

Le dipôle électrostatique

I) Définition

II) Champ et potentiel électrostatiques créés

III) Actions subies dans un champ extérieur

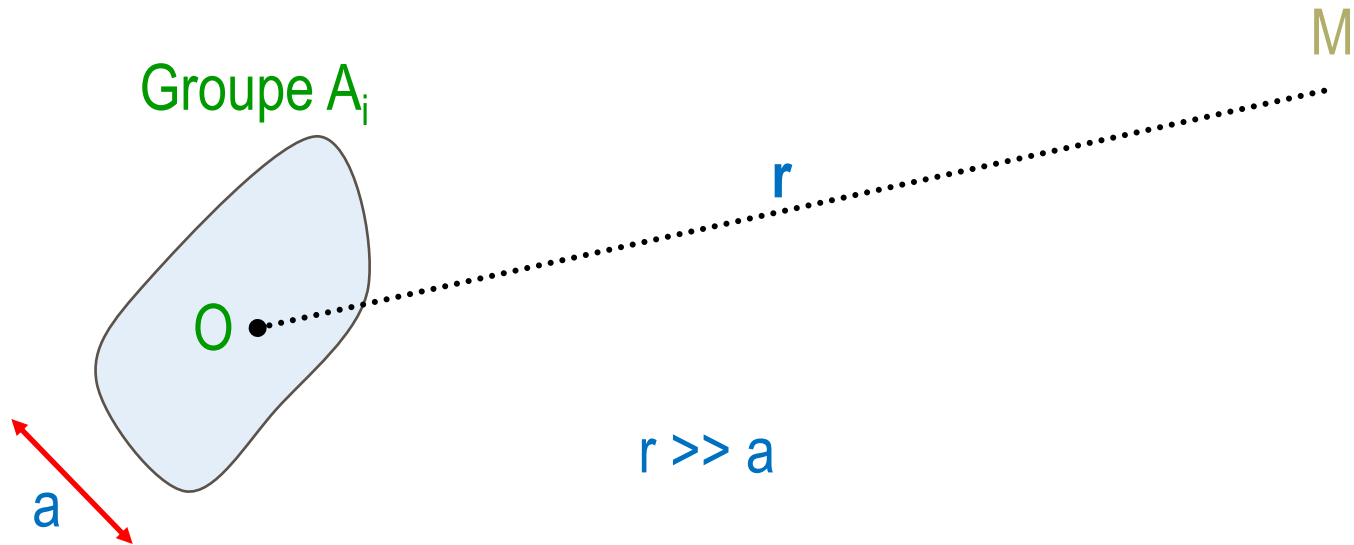
IV) Énergie potentielle dans un champ extérieur

Définition

On appelle dipôle électrostatique le système, globalement neutre, constitué par deux charges opposées $-q$ et q ($q > 0$) placées respectivement en deux points distincts A et B distants de $2a$.

La distance a est très petite par rapport à la distance r au point M ou on étudie les effets du dipôle

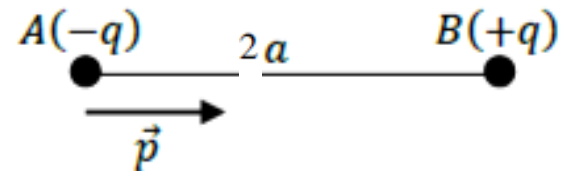
Le dipôle électrostatique



Le moment dipolaire

Si les charges $(-q)$ et $(+q)$ sont placées aux points A et B respectivement, alors le moment dipolaire est le vecteur

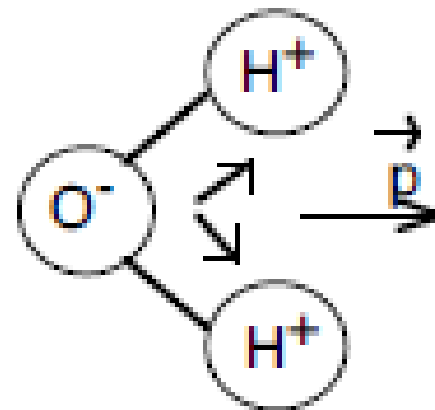
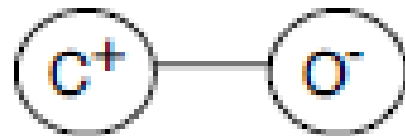
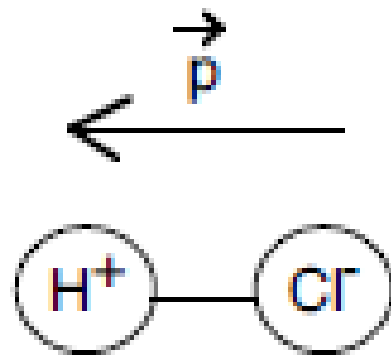
$$\vec{p} = q \overrightarrow{AB}$$



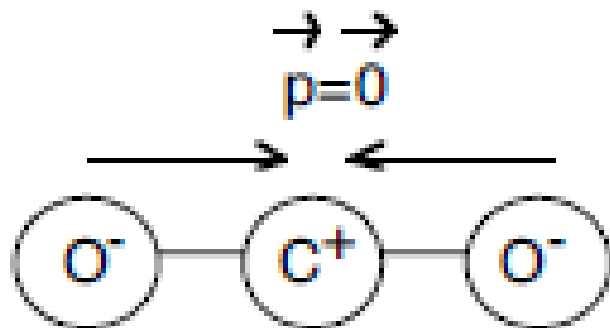
dirigé de $(-q)$ vers $(+q)$.

Son unité dans le système SI est le $C.m$. Cette unité étant très grande, on utilise souvent une autre unité appelée « Debye » de symbole D , telles que :

$$1D = \frac{1}{3} 10^{-29} C.m$$

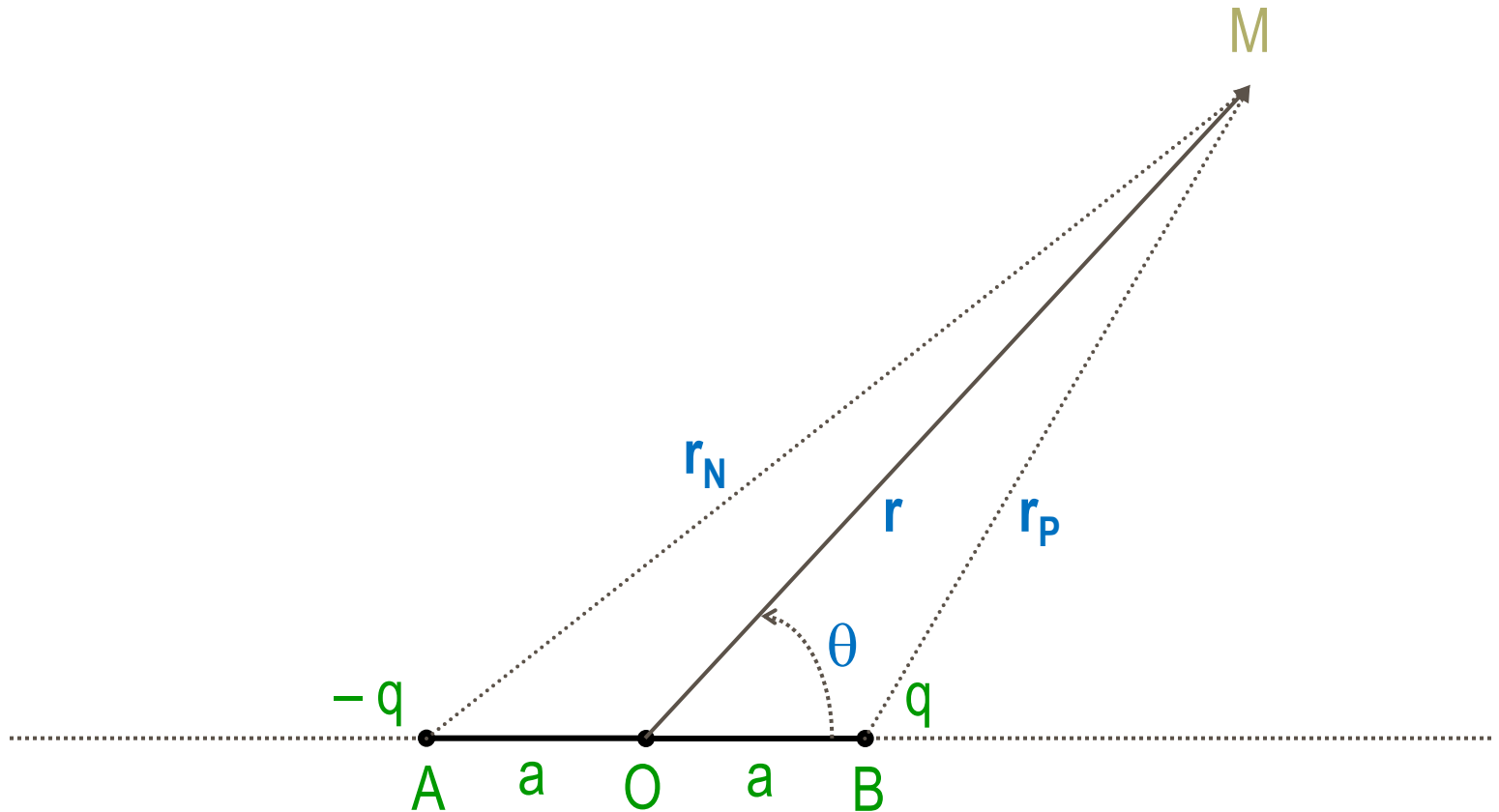


Les molécules telles que HCL,CO,H2O constituent des exemples de dipôles électrostatiques.



La molécule CO_2 est dite apolaire
Ce n'est **pas** un dipôle électrique

Calcul du potentiel crée par Le dipôle électrostatique



D'après le principe de superposition

$$V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_P} - \frac{1}{r_N} \right)$$

$$\frac{1}{r_P} = \frac{1}{r} \sqrt{1 + \frac{a^2}{r^2} - 2\frac{a}{r}\cos\theta} \quad -I$$

$$\frac{1}{r_N} = \frac{1}{r} \sqrt{1 + \frac{a^2}{r^2} + 2\frac{a}{r}\cos\theta} \quad -I$$

En effectuant un DL à l'ordre 1 :

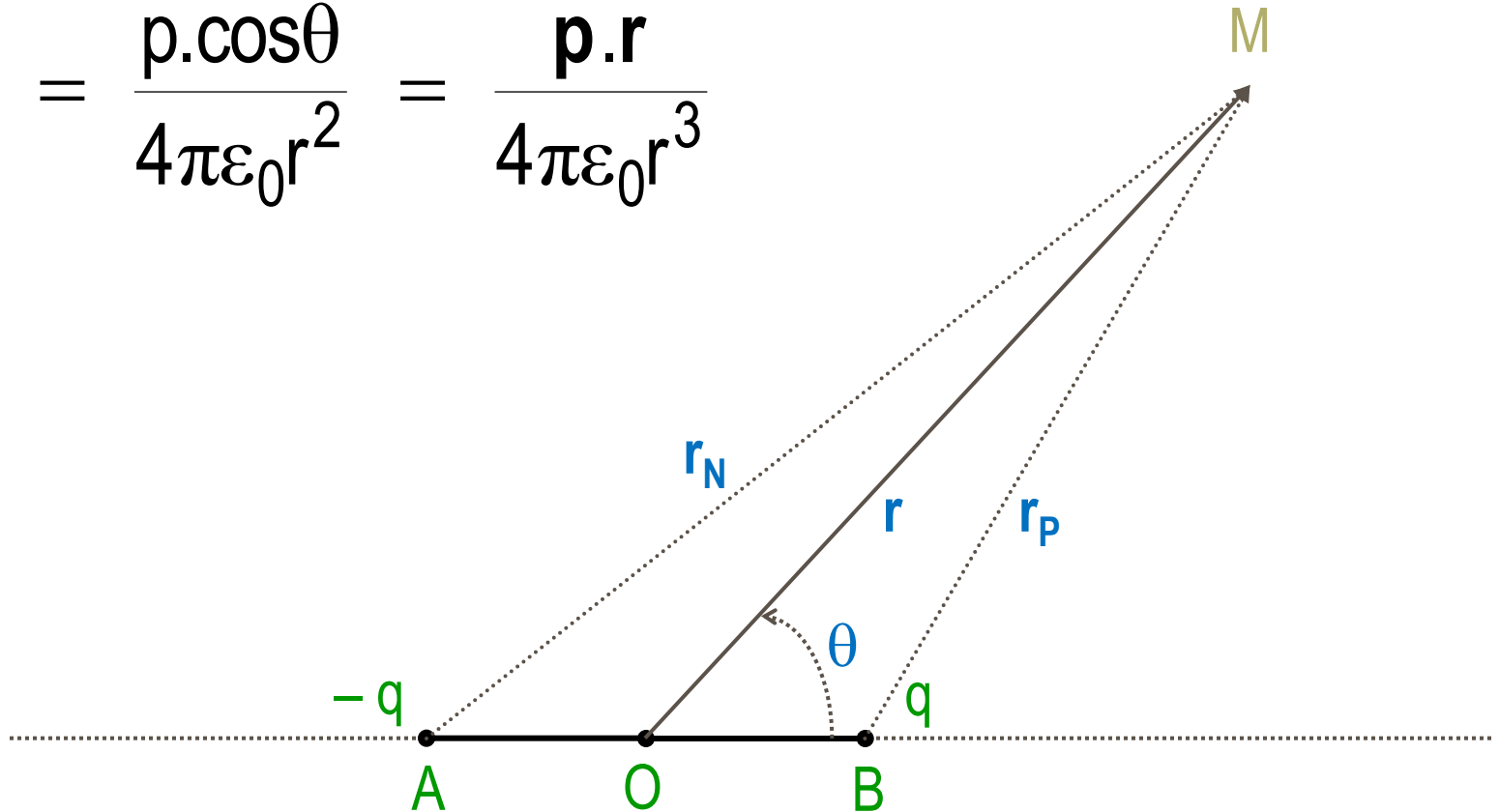
$$\frac{a}{r} \ll 1$$

$$\frac{1}{r_P} = \frac{1}{r} \left(1 + \frac{a}{r} \cos\theta \right)$$

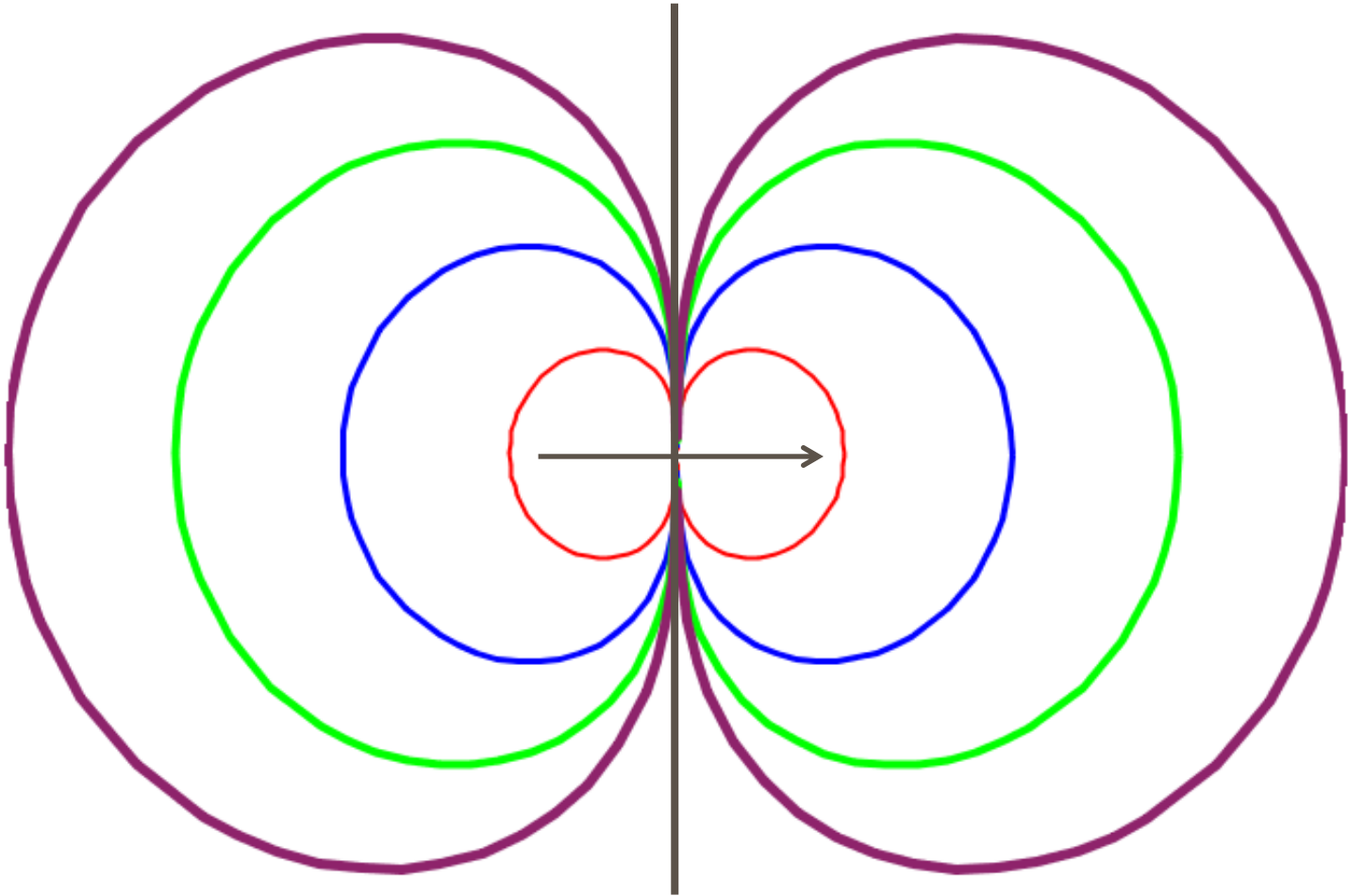
$$\frac{1}{r_N} = \frac{1}{r} \left(1 - \frac{a}{r} \cos\theta \right)$$

Le potentiel crée par le dipôle
électrostatique est donc

$$V(M) = \frac{p \cdot \cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{\mathbf{p} \cdot \mathbf{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$



Les équipotentielles



Le Champs crée par Le dipôle électrostatique

il nous suffit maintenant d'utiliser

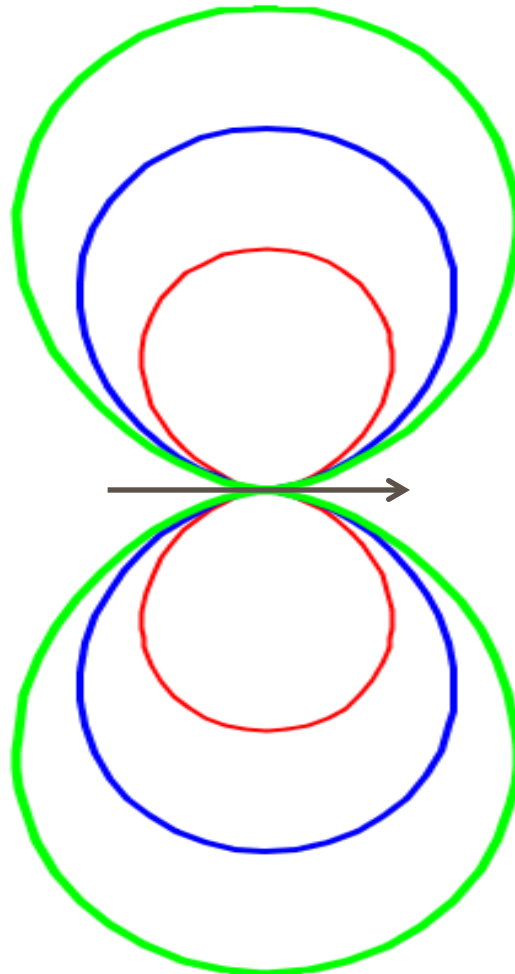
$$\vec{E} = - \overrightarrow{\text{grad}} V$$

$$E_r(M) = - \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{2p \cdot \cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

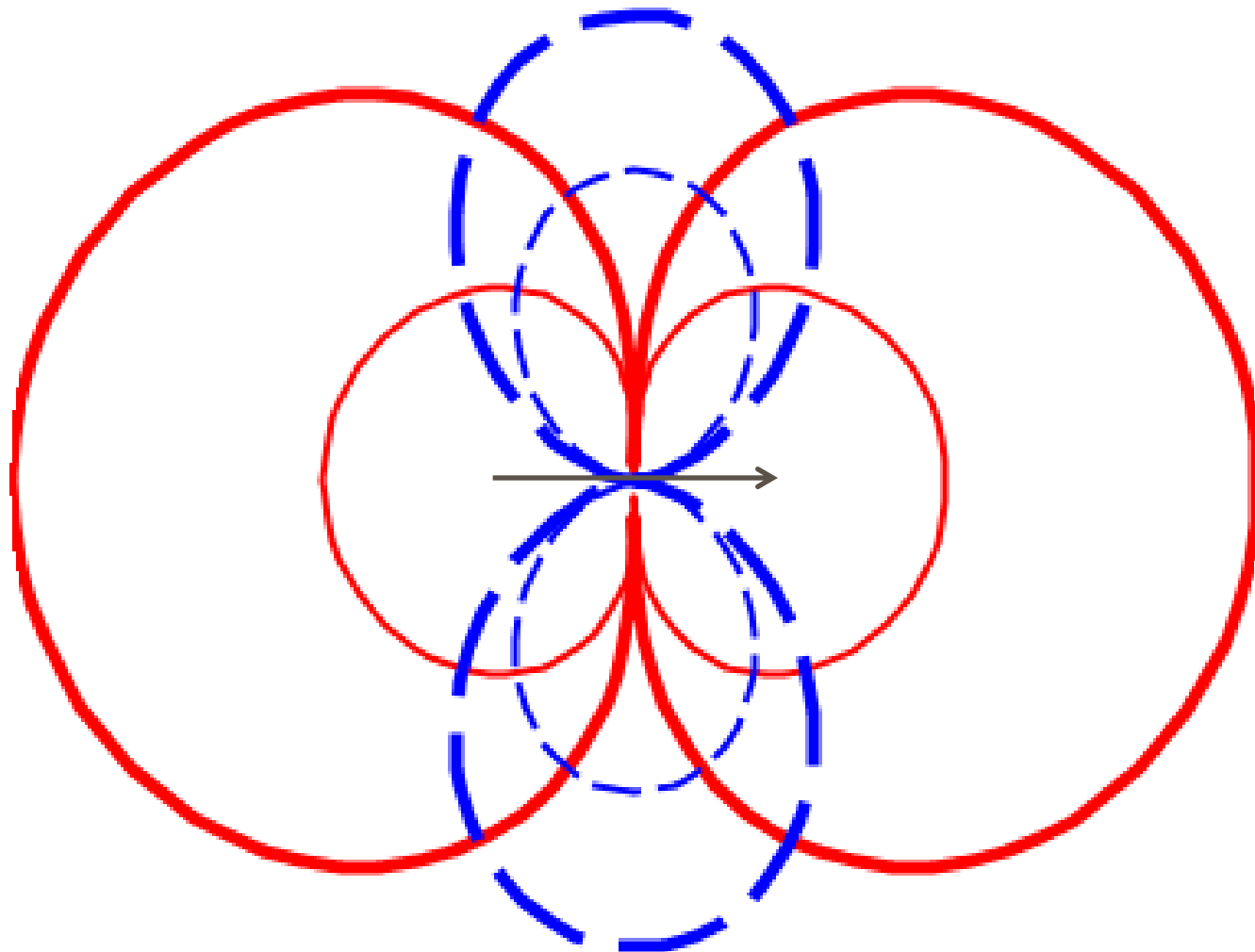
$$E_\varphi = 0$$

$$E_\theta(M) = - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} = \frac{p \cdot \sin\theta}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

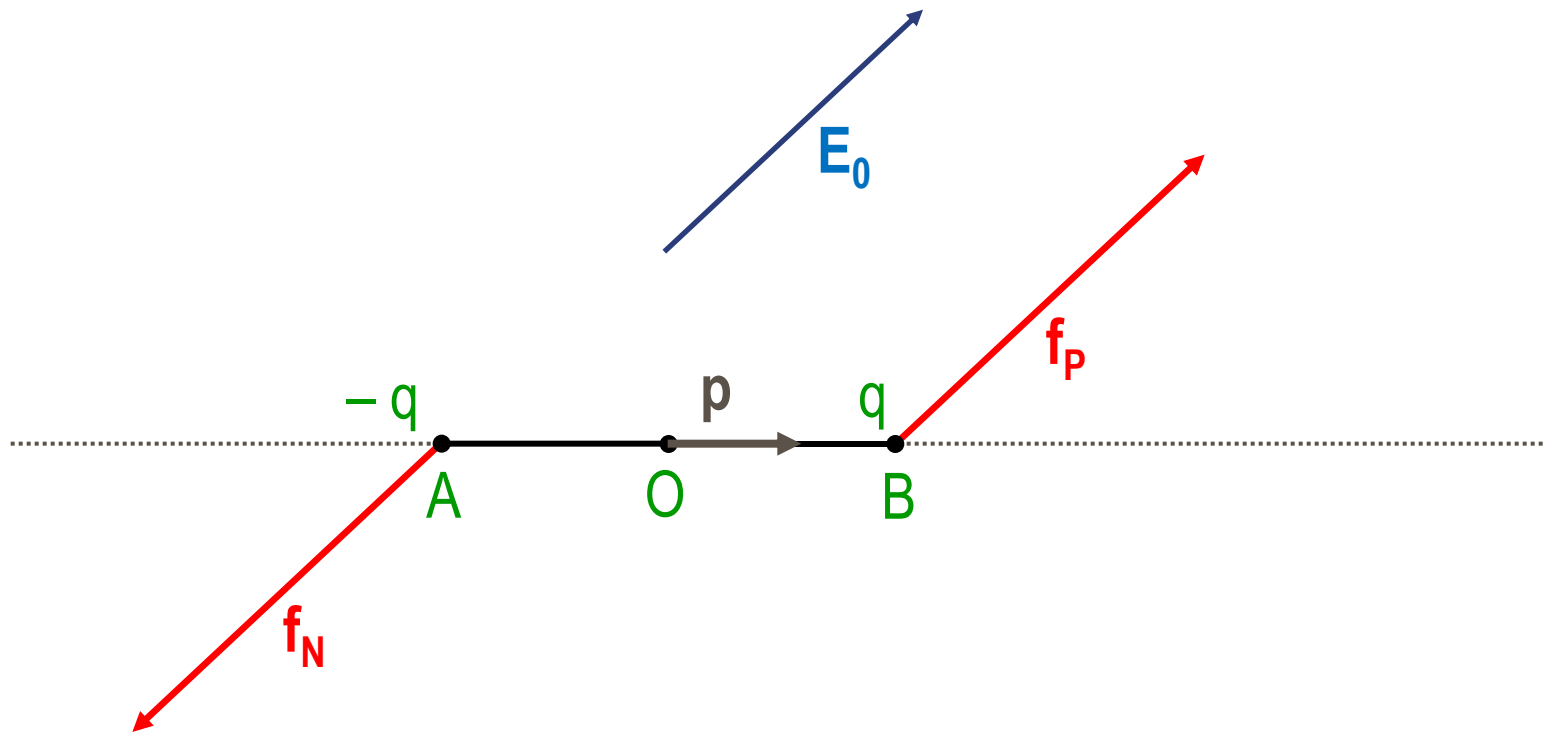
Les lignes de champ



Intersections



Mouvement d'un dipôle électrostatique dans un champs électrostatique E



$$F = f_N + f_P = 0$$

$$\Gamma_O = p \wedge E_0$$

Ce couple est caractérisé par son moment :

$$\begin{aligned}\vec{\mathcal{M}} &= \overrightarrow{OA} \wedge \vec{F}_A + \overrightarrow{OB} \wedge \vec{F}_B = \overrightarrow{OA} \wedge (-q\vec{E}) + \overrightarrow{OB} \wedge (q\vec{E}) \\ &= (\overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OA}) \wedge (q\vec{E}) = (q\overrightarrow{AB}) \wedge \vec{E}\end{aligned}$$

$$\vec{\mathcal{M}} = \vec{p} \wedge \vec{E}$$

Le dipôle est en équilibre si :

$$\vec{\mathcal{M}} = \vec{0} \Rightarrow \vec{p} \wedge \vec{E} = \vec{0} \Rightarrow pE \sin \alpha = 0 \Rightarrow \sin \alpha = 0$$

On a deux types d'équilibres :

- Si $\alpha = 0$, l'équilibre est dit stable.
- Si $\alpha = \pi$, l'équilibre est dit instable.

Le couple tend à orienter le dipôle de façon à ce que

$\vec{p}$ ait la même direction et le même sens que $\vec{E}$

Energie d'un Dipôle électrostatique placé dans un champs extérieur E

On sait également que l'énergie de la charge ponctuelle $(+q)$ dans le champ $\vec{E}$ est :

$$W_B = (+q)(V_B - V_\infty) = qV_B$$

Donc l'énergie totale du dipôle dans le champ $\vec{E}$ est :

$$W = W_A + W_B = q(V_B - V_A)$$

Or
$$V_B - V_A = \int_A^B dV \quad \text{et} \quad dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

On a finalement :

$$W = q(V_B - V_A) = -q\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} = -(q\overrightarrow{AB}) \cdot \vec{E} = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$