

Cours du 16 mars :

- Etude des symétries/antisymétrie des distributions de charges → direction du champs électrostatique qui en découle.
- Potentiel électrostatique d'une charge ponctuelle.
- Relation entre champ et potentiel électrostatiques et conséquences.
- Potentiel électrostatique d'une distribution discrète de charges. Principe de superposition.
- Energie potentielle électrostatique.
- Energie potentielle d'interaction électrostatique entre deux charges ponctuelles.
- Surfaces équipotentiels et lignes de champ.

A retenir

L'expression de la force d'interaction coulombienne entre deux charges électriques q_A et q_B situées aux points A et B distants de r , est donnée par.

$$\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_A(B) = k \frac{q_A q_B}{\|\vec{AB}\|^2} \vec{u}_{AB}$$

$$\vec{u}_{AB} = \frac{\vec{AB}}{\|\vec{AB}\|}$$

$$\vec{F}_{A/B} = k q_A q_B \frac{\vec{AB}}{\|\vec{AB}\|^3}$$

$$k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ SI}$$

Le champ électrique créé en tout point M par une charge placée en O est donné par:

$$\vec{E}(M) = \frac{kq}{\|\vec{OM}\|^2} \vec{u}_{OM} = kq \frac{\vec{OM}}{\|\vec{OM}\|^3}$$

$$\vec{u}_r = \frac{\vec{OM}}{\|\vec{OM}\|}$$

$$\vec{E}(M) = \frac{kq}{r^2} \vec{u}_r$$

Le potentiel électrique créé en tout point M par une charge placée en O est donné par:

$$V(M) = \frac{kq}{\|\vec{OM}\|} = \frac{kq}{r}$$

$$\vec{v} = \|\vec{E}\| r$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

L'expression de la force électrostatique qui s'exerce sur une charge q située en un point M dans une région où règne un champ \vec{E}

$$\vec{F} = q\vec{E}(M)$$

L'expression de l'énergie potentielle électrostatique d'une charge q située dans une région où règne un potentiel V

$$\mathcal{E}_p = qV(M)$$

L'expression de l'énergie potentielle d'interaction électrostatique entre deux charges q_1 et q_2 situées respectivement aux points M_1 et M_2

$$\mathcal{E}_{P12} = k \frac{q_1 q_2}{M_1 M_2}$$

$$\begin{cases} \varepsilon_p > 0 \rightarrow \textit{interaction répulsive} \\ \varepsilon_p < 0 \rightarrow \textit{interaction attractive} \\ \varepsilon_p = 0 \rightarrow \textit{pas d'interaction} \end{cases}$$

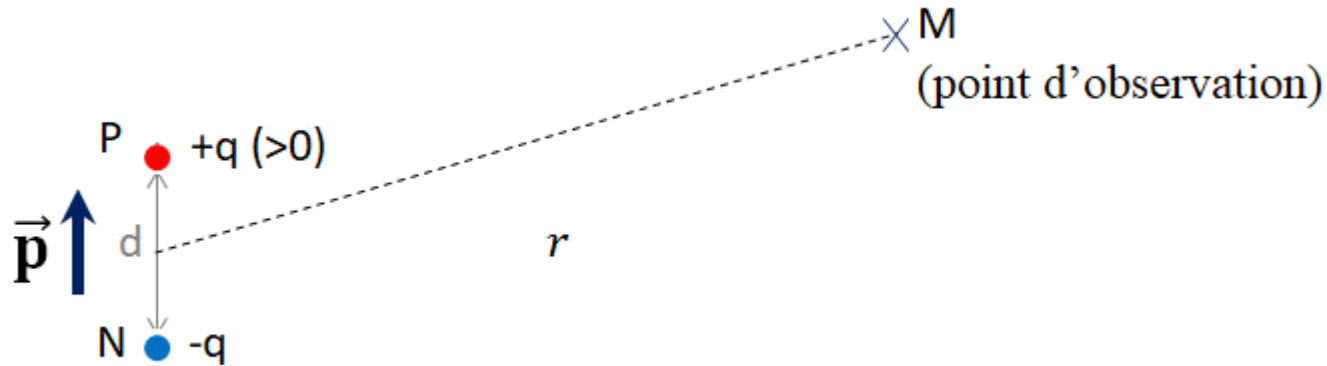
Unités à retenir

Une charge électrique	→	C
La force de Coulomb	→	N
Le champ électrique	→	$\text{V/m} = \mathbf{V.m^{-1}}$ ou $\text{N/C} = \mathbf{N.C^{-1}}$
Le potentiel électrique	→	V
L'énergie électrostatique	→	J ou eV avec $1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Dipôle électrostatique

1. Définitions

« *dipôle électrostatique* » = deux charges opposées (+q, -q) distantes de $d \ll r$.



\vec{p} est le « *moment dipolaire électrique* » défini par:

$$\vec{p} = q \overline{NP}$$

unité SI : C.m

unité usuelle : Debye (D)

$$1\text{D} = 3,336 \cdot 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$$

La notion de dipôle électrique, principalement utilisée en électromagnétisme est également très utilisée en chimie où certaines liaisons moléculaires peuvent être modélisées par un dipôle.

2. Exemples de dipôle électrostatique

- Toute molécule telle que $G_P \neq G_N$

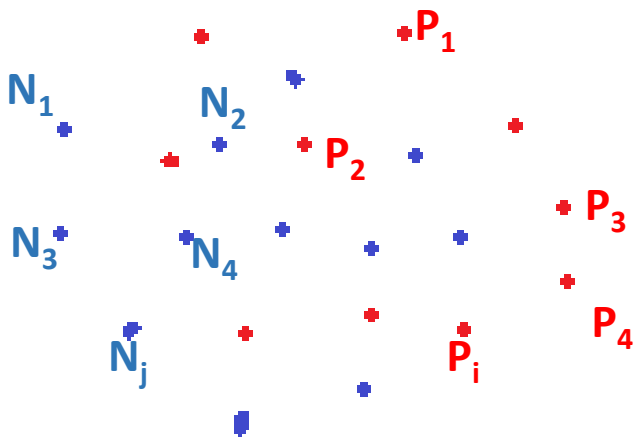
barycentre charges +

barycentre charges -

est modélisée par un dipôle électrique de moment : $\vec{p} = q \overrightarrow{G_N G_P}$

Avec
$$\sum q_p = - \sum q_n$$

- Rappels sur les barycentres



q_i charges > 0 placées aux points P_i

q_j charges < 0 placées aux points N_j

Barycentre G_p défini par:

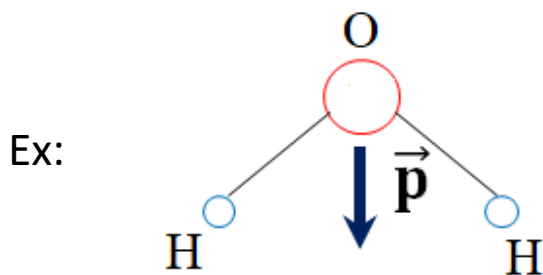
$$\sum_i q_i \overrightarrow{G_p P_i} = \vec{0}$$

Barycentre G_N défini par:

$$\sum_j q_j \overrightarrow{G_N N_j} = \vec{0}$$

Molécules polaires et apolaires

une molécule est dite « polaire » si elle présente un dipôle « permanent », même en absence de champ extérieur appliqué.

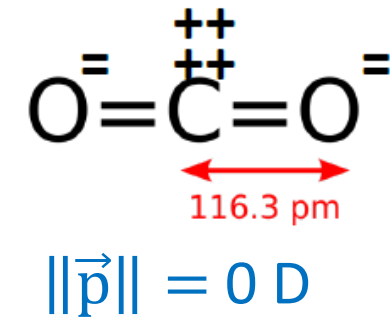
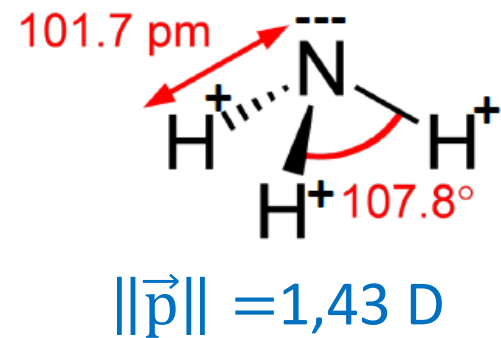
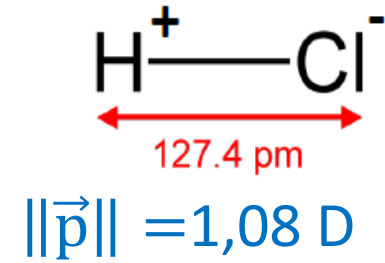
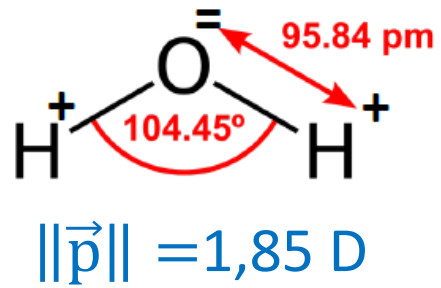


Le barycentre des charges > 0 (G_p) est différent du barycentre des charges < 0 (G_N)

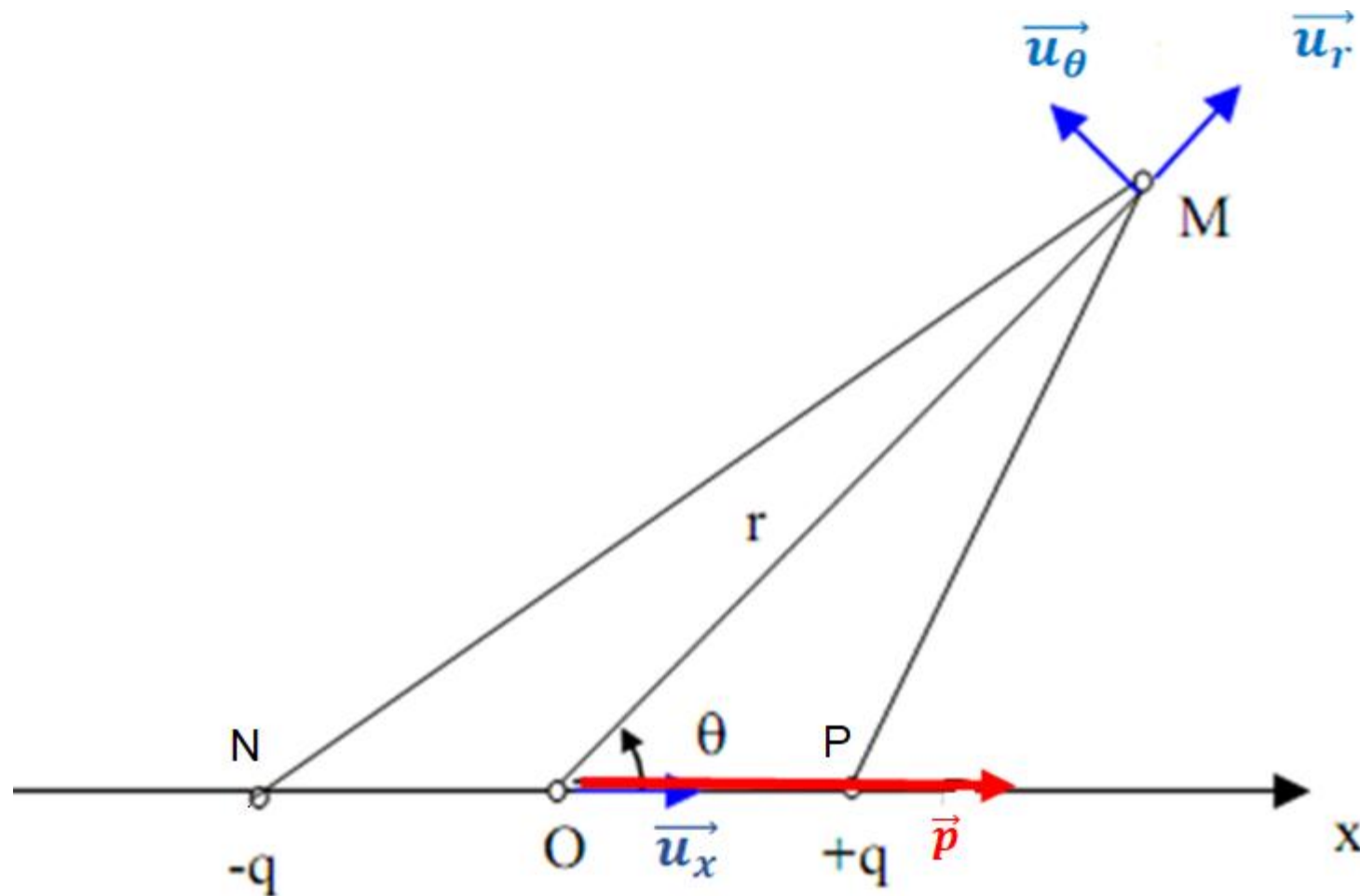
En conséquence:

- Si G_p et G_N d'une molécule sont confondus, on dit que la molécule est « apolaire ».
- Une molécule apolaire peut être polarisée sous l'effet d'un champ électrique extérieur, on parle de polarisation induite.

Exemples de molécules polaires et apolaires



3- Potentiel et champ électriques dipolaires



✓ Principe de superposition

✓ Approximation dipolaire ($r \gg d$); $d = \|\vec{NP}\|$

Suivre les calculs au tableau !

$$V(r, \theta) = k \frac{p \cos \theta}{r^2} = k \frac{\vec{p} \cdot \vec{u}_r}{r^2}$$

Le potentiel V d'un dipôle suit une loi en $\frac{1}{r^2}$.

Pour une charge ponctuelle V suit une loi en $\frac{1}{r}$

Puis on utilise $\vec{E} = -\vec{\nabla} V$ pour déterminer les composantes du champ électrique.

$$\vec{E}(r, \theta) = k \frac{2p \cos \theta}{r^3} \vec{u}_r + k \frac{p \sin \theta}{r^3} \vec{u}_\theta$$

Le champ électrique d'un dipôle suit une loi en $\frac{1}{r^3}$.

Pour une charge ponctuelle V suit une loi en $\frac{1}{r^2}$