

Activité d'exploration 1 : Du microscopique au macroscopique

1. Lorsque la distance entre deux charges ponctuelles est divisée par deux, la valeur de la force augmente et est multipliée par quatre.

En effet, si on note F la valeur de la force qui existe entre deux charges ponctuelles situées à une distance d l'une de l'autre, alors, on peut écrire :

$$F = k \cdot \frac{|q_a \cdot q_b|}{d^2}$$

La valeur F' de la force qui existe entre ces deux mêmes charges situées à une distance d' telle que $d' = \frac{d}{2}$

$$\text{se écrit : } F' = k \cdot \frac{|q_a \cdot q_b|}{d'^2}$$

$$\text{Ainsi : } F' = k \cdot \frac{|q_a \cdot q_b|}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = k \cdot \frac{|q_a \cdot q_b|}{d^2} \times 4$$

On en déduit que plus les charges sont proches, plus la valeur de la force est élevée.

2. La formule d'un ion chlorure est Cl^- , ce qui signifie que l'ion porte une charge électrique égale à «-e» soit $q_{\text{Cl}^-} = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

De même, la formule de l'ion sodium est Na^+ . Cela implique que l'ion porte une charge électrique positive égale à «+e» soit $q_{\text{Na}^+} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

Rappel de seconde :

Un atome est électriquement neutre, car il contient autant de protons (portant chacun une charge électrique positive «+e») que d'électrons (portant chacun une charge électrique négative «-e»), e étant la charge élémentaire et valant $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$.

Un ion est formé à partir d'un atome qui perd ou qui gagne un ou plusieurs électrons. Par exemple, un ion qui porte une charge électrique négative (l'ion chlorure Cl^-) contient un électron de plus que l'atome dont il dérive. Il possède donc une charge électrique globale négative «-e» qui est celle de l'électron supplémentaire. De même, un ion qui porte une charge électrique positive (l'ion sodium Na^+) contient un électron de moins par rapport à l'atome dont il dérive. Il a ainsi une charge électrique positive «+e», qui est celle du proton supplémentaire (dont la charge électrique n'est pas compensée par celle d'un électron).

3. La valeur de la force qui s'exerce entre deux ions chlorure proches se calcule à l'aide de l'expression de la valeur de la force de Coulomb :

$$F_{\text{Cl}^-/\text{Cl}^-} = k \cdot \frac{|q_{\text{Cl}^-} \cdot q_{\text{Cl}^-}|}{d^2}$$

Dans cette situation $q_{\text{Cl}^-} = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ et $d = a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$, avec $a = 5,64 \times 10^{-10} \text{m}$.

On peut donc écrire :

$$F_{\text{Cl}^-/\text{Cl}^-} = k \cdot \frac{|(-e) \cdot (-e)|}{\left(a \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} = k \cdot \frac{(e^2)}{a^2 \cdot \frac{2}{4}} = 2k \cdot \frac{e^2}{a^2}$$

Soit :

$$F_{\text{Cl}^-/\text{Cl}^-}(N) = 2 \times 9,0 \times 10^9 (N \cdot m^2 \cdot C^{-2}) \times \frac{(1,6 \times 10^{-19})^2 (C^2)}{(5,64 \times 10^{-10})^2 (m^2)} = 1,4 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

La valeur de la force qui s'exerce entre un ion chlorure et un ion sodium proches se calcule avec l'expression de la valeur de la force de Coulomb :

$$F_{\text{Cl}^-/\text{Na}^+} = k \cdot \frac{|q_{\text{Cl}^-} \cdot q_{\text{Na}^+}|}{d^2}$$

$$F_{\text{Cl}^-/\text{Na}^+} = k \cdot \frac{|(-e) \cdot (e)|}{\left(\frac{a}{2}\right)^2} = k \cdot \frac{e^2}{\frac{a^2}{4}} = 4k \cdot \frac{e^2}{a^2}$$

$$\text{On obtient donc : } F_{\text{Cl}^-/\text{Na}^+}(N) = 4 \times 9,0 \times 10^9 (N \cdot m^2 \cdot C^{-2}) \times \frac{(1,6 \times 10^{-19})^2 (C^2)}{(5,64 \times 10^{-10})^2 (\text{m}^2)} = 2,9 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

Comparer deux valeurs consiste à calculer le rapport entre ces deux valeurs (généralement, on calcule le rapport entre la plus grande et la plus petite).

Il en découle :

$$\frac{F_{\text{Cl}^-/\text{Na}^+}}{F_{\text{Cl}^-/\text{Cl}^-}} = \frac{4k \cdot \frac{e^2}{a^2}}{2k \cdot \frac{e^2}{a^2}} = 2$$

La valeur de la force qui s'exerce entre un cation et un anion proches est donc deux fois plus grande que la valeur de la force qui s'exerce entre deux cations (ou deux anions) proches.

Complément :

De même, la valeur de la force qui s'exerce entre deux ions sodium proches se calcule avec l'expression de la force de Coulomb :

$$F_{\text{Na}^+/\text{Na}^+} = k \cdot \frac{|q_{\text{Na}^+} \cdot q_{\text{Na}^+}|}{d^2}$$

On retrouve donc exactement la même expression que la valeur de la force qui s'exerce entre deux ions chlorure, soit $F_{\text{Na}^+/\text{Na}^+} = 2k \cdot \frac{e^2}{a^2}$.

Synthèse de l'activité

La valeur de la force qui s'exerce entre un cation et un anion est deux fois plus forte que la valeur de la force qui s'exerce entre deux cations ou deux anions. On peut alors estimer que ce sont ces forces qui vont prédominer au sein du cristal.

Or, deux cations ou deux anions se repoussent, tandis qu'un cation et un anion s'attirent.

On en conclut que les forces attractives (entre cations et anions) prédominent au sein du cristal, justifiant dans le même temps la cohésion des cristaux ioniques.