

## Le dipôle électrostatique

**Séance 7 en Distanciel** – PHY104 : Electrostatique et Electrocinétique

Ing. Agbassou Guenoukpati, Département du Génie Electrique, ENSI, Université de Lome, Togo

### Objectif du cours

- Importance des dipôles électrostatiques
- Définir les dipôles électrostatiques actifs ou passifs
- Déterminer le champ et le potentiel créés par les dipôles électrostatiques
- Représenter les lignes de champ et surfaces équipotentiellles

### Importance des dipôles électrostatiques

Ils existent dans la nature deux sortes de molécules couramment rencontrées : les molécules polaires et les molécules apolaires.

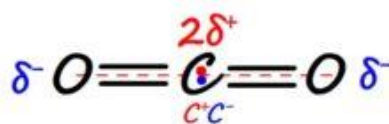
#### Exemples des molécules polaires :

H<sub>2</sub>O, HCl, NH<sub>3</sub>

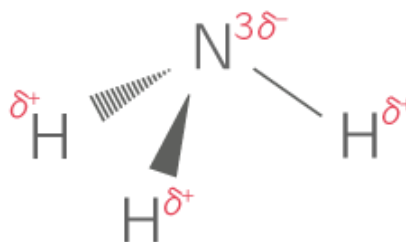
#### Exemples des molécules apolaires :

O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>

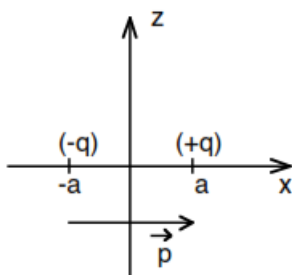
Les molécules polaires sont électriquement neutres (autant de charges positives que de charges négatives). De plus ces atomes possèdent un degré d'électronégativité forte (la faite d'attirer les atomes d'une liaison covalente). D'après le tableau de Mendeleïev, cette liaison se produit de gauche vers la droite. Par conséquent, une charge partielle  $\delta$  est donc définie. Elle peut être positive ou négative.



Le centre des charges positives  $C^+$  et le centre des charges négatives  $C^-$  se superposent au niveau de l'atome de carbone



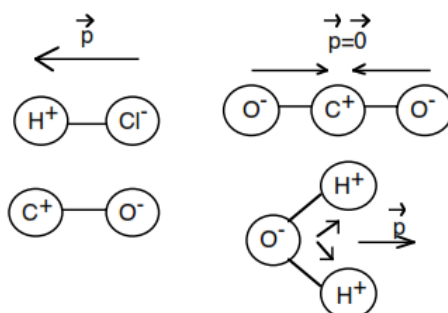
Si le barycentre ou le centre de gravité des charges négatives n'est pas confondu avec celui des charges positives pour une répartition des charges électriques de somme nulle, on définit donc un dipôle électrostatique. Un tel système peut souvent être décrit (on dit modélisé) en première approximation par deux charges électriques ponctuelles,  $+q$  et  $-q$  situées à une distance  $d=2a$  l'une de l'autre.



Les molécules telles que  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , constituent des exemples de dipôles électrostatiques

### Moment dipolaire électrique

Le moment dipolaire est toujours orienté vers les charges positives selon les figures ci-dessous.



Sa grandeur pour un ensemble de charges électrique est donnée par la relation ci-dessous.

$$\vec{p} = q \cdot d \vec{i} = 2 \cdot a \cdot q \vec{i}$$

L'unité du moment dipolaire est le Debye  $\frac{1}{3} \cdot 10^{-29} \text{C.m}$ , la charge  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  et

$$d \approx 10^{-10} \text{Å} \approx 0,1 \text{ nm}, E_p \approx \frac{cste}{r^6}, F \approx \frac{cste}{r^7}$$

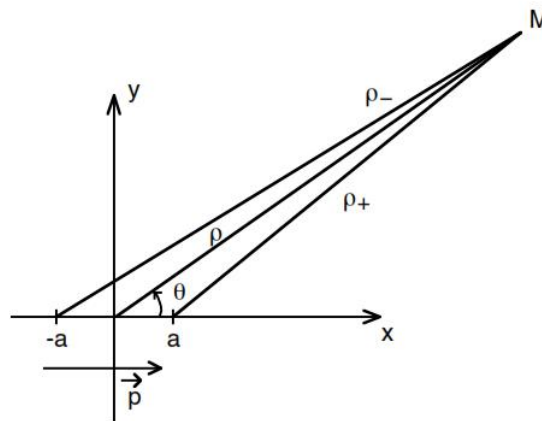
### Application des dipôles électrostatiques

- En physico-chimie pour modéliser les liaisons entre les molécules ;
- Analogie en magnétostatique pour l'étude des dipôles magnétique ;
- Important pour l'étude des solvants polaires.

Sous l'influence d'un champ électrostatique la structure d'une molécule peut changer et elle peut devenir une molécule polaire ou apolaire.

### Potentiel électrostatique créé par deux charges électriques

Connaître l'effet (la force) électrostatique que ces deux charges créent autour d'elles nécessite de calculer le champ électrostatique. Habituellement, nous aurions appliqué le principe de superposition et calculé ainsi la somme vectorielle des deux champs.



D'après la section précédente, le potentiel créé en un point M repéré par ses coordonnées polaires  $(\rho, \theta)$  est simplement

$$V(M) = V_{+q}(M) + V_{-q}(M)$$

$$V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{\rho_+} - \frac{1}{\rho_-} \right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\rho_- - \rho_+}{\rho_+ \cdot \rho_-}$$

Où l'on a choisi arbitrairement  $V = 0$  à l'infini. Or  $\vec{\rho}_{\pm} = \rho \pm a \cdot \vec{i}$ . Lorsqu'on ne s'intéresse qu'à l'action électrostatique à grande distance, c'est-à-dire à des distances  $\rho \gg a$  (approximation dipolaire), on peut faire un développement limité de V. Au premier ordre en  $a/\rho$ , on obtient :

$$\rho_{\pm} = (\vec{\rho} \pm a \cdot \vec{i}) \approx \rho \left( 1 \pm 2 \frac{a}{\rho} \cos(\theta) \right) \approx \rho \pm a \cdot \cos(\theta)$$

Le potentiel créé à grande distance par un dipôle électrostatique vaut donc

$$V(M) = \frac{2aq \cdot \cos(\theta)}{4\pi\epsilon_0 \rho^2} = \frac{\vec{p} \cdot \vec{u}_\rho}{4\pi\epsilon_0 \rho^2}$$

## Champ créé à grande distance

Pour calculer le champ électrostatique, il nous suffit maintenant d'utiliser  $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}V}$ . En coordonnées cylindriques. On obtient ainsi

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} E_\rho = -\frac{\partial V}{\partial \rho} = \frac{2p \cos(\theta)}{4\pi\epsilon_0 \rho^3} \\ E_\theta = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial V}{\partial \theta} = \frac{p \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 \rho^3} \\ E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} = 0 \end{pmatrix}$$

Par construction, le dipôle possède une symétrie de révolution autour de l'axe qui le porte (ici l'axe Ox) : le potentiel ainsi que les champs électrostatiques possèdent donc également cette symétrie. Cela va nous aider à visualiser les lignes de champ ainsi que les équipotentiels. Par exemple, le plan médiateur défini par  $\theta = \frac{\pi}{2}$  ( $x=0$ ) est une surface équipotentielle  $V=0$ . Les équipotentiels sont des surfaces (dans l'espace ; dans le plan ce sont des courbes) définies par  $V = \text{cste} = V_0$  :

$$\rho = \sqrt{\frac{p \cos(\theta)}{4\pi\epsilon_0 V_0}}$$

## Représentation des surfaces équipotentielles

L'équation des lignes de champ est obtenue en résolvant

$$\frac{\partial \rho}{E_\rho} = \frac{\rho \partial \theta}{E_\theta} \Rightarrow \frac{\partial \rho}{\rho} = \frac{2 \cos(\theta)}{\sin(\theta)}$$

$$\rho = K \sin^2(\theta)$$

K est une constante d'intégration dont la valeur (arbitraire) définit la ligne de champ.

## Représentation des lignes de champ

**Références**

- [1] Electromagnétisme PCSIP. Krempf - Editions Bréal 2003
- [2] Physique Cours compagnon PCSI T. Cousin / H.Perodeau - Editions Dunod 2009
- [3] Electromagnétisme 1ère année MPSI-PCSI-PTSI - JM.Brébec - Editions Hachette
- [4] Cours de physique, électromagnétisme, 1.Electrostatique et magnétostatique - D.Cordier – Editions Dunod
- [5] La physique en fac cours et exercices corrigés - Emile Amzallag - Joseph Cipriani - Jocelyne Ben Aïm - Norbert Piccioli
- [6] [http://wiki.sillages.info/index.php/Coordonnées\\_polaires\\_et\\_cylindriques](http://wiki.sillages.info/index.php/Coordonnées_polaires_et_cylindriques)
- [7] <http://epiphys.emn.fr>
- [8] <http://turrier.fr/maths-physique/coordonees/systemes-de-coordonnees.html>
- [9] <https://nptel.ac.in/courses/115/106/115106122/>
- [10] <https://nptel.ac.in/courses/115/106/115106122/>

**Pour le Calcul de champ par méthode intégrale : exemple du fil infini suivez**

Lien web <https://www.physagreg.fr/electromagnetisme-11-champ-electrostatique.php>

lien vidéo : <https://youtu.be/zitm54XT6i0>