

Loi de Coulomb

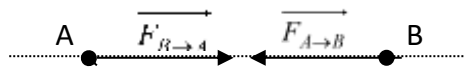
Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle

Rappels :

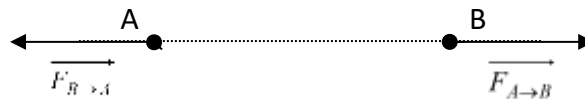
- Il existe deux types de charges électriques : négatives et positives
- Un noyau est formé de neutrons électriquement neutres et de protons chargés positivement
- Autour du noyau se trouve un cortège électronique ; les électrons sont chargés négativement
- La charge d'un électron est exactement opposée à la charge d'un proton
- On appelle charge élémentaire la charge d'un proton ; elle est égale à $e=1,6.10^{-19}$ C
- Les atomes comptent autant de protons dans leur noyau que d'électrons autour de ce noyau
- La matière, au repos (qui ne subit pas de « perturbation » ou « d'excitation ») est électriquement neutre

I. Expression de la force électrostatique :

- Si q_A et q_B de signes opposés :



- Si q_A et q_B de même signe :



- Expression de l'intensité des forces électrostatiques :

Les intensités des forces $F_{A \rightarrow B}$ et $F_{B \rightarrow A}$ sont égales. Cette intensité est proportionnelle au produit des valeurs absolues des charges et inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare ces charges :

$$F_{A \rightarrow B} = F_{B \rightarrow A} = K \cdot \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{r^2} \quad \text{avec } K = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

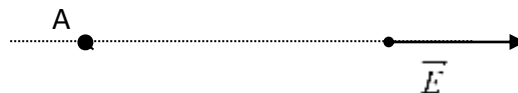
II. Champ électrostatique :

- On définit le champ créé par la charge q_A à l'endroit où se trouve B par la relation suivante :

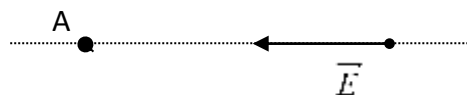
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{A \rightarrow B}}{q_B} \text{ D'où } E_A = K \cdot \frac{|q_A|}{d^2}$$

- Sens du vecteur champ électrostatique :

- Si $q_A > 0$



- Si $q_A < 0$



Exercices loi de Coulomb

III. Atome d'hydrogène :

On considère un ion hydrogène (un proton) dans le vide.

- a. Quelle est la valeur de la charge électrique de cet ion ?
- b. En utilisant la loi de Coulomb (vue au chapitre 9), déterminer la valeur de la force électrostatique exercée sur un électron à 1 mm de l'ion, puis à une distance de 0,1 nm, ce qui représente l'ordre de grandeur du rayon de l'atome d'hydrogène.
- c. En déduire les valeurs du champ électrostatique à 1 mm puis à 0,1 nm.
- d. Quelles conclusions peut-on tirer de ces résultats ?

IV. Ion Hélium + :

On considère un ion hélium He^+ constitué d'un noyau de charge $Q = 2e = 3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$ placé en un point O et d'un électron de charge $q = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ placé en un point A tel que $OA = d = 0,050 \text{ nm}$.

- 1 Dessiner le schéma de la situation et donner les caractéristiques :
 - de la force électrostatique $\vec{F}_{O/A}$ exercée par le noyau sur l'électron ;
 - du vecteur champ électrostatique \vec{E}_A créé par le noyau en A .
 Représenter les vecteurs force $\vec{F}_{O/A}$ et champ \vec{E}_A sur le schéma.

- 2 Sous l'effet d'un apport d'énergie, l'électron s'éloigne du noyau et se retrouve en un point A' situé sur la droite (OA) à une distance $d' = 2d = 0,10 \text{ nm}$.

Quelles sont les caractéristiques du champ électrostatique $\vec{E}_{A'}$ créé par le noyau en A' ? Le représenter sur le schéma précédent.

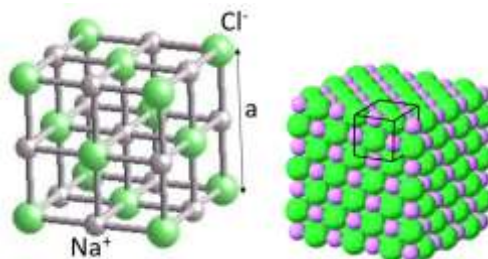
- 3 Le modèle de Bohr prévoit que l'électron de l'ion hélium soit localisé autour du noyau dans des zones appelées couches électroniques. Ces couches sont telles que le champ électrostatique y possède une valeur constante.

Que peut-on prévoir sur la forme de ces couches électroniques ?

V. Liaisons ioniques et température de fusion

Un cristal ionique est formé d'un empilement régulier d'un grand nombre d'anions et de cations, l'ensemble étant électriquement neutre.

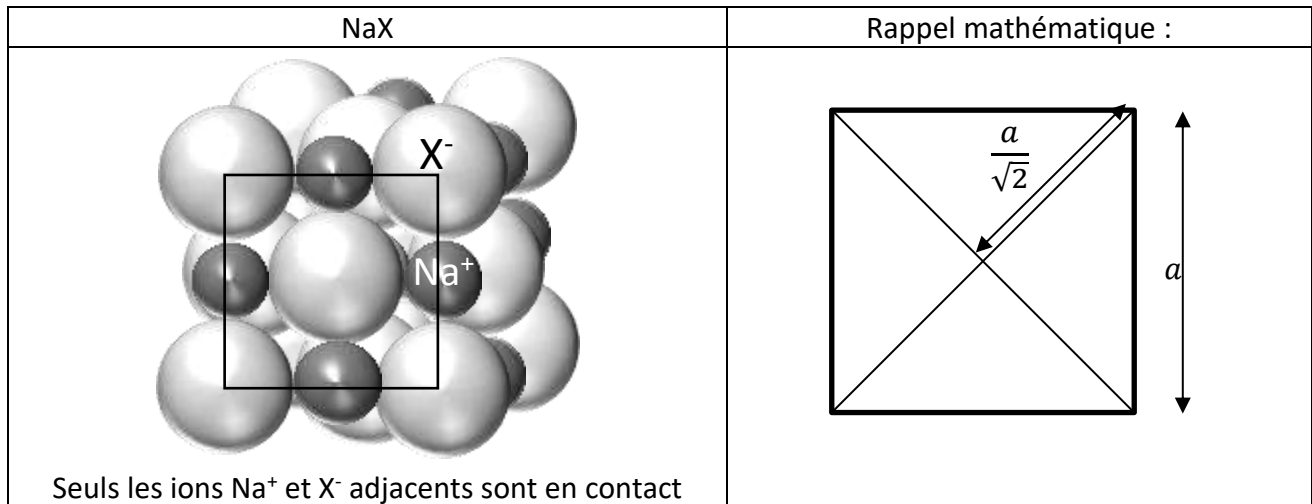
Exemple : chlorure de sodium (NaCl)



Document 1 :

Composés	$\theta_{\text{fusion}} \text{ (t}^\circ\text{C)}$	Rayon de l'ion $X^- \text{ (pm)}$	Rayon de l'ion sodium (pm)	Valeur de la force électrostatique $F_{\text{Na-X}}$
NaCl	801	$r_{\text{Cl}^-} = 180$	$r_{\text{Na}^+} = 102$	$F_{\text{Na-Cl}} = 2,90 \times 10^{-9} \text{ C}$
NaI	-	$r_{\text{I}^-} = 220$	$r_{\text{Na}^+} = 102$	$F_{\text{Na-I}} = 2,22 \times 10^{-9} \text{ C}$

Document 2 : Réseau cristallin du chlorure de sodium et de l'iodure de sodium :



Document 3 : température de fusion

Plus la température de fusion d'un cristal ionique est élevée, plus la cohésion du cristal est importante.

Données : Constante électrostatique : $K = 9,00 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$
 Quantité d'électricité élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $\text{pm} = 10^{-12} \text{ m}$

- Exprimer en fonction de r_{Na^+} et r_{Cl^-} la distance $d_{\text{Na-Cl}}$ entre les centres d'un ion Na^+ et d'un ion Cl^- dans le cristal de chlorure de sodium. Calculer cette distance.
- Montrer que la distance entre les centres de 2 Cl^- dans le chlorure de sodium est $d_{\text{Cl-Cl}} = 399 \text{ pm}$.
- Exprimer puis calculer la valeur de la force électrostatique intervenant dans l'interaction entre 1 ion Na^+ et 1 ion Cl^-
- Préciser la nature de interactions :
 - entre 2 ions Cl^-
 - entre 1 ion Na^+ et 1 on Cl^-En déduire une explication de la cohésion du cristal ionique.
- Prévoir si la température de fusion de l'iodure de sodium est plus faible ou plus élevée que celle du chlorure de sodium. Expliquer votre raisonnement.

I. Atome d'hydrogène

a. $q_{proton} = +e$

b. $F = K \cdot \frac{e^2}{d^2}$

A.N. $F_{1mm} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1,6 \times 10^{-19})^2}{(1 \times 10^{-3})^2} = 2 \times 10^{-22} N$

$F_{0,1nm} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1,6 \times 10^{-19})^2}{(0,1 \times 10^{-9})^2} = 2 \times 10^{-8} N$

c. $E = \frac{F}{e} = K \cdot \frac{e}{d^2}$

A.N. $E_{1mm} = 9 \times 10^9 \times \frac{1,6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-3})^2} = 1 \times 10^{-3} V \cdot m^{-1}$

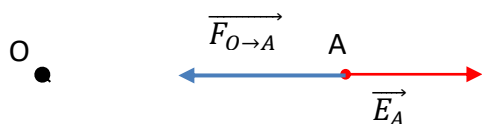
$E_{0,1nm} = 9 \times 10^9 \times \frac{1,6 \times 10^{-19}}{(0,1 \times 10^{-9})^2} = 1 \times 10^{11} V \cdot m^{-1}$

d. $\frac{F_{0,1nm}}{F_{1mm}} = 10^{14}$

A 0,1nm la force électrostatique est 100 000 milliards de fois plus intense qu'à 1mm du noyau. On peut considérer que l'électron n'est plus lié au noyau lorsqu'il est à 1 mm du noyau.

II. Ion hélium + :

1. Schéma de la situation :



Intensité de la force $F_{O \rightarrow A}$: $F_{O \rightarrow A} = K \cdot \frac{2e \times e}{d^2} = K \cdot \frac{2e^2}{d^2}$

A.N. $F_{O \rightarrow A} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{(0,050 \times 10^{-9})^2} = 1,8 \times 10^{-7} N$

Intensité du champ électrostatique : $E_A = \frac{F_{O \rightarrow A}}{e} = K \cdot \frac{2e}{d^2} = K \cdot \frac{2e}{d^2}$

A.N. $E_A = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19}}{(0,050 \times 10^{-9})^2} = 1,2 \times 10^{12} V \cdot m^{-1}$

2. Intensité du champ électrostatique : $E_{A'} = K \cdot \frac{2e}{4d^2} = \frac{E_A}{4}$

A.N. $E_{A'} = 3,0 \times 10^{11} V \cdot m^{-1}$

Schéma :



3. Les couches sont des sphères centrées sur le noyau.

III. Liaison ionique et température de fusion

1.	$d_{Na-Cl} = r_{Na^+} + r_{Cl^-}$ A.N. $d_{Na-Cl} = 282 \text{ pm}$
2.	$d_{Cl-Cl} = \frac{a}{\sqrt{2}}$ or $a = 2 \cdot d_{Na-Cl}$ donc $d_{Cl-Cl} = \sqrt{2} \cdot d_{Na-Cl}$ A.N. $d_{Na-Cl} = 399 \text{ pm}$
3.	$F_{Cl-Cl} = K \cdot \frac{e^2}{d_{Cl-Cl}^2}$ A.N. $F_{Cl-Cl} = 9,00 \times 10^9 \times \frac{(1,60 \times 10^{-19})^2}{(399 \times 10^{-12})^2} = 1,44 \times 10^{-9} C$
4.	- entre 1 ion Na^+ et 1 ion Cl^- : Interaction attractive car charges opposées - entre 2 ions Cl^- : interaction répulsive car charges identiques L'interaction attractive entre les Na^+ et Cl^- est deux fois plus forte que l'interaction répulsive entre 2 ions Cl^- . C'est donc l'attraction entre les ions Na^+ et Cl^- qui assure la cohésion du cristal.

- | | |
|----|---|
| 5. | <p>Au cours de la fusion, le cristal se disloque et les forces qui assurent la cohésion du cristal sont rompues.</p> <p>Comme ces forces sont plus faibles pour l'iodure de sodium, il est plus facile de faire fondre ce composé ionique que le chlorure de sodium.</p> <p>La température de fusion de l'iodure de sodium est donc plus basse que celle du chlorure de sodium.</p> |
|----|---|