TD 6 - Dipôle électrostatique

IPESUP - PC

16/10/2024

1 Rappels de cours

Définition :
Un dipôle électrostatique est un ensemble de deux charges opposées $-q$ et $+q$ assimilées à des charges ponctuelles. On étudie leurs effets à des distances grandes devant la distance qui les sépare.

Le **moment dipolaire** est le vecteur $\vec{p} = q\vec{NP}$. Attention, N est le point de la charge négative et P celui de la charge positive.

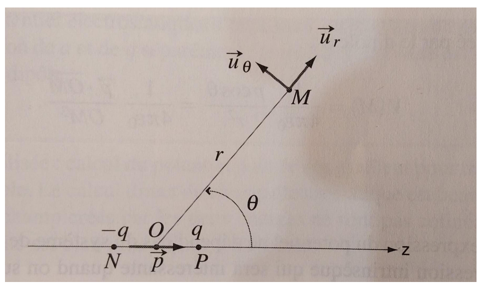

Figure 1 – Dipôle électrostatique

Le potentiel électrique créé par un dipôle en un point M loin du dipôle vaut :

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{p}.\vec{OM}}{OM^3}$$

Propriétés :

1. La résultante des forces subies par un dipôle dans un champ électrique uniforme est nulle.
2. Dans un champ uniforme, le dipôle tend à s'aligner avec le champ.
3. Dans un champ non unifome, la résultante des forces vaut $\vec{F} = (\vec{p}.\vec{grad})\vec{E}$.
4. Le moment des forces subi par un dipôle dans un champ électrique quelconque en un point A est $\vec{M_A} = \vec{p} \wedge \vec{E(A)}$.
5. L'énergie potentielle d'un dipôle **rigide** situé en un point A vaut $E_p = -\vec{p}.\vec{E(A)}$.

Polarisabilité : Lorsqu'un atome ou une molécule est soumise à un champ électrique $\vec{E}$, les charges qui la composent se déplacent et créent un dipôle induit $\vec{p_{ind}}$. On définit alors la polarisabilité α ainsi :

$$\vec{p_{ind}} = \alpha\epsilon_0\vec{E}$$

.

Capacités exigibles :

— Savoir calculer le potentiel créé par un dipôle et en déduire le champ (attention, pas l'inverse).
— Dessiner l'allure des lignes de champ et des lignes équipotentielles d'un dipôle.
— Retrouver la résultante des forces et des moments subis par un dipôle dans un champ électrique uniforme et quelconque.
— Connaître et retrouver l'énergie potentielle d'un dipôle plongé dans un champ $\vec{E}$.
— Retrouver la polarisabilité de l'atome d'hydrogène dans le modèle de Thomson.

2 Potentiel de Yukawa

Soit $\rho(r)$ une distribution de charge à symétrie sphérique créant le potentiel $V(r) = \frac{q^* e^{-\frac{r}{a}}}{4\pi\varepsilon_0 r}$.

1. Déterminer le champ électrique dans tout l'espace et en donner un équivalent pour $r \to 0$. Que pense-t-on de la distribution de charge en 0 ?
2. En utilisant le théorème de Gauss, montrer que $\rho(r) = \varepsilon_0 \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr}(r^2 E(r))$. En déduire $\rho(r)$.
3. Calculer la charge totale contenue dans une sphère de rayon R centrée en 0.
4. En déduire la charge au centre.

3 Modèle de Thomson

— Rappeler le modèle de Thomson.
— Calculer la polarisabilité de l'atome d'hydrogène dans ce modèle.

4 Deux sphères de densité opposées

On considère deux sphères de rayon R de densité volumique de charge ρ et $-\rho$ respectivement. Les centres de ces deux sphères sont décalés de $a << R$.

1. Déterminer le champ électrostatique dans la zone située à l'intérieur des deux sphères et à l'extérieur des deux sphères.
2. Montrer qu'on peut définir un moment dipolaire tel que le champ à l'extérieur des deux sphères soit égal au champ créé par un moment dipolaire.