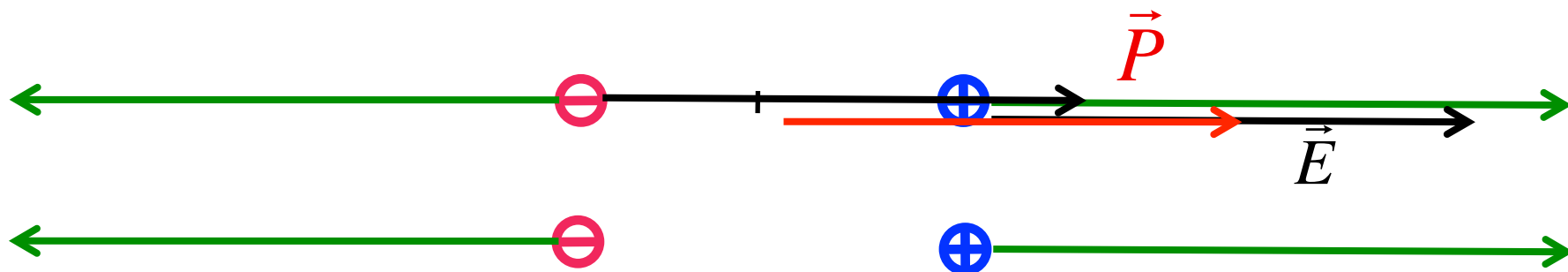


Equilibre
stable
 $\alpha = 0$



Equilibre
instable
 $\alpha = 180^\circ$

$$F = q E$$



Equilibre stable



Equilibre instable