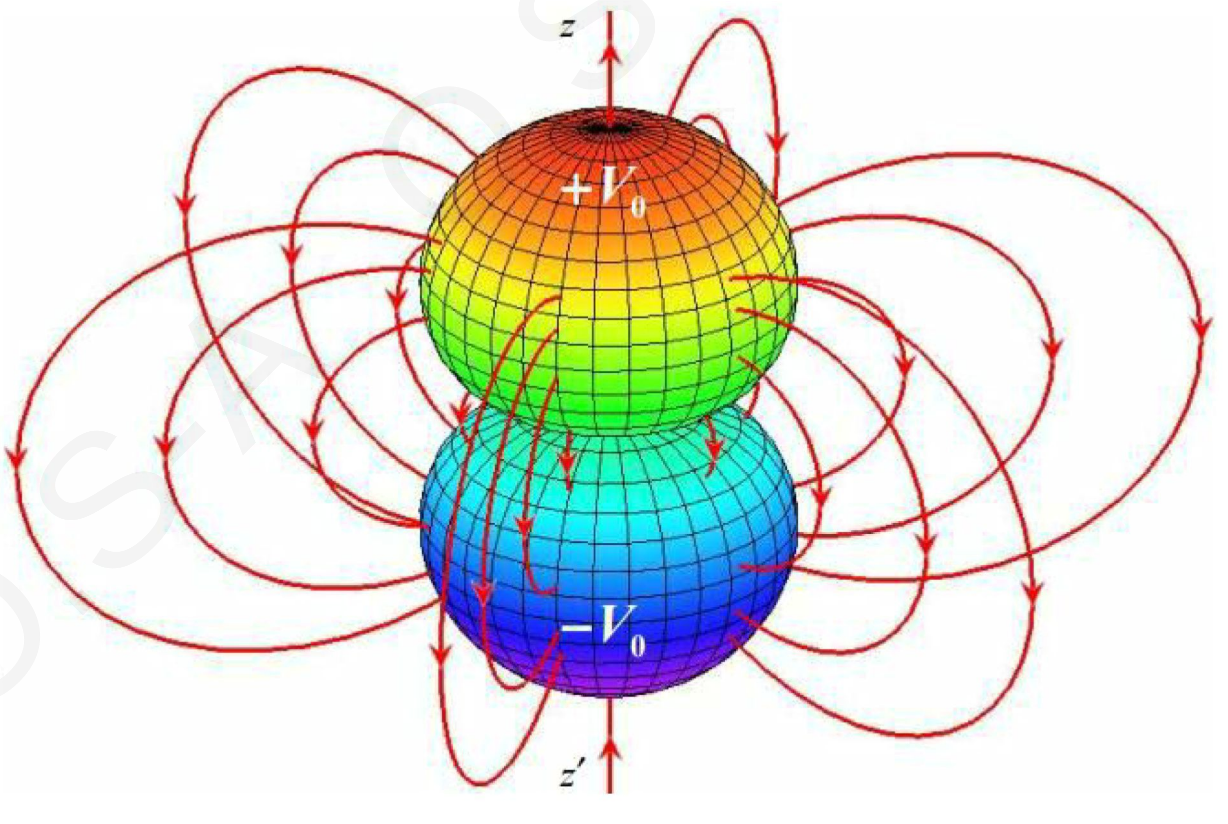
LE DIPOLE ELECTRIQUE



I. définition d'un dipôle électrique

Un dipôle électrique est l'ensemble de deux charges électriques égales et se signes opposés (- *q)* et (+ *q)* séparées par une petite distance a.

II. Moment dipolaire

Le moment dipolaire électrique $\vec{p}$ qui caractérise un dipôle (figure1) est donné par :

$$\boxed{\vec{p} = q.\vec{a}}$$

q = la charge.

a = distance entre les deux charges.

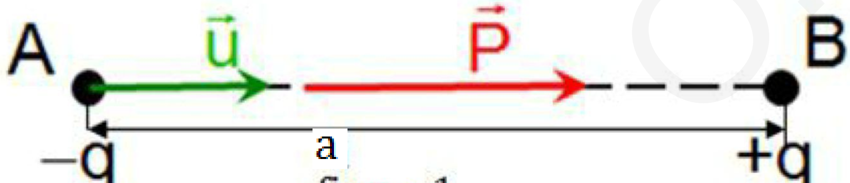


figure 1

$\vec{p}$

Le moment dipolaire $\vec{p}$ est un vecteur dirigé de la charge négative vers la charge positive.

L'unité du moment dipolaire est le C.m (Coulomb –mètre).

Exemple : la molécule d'eau présente deux dipôles (O-H) (figure 2).

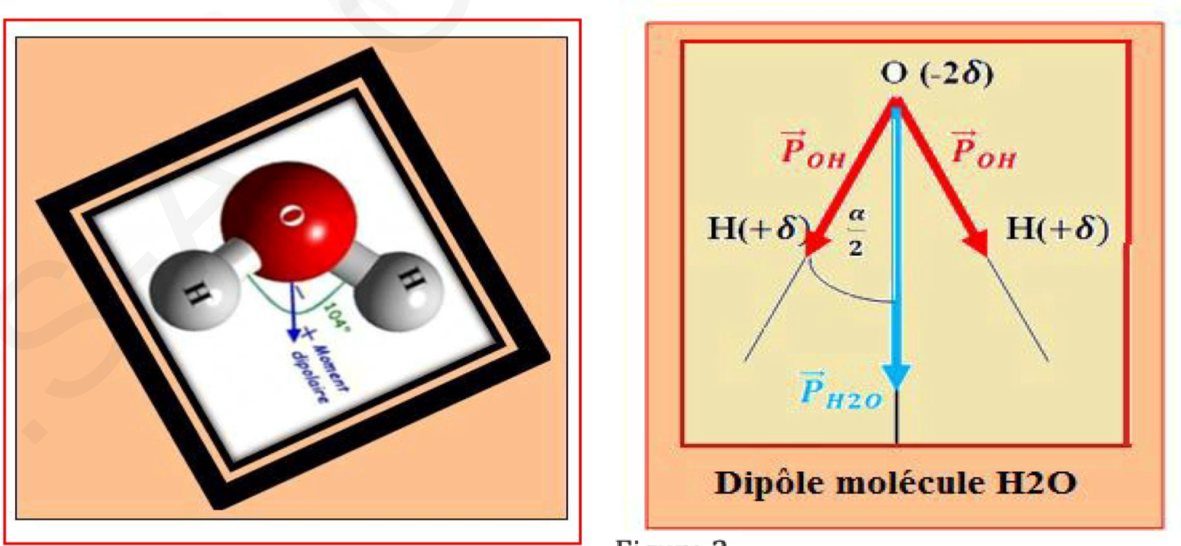
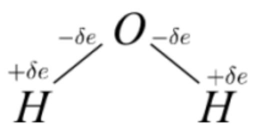


Figure 2

La figure représente la configuration géométrique d'une molécule d'eau H_2O. Les propriétés des atomes d'hydrogène et d'oxygène font que le nuage ´électronique de chaque liaison covalente *OH* est déplacé en moyenne vers l'atome d'oxygène



Configuration géométrique d'une molécule d'eau H_2O

III - potentiel crée par un dipôle

Le potentiel crée par le dipôle en un point M quelconque est égal à la somme des potentiels créés par chacune des deux charges (figure 3).

$$V = K\frac{q}{r_2} - K\frac{q}{r_1} \qquad V = K\left[\frac{q}{r_2} - \frac{q}{r_1}\right] \qquad V = Kq\left[\frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}\right]$$

Le dipôle électrique est l'ensemble de deux charges égales et de signes contraires, $+q$ et $-q$, séparées d'une distance d. Celle-ci est très petite par rapport aux distances d'observation r ($d << r$).

On a $r >> a$ $\quad r_1 - r_2 \approx a\cos\theta$ et $r_1 r_2 \approx r^2$

$$V = Kq\frac{a\cos\theta}{r^2} \qquad V = K\frac{qa\cos\theta}{r^2}$$

Avec $p = qa$ on aura

$$V = K\frac{p\cos\theta}{r^2}$$

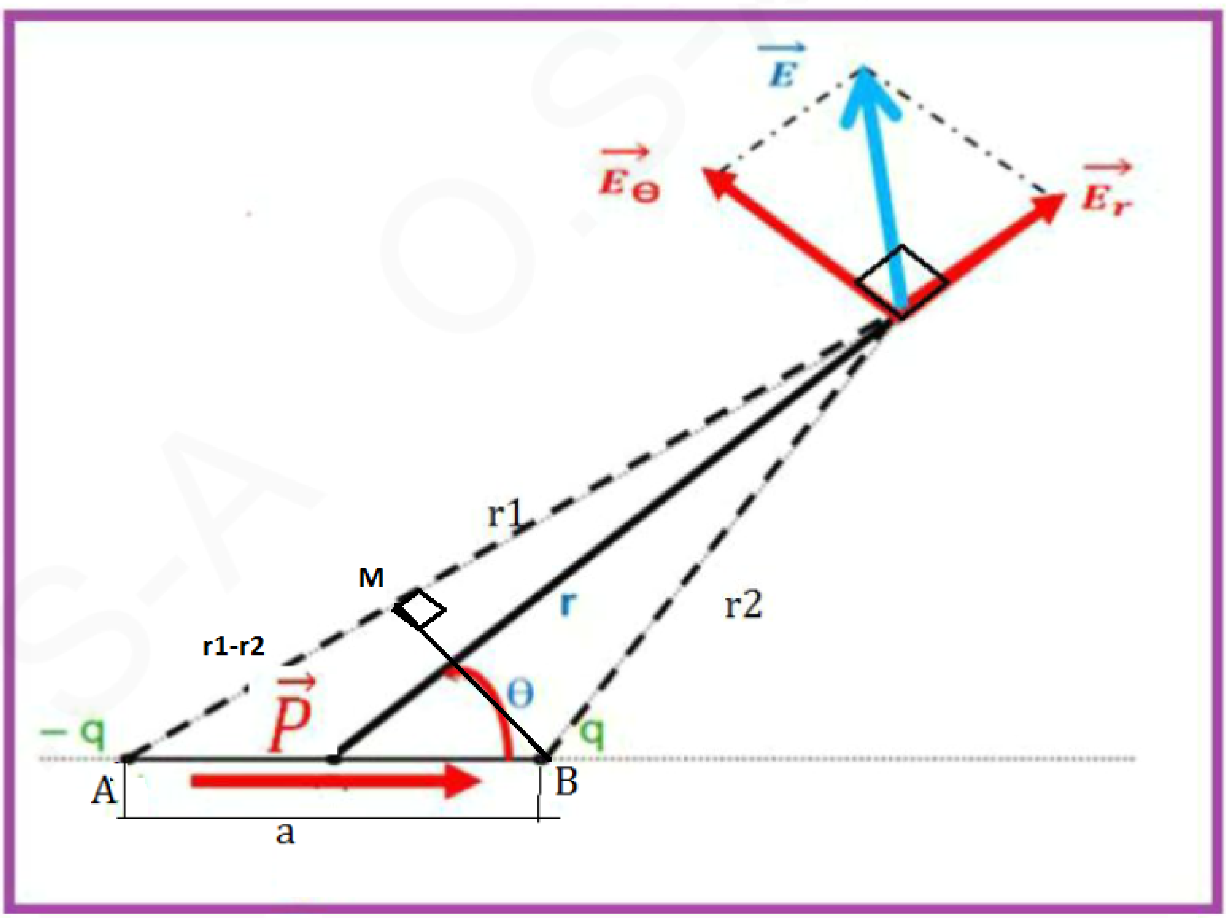


Figure 3

IV- Champ électrique créé par un dipôle

Le champ créé par un dipôle est déduit de l'expression qui lie le champ électrique E et le potentiel électrique *V*. En coordonnées polaires (figure 3) on peut écrire :

$$dV = -\overrightarrow{E}\,\overrightarrow{dl} \qquad \Rightarrow \qquad \begin{cases} dV = -(E_r\,dr + E_\theta\,r\,d\theta) \\ \\ dV = \dfrac{\partial V}{\partial r}dr + \dfrac{\partial V}{\partial \theta}d\theta \end{cases}$$

E_r = composante radiale

E_θ = composante tangentielle

avec $V = k\,p\,\dfrac{\cos\theta}{r^2}$ $\quad \begin{cases} E_r = -\dfrac{\partial V}{\partial r} \\ \\ E_\theta = -\dfrac{1}{r}\dfrac{\partial V}{\partial \theta} \end{cases} \quad \begin{cases} E_r = \dfrac{2k\,p\cos\theta}{r^3} \\ \\ E_\theta = \dfrac{k\,p\sin\theta}{r^3} \end{cases}$

Le champ total est donné par

$$\overrightarrow{E} = \overrightarrow{E_r} + \overrightarrow{E_\theta}$$

$$E = \sqrt{(E_r)^2 + (E_\theta)^2 + 2(E_r).(E_\theta).cos90}$$

$$E = \sqrt{\left(\frac{2.k.p.cos\theta}{r^3}\right)^2 + \left(\frac{k.p.sin\theta}{r^3}\right)^2}$$

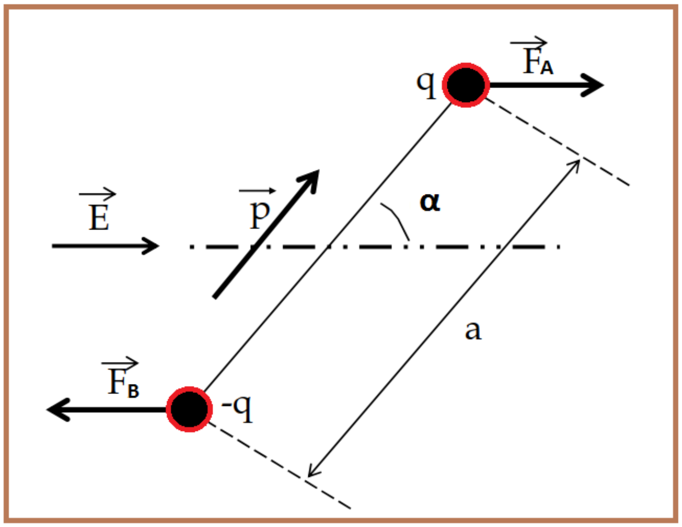
$$E = \frac{k.p}{r^3}\sqrt{4.(cos\theta)^2 + (sin\theta)^2}$$

$$E = \frac{k.p}{r^3}\sqrt{1 + 3.(cos\theta)^2}$$

V - Etude d'un dipôle placé dans un champ électrique

Un dipôle électrique de moment dipolaire $\vec{p}$ placé dans un champ électrique $\overrightarrow{E}$ (figure 4), est soumis à un couple de forces qui tend à le faire tourner et il a une énergie potentielle Ep.

V -1 moment de forces agissant sur un dipôle placé dans un champ électrique



$\tau = F_A \cdot (a/2). \sin\alpha + F_B \cdot (a/2). \sin\alpha$ avec $F_A = F_B$ on aura

$\tau = 2 . F_A \cdot (a/2). \sin\alpha$

$\tau = F_A . a . \sin\alpha$ avec $F_A = q.E$

$\tau = q.E.a . \sin\alpha$ on a $p = q.a$

$\tau = p.E.\sin\alpha$

Donc

$\vec{\tau} = \vec{p} \wedge \vec{E}$ En module : $\boxed{\tau = p.E.\sin\alpha}$

L'unité de $\vec{\tau}$ est le Newton-mètre (N-m).

Ce couple de forces fait tourner le dipôle pour l'aligner parallèlement au champ extérieur (figure 5)

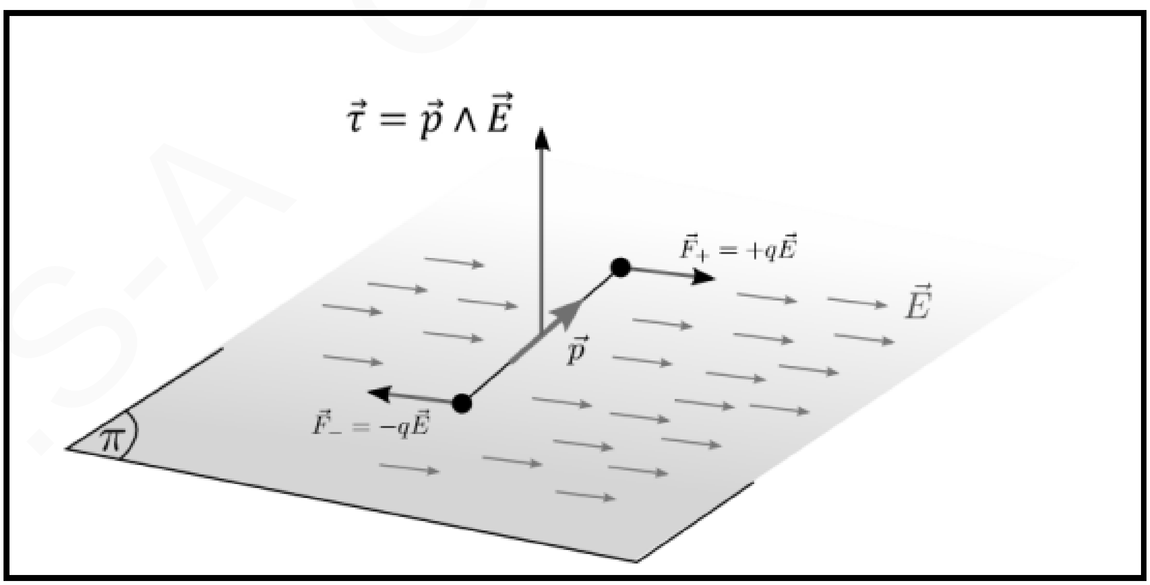


Figure 5

V -2 Energie potentielle d'un dipôle placé dans un champ électrique

L'énergie potentielle d'un dipôle, placé dans un champ E, est égale à la somme des énergies potentielles de chaque charge :

$$E_p = q\,(V_A - V_B)$$

Avec $V_A - V_B = -\vec{E}.\vec{d}$ on aura $E_P = -q\,\vec{E}.\vec{d}$

avec $\vec{p} = q\,\vec{d}$ on peut ecrire $E_P = -\vec{p}.\vec{E}$

L'Énergie potentielle du dipôle est donnée par :

$\boxed{E_p = -\vec{p}.\vec{E}}$ En module : $\boxed{E_p = -P.E.\cos\alpha}$

VI. Etude de l'équilibre d'un dipôle placé dans un champ électrique (figure 6)

Le dipôle en équilibre donc $\tau = 0 \longrightarrow \tau = p.E.\sin\alpha = 0$

Donc sinus $(\alpha) = 0 \longrightarrow \alpha = 0$ ou $\alpha = \pi$

$\alpha = 0$ l'énergie potentielle est minimale (Ep.) min =-p.E on parle de position d'équilibre stable.

$\alpha = \pi$ l'énergie potentielle est maximale (Ep.) max =+p.E on parle de position d'équilibre instable.

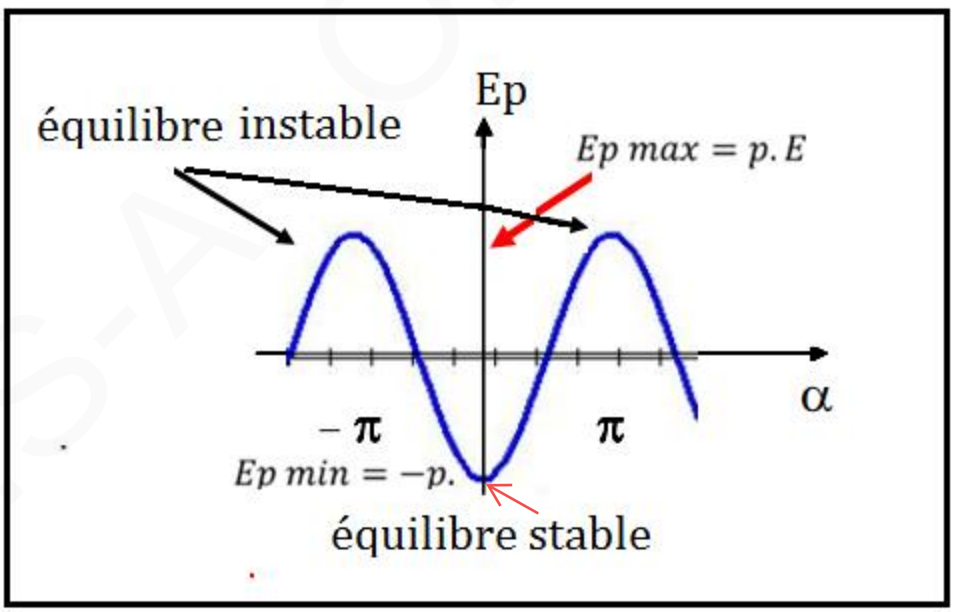


Figure 6