

I Structures des cristaux ioniques

Militante politique dans sa jeunesse, mémé Paulette a beaucoup crié « Staline ». Elle s'intéresse à présent aux structures cristallines des solides ioniques.

Un solide ionique est maintenu par l'ensemble des forces électriques exercées entre cations et anions, plus intense que l'ensemble des forces répulsives exercées entre cations ou entre anions. Pour représenter un cristal ionique, on va considérer dans la suite les ions comme des sphères dures dont les plus proches sont un cation et un anion et se touchent. Différents agencements sont possibles.

1 Le chlorure de césium

Le chlorure de césium $\text{CsCl}_{(s)}$ a la structure de solide ionique la plus simple qui soit. On peut imaginer un réseau cubique, c'est-à-dire un quadrillage de l'espace régulier, la longueur de l'arête d'un cube élémentaire étant a_1 . Aux sommets de chaque cube se trouve un ion césium. Au centre de chaque cube se trouve un ion chlorure. Les ions chlorure sont donc eux aussi répartis sur un réseau cubique.

- Justifier que le chlore forme les ions Cl^- et le césium les ions Cs^+ .
- On note r_{Cl^-} le rayon de l'ion chlorure, r_{Cs^+} le rayon de l'ion césium. En faisant un schéma, montrer que $r_{\text{Cl}^-} + r_{\text{Cs}^+} = a_1 \sqrt{3}/2$.
- Un cube élémentaire contient un cation et un anion. Expliquer pourquoi. En déduire la masse d'un cube élémentaire en fonction de M_{CsCl} et N_A , constante d'Avogadro.
- Montrer que la masse volumique de ce solide est $\rho_1 = \frac{M_{\text{CsCl}}}{N_A a_1^3}$.
- En déduire l'expression de $r_{\text{Cs}^+} + r_{\text{Cl}^-}$ en fonction de a_1 , ρ_1 , M_{CsCl} et N_A .

2 Le chlorure de sodium

Le chlorure de sodium $\text{NaCl}_{(s)}$ a une autre structure. Ions sodium comme ions chlorure sont sur un réseau cubique face centrée, (ions chlorure aux sommets d'un cube et au centre des faces, de même pour les ions sodium), et les deux réseaux sont décalés d'une moitié d'arête (voir fig. 3 p. 179 et fig. 1 p. 185).

En vous inspirant de la démarche suivie pour le chlorure de césium, et en notant ρ_2 la masse volumique du chlorure de sodium et r_{Na^+} le rayon de l'ion sodium, montrer que

$$r_{\text{Cl}^-} + r_{\text{Na}^+} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{4M_{\text{NaCl}}}{N_A \rho_2}}$$

3 L'oxyde de sodium

L'oxyde de sodium $\text{Na}_2\text{O}_{(s)}$ a une autre structure (voir la page Wikipedia du même nom).

- En notant ρ_3 la masse volumique de l'oxyde de sodium et $r_{\text{O}^{2-}}$ le rayon de l'ion oxyde, montrer que

$$r_{\text{O}^{2-}} + r_{\text{Na}^+} = \frac{\sqrt{3}}{4} \sqrt[3]{\frac{4M_{\text{Na}_2\text{O}}}{N_A \rho_3}}$$

- L'ion oxyde O^{2-} sert de base à la détermination des rayons des ions. Son rayon est $r_{\text{O}^{2-}} = 1,4 \times 10^{-10}$ m. On donne les densités du chlorure de césium $d_1 = 3,99$, du chlorure de sodium $d_2 = 2,17$ et de l'oxyde de sodium $d_3 = 2,27$. Déterminer les rayons des ions sodium, chlorure et césium.