

Chapitre : Dipôle électrostatique

I- Potentiel et champ créés

1) Introduction

Certaines molécules ont le barycentre des charges positives et celui des charges négatives qui ne sont pas confondu, ce sont des **dipôles**. Sous l'action d'un champ électrique extérieur, des molécules ou des atomes peuvent se déformer.

2) Dipôle électrostatique, approximation dipolaire

Un **dipôle électrostatique** est un ensemble de deux charges opposées, q et $-q$ avec $q > 0$, assimilées à des charges ponctuelles dont on étudie les effets à une distance grande devant leur distance mutuelle.

3) Moment dipolaire

Le **moment dipolaire** de la distribution est : $\vec{p} = q\overline{NP}$

Le vecteur du moment dipolaire est dirigé de la charge négative vers la charge positive, de plus $[p] = C.m$.

4) Analyse des symétries et des invariances

On se place en coordonnées sphériques.

La distribution de charge est invariante autour de l'axe du dipôle (Oz), de plus elle est symétrique par rapport au plan $\Pi = (M, \vec{u}_z, \vec{u}_r)$.

D'où : $\vec{E}(M) = E_r(r, \theta)\vec{u}_r + E_\theta(r, \theta)\vec{u}_\theta$

5) Potentiel créé par un dipôle électrostatique

Le potentiel créé par le dipôle est :

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos(\theta)}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \overline{OM}}{OM^3}$$

La seconde expression ne dépend pas du système de coordonnées, elle est intrinsèque.

6) Champ créé par un dipôle électrostatique

Etant donné que $\vec{E} = -\overline{grad}(V)$, on a :

$$\vec{E}(M) = \frac{p}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{2\cos\theta}{r^3} \vec{u}_r + \frac{\sin\theta}{r^3} \vec{u}_\theta \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 OM^5} (3(\vec{p} \cdot \overline{OM})\overline{OM} - OM^2 p)$$

7) Application aux molécules polaires

Les molécules bien que globalement neutres peuvent présenter un moment dipolaire non nul. En effet, la disposition spatiale des atomes et/ou leur différence de propriétés les rendent dissymétriques. On parle alors de **moment dipolaire permanent**.

Les moments dipolaires sont d'autant plus grands que la molécule est dissymétrique.

II- Action d'un champ extérieur sur un dipôle

1) Cas d'un champ uniforme

La résultante des actions subies par un dipôle dans un champ électrostatique uniforme est nulle.

Mais ce n'est pas le cas du moment des actions : $\vec{\mathcal{M}}_O = \vec{p} \wedge \vec{E}$.

De plus, celui-ci s'annule en $\theta = 0$ ou $\theta = \frac{\pi}{2}$; ainsi les positions d'équilibre d'un dipôle dans un champ électrostatique uniforme correspondent aux **positions parallèles** et **antiparallèle** au champ.

2) Cas d'un champ non uniforme

Dans le cas où l'on a un **dipôle rigide**, dipôle dont la norme de son moment dipolaire est constante, la force exercée sur le dipôle par le champ extérieur non uniforme est : $\vec{F} = \overrightarrow{\text{grad}}(\vec{p} \cdot \vec{E})$.

Quelque soit le type de dipôle, le moment exercé sur le dipôle par le champ extérieur non uniforme est le même que dans le cas où le champ est uniforme, soit : $\vec{\mathcal{M}}_O = \vec{p} \wedge \vec{E}$.

Ainsi, le moment dipolaire tend à orienter le dipôle suivant les lignes de champs tandis que la force exercée sur le dipôle **orienté dans le sens du champ**, à tendance à l'attirer vers les **zones de champ intense**.

3) Energie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique extérieur

L'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ extérieur est : $\mathcal{E}_p = -\vec{p} \cdot \vec{E}$