5-Energie Electrostatique :

5-1) Définition :

L'énergie électrostatique W d'un système de charges, supposées initialement éloignées les unes des autres, correspond au travail qu'il faut fournir pour mener ces charges à leur positions finales.

Energie d'une charge ponctuelle placée dans un champ E :

Pour une charge q se déplaçant de A à B dans le champ $\vec{E}$, le travail de la force électrostatique est : $W_{AB} = q.(V_A - V_B) = qV$.

5-2) Energie d'un système de charges ponctuelles :

Chacune des charges est soumise à l'action du champ électrostatique créé par les autres charges. Initialement toutes les charges étaient éloignés les unes des autres et à l'infini :

1. On amène q_1 de l'infini à A_1 W = 0 car E = 0,
2. On amène q_2 de l'infini à A_2 : En A_2 le potentiel V_2 créé par q_1 est :

$V_2 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r_{12}}$, l'énergie potentielle de q_1 est donc : $q_2V_2 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_{12}}$

3. q_1 en A_1, q_2 en A_2, on amène q_3 de l'infini à A_3 : En A_3 le potentiel sera :

$V_3 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r_{13}} + \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r_{23}}$, et l'énergie de q_3 sera : $q_3V_3 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3}{r_{12}} + \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3}{r_{23}}$

6-Dipôle électrique:

6.1) Définition:

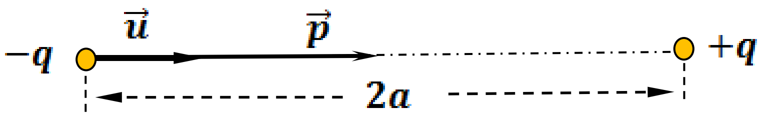
Un dipôle électrique est l'ensemble de deux charges ponctuelles égales, de signes contraires et séparées par une très petite distance. En physique, on s'intéresse au champ électrostatique E(r) créé en un point r **éloigné** du dipôle (on parle alors de dipôle **actif)**. Mais on peut aussi étudier le comportement du dipôle lorsqu'il est placé dans un champ extérieur (on parle alors de dipôle **passif)**.

On remarque que la somme algébrique des charges du dipôle est nulle. La principale caractéristique du dipôle est son moment dipolaire,

$$\vec{P} = 2aq\vec{u}$$

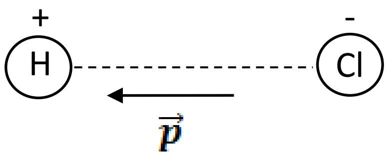
$\vec{u}$ **,** est un vecteur unitaire porté par la ligne qui joint les deux charges **de :**

– vers +.



De tel exemple de 2 charges ***+q*** et ***–q*** n'existe que dans la nature.

Cette étude particulière est justifiée, car on rencontre ce cas de figure dans certaines molécules (Ex: HCl, H_2O, CO, etc………..).

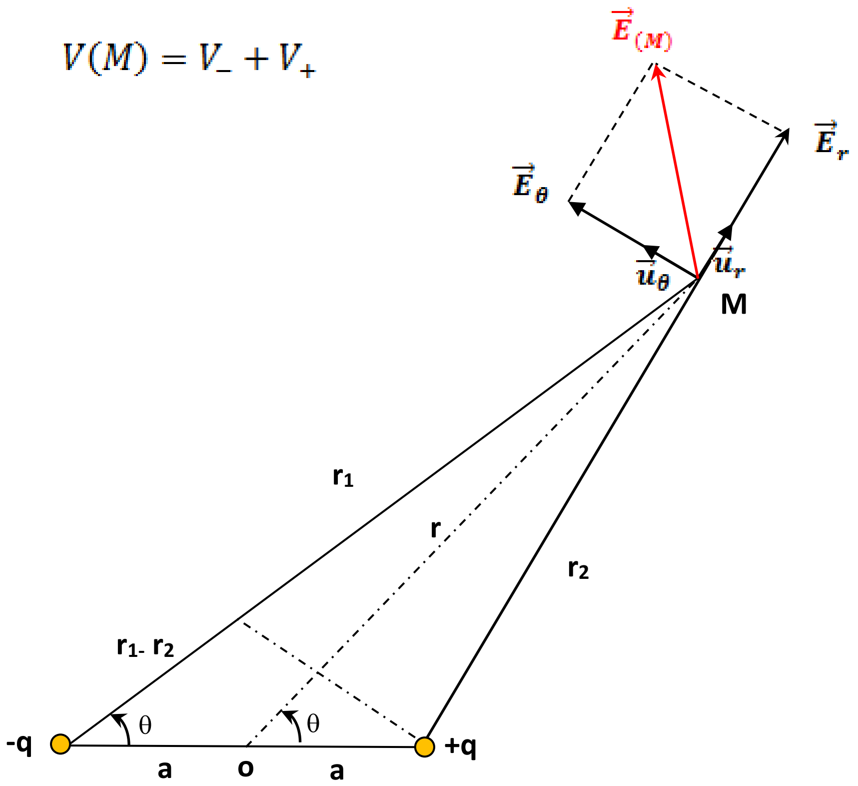


6.2. Potentiel et Champ créés par un dipôle à grande distance :

6.2.1. Le potentiel :

Le potentiel créé par un dipôle en point M situé à des distances respectives r_1 et r_2 de – q et + q est égale à la somme scalaire des potentiels créés par –q et +q.

$$V(M) = V_- + V_+$$



$$V(M) = k\frac{-q}{r_1} + k\frac{+q}{r_2} = k\left(\frac{q}{r_2} - \frac{q}{r_1}\right) = kq\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

$$\boldsymbol{V(M) = kq\left(\frac{r_1 - r_2}{r_1.r_2}\right)}$$

Si M est a une très grande distance du dipôle dans une direction faisant un angle θ avec celui-ci est si on appelle r la distance OM, est grande par rapport à 2a on a : r >>2a.

Et comme r_1 et r_2 se trouvent pratiquement dans la même orientation θ

on peut écrire: $r_1 - r_2 \approx 2a.\cos\theta$

et $r_1.r_2 = r^2$

$$\boldsymbol{V(M) = kq\left(\frac{r_1 - r_2}{r_1.r_2}\right) = kq.\frac{2a.\cos\theta}{r^2}}$$

avec $\vec{P} = 2aq\vec{u} \rightarrow |\vec{P}| = 2aq$, V(M) devient :

$$\boxed{\boldsymbol{V(M) = kq\frac{|\vec{P}|\cos\theta}{r^2}}}$$

6.2.2. Le champ :

Le champ se déduit de l'expression du potentiel par la relation :

$$\boldsymbol{dV = -\vec{E}.\vec{dl}\,, \qquad \vec{E} = -\overrightarrow{grad}\,V}$$

On travaille en coordonnées polaires

C'est-à-dire : $\vec{E}\begin{pmatrix} E_r \\ E_\theta \end{pmatrix}$ et $dl\begin{pmatrix} dl_r = dr \\ dl_\theta = rd\theta \end{pmatrix}$

$$\overrightarrow{grad}\,V = \frac{\partial V}{\partial r}\vec{u}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \theta}\vec{u}_\theta$$

$$dV = -\vec{E}.\vec{dl} = -(E_r.dr + E_\theta.rd\theta) = -E_r.dr - E_\theta.rd\theta$$

Et aussi $\boldsymbol{dV = \frac{\partial V}{\partial r}dr + \frac{\partial V}{\partial \theta}d\theta}$, c'est une différentielle totale

et $\boldsymbol{dV = -E_r.dr - E_\theta.rd\theta}$

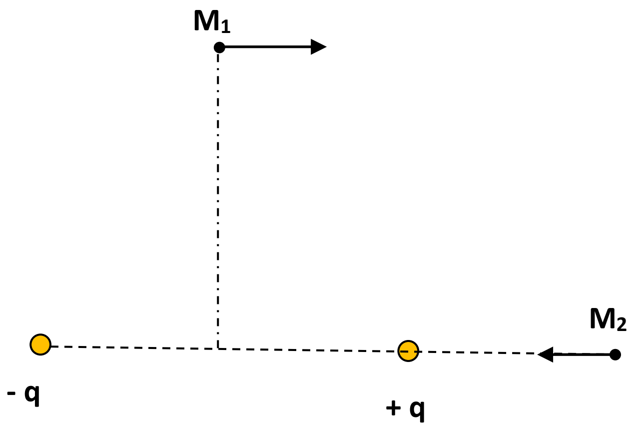
par identification on aura :

$$\begin{cases} E_r = -\dfrac{\partial V}{\partial r} \\[2ex] E_\theta = -\dfrac{1}{r}\dfrac{\partial V}{\partial r} \end{cases} \qquad avec \;\; V = kq\frac{|\vec{P}|\cos\theta}{r^2}$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{cases} E_r = -\dfrac{\partial V}{\partial r} = 2k.\dfrac{|\vec{P}|\cos\theta}{r^3} \\[2ex] E_\theta = -\dfrac{1}{r}\dfrac{\partial V}{\partial r} = k.\dfrac{|\vec{P}|\sin\theta}{r^3} \end{cases}$$

Positions particulières :



$$|\vec{\boldsymbol{E}}| = |\overrightarrow{E_\theta}| = 2k.\frac{|\vec{P}|}{r^3} \qquad (\theta = \frac{\pi}{2})$$

$$|\vec{E}| = |\vec{E_r}| = \left|\frac{2k\vec{p}}{r^3}\right| \qquad (\theta = 0)$$