

Effet photoélectrique

1a) $E = \frac{hc}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{hc}{E}$ AN: $\lambda_{\text{lim}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{2 \times 1,602 \cdot 10^{-19}} = 0,62 \mu\text{m}$

1b) Cs de l'énergie $E_{\text{arrivé}} = 2,27 \text{ eV} \Rightarrow T = E - W = 0,27 \text{ eV}$
Formalisme classique $\Rightarrow T = \frac{1}{2} m v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2T}{m}}$
on trouve $v = 3,1105 \text{ m/s}$.

2) Puissance photonique $P = \frac{N \times E}{\Delta t}$ ← nombre photons on trouve $v = 3,1105 \text{ m/s}$.
Intensité courant $I = \frac{N \times e \times m_e}{\Delta t}$ ← charge totale renouvel. $\Rightarrow I = \frac{P \times e \times \eta}{E}$
 $P = 40 \text{ mW}$, $\eta = 0,7$
 $\frac{E}{e} = 4,89 \text{ SI}$
 $\Rightarrow I = 5,7 \text{ mA}$

Ordres de grandeur

1. Il faut utiliser des particules dont la longueur d'onde λ soit de 1 \AA ou moins. On utilisera $\lambda = 1 \text{ \AA}$ dans les calculs numériques. Pour les photons cela donne une énergie en eV

$$E_{\text{phot}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-10} \times 1,6 \times 10^{-19}} = 1,24 \times 10^4 \text{ eV} = 12,4 \text{ keV}$$

Pour les neutrons on utilise $p = h/\lambda$ soit

$$E_{\text{neut}} = \frac{p^2}{2m_n} = \frac{h^2}{2m_n \lambda^2} = 8,2 \times 10^{-2} \text{ eV} = 82 \text{ meV}$$

Cette énergie est de l'ordre de celle des neutrons thermiques qui vaut environ 25 meV . Pour les électrons il suffit de multiplier le résultat précédent par le rapport des masses m_n/m_e

$$E_{\text{el}} = E_{\text{neut}} \frac{m_n}{m_e} = 151 \text{ eV}$$

2. La fréquence d'une onde sonore de vecteur d'onde $k = 1 \text{ nm}$ est $\omega = 5 \times 10^{12} \text{ rad.s}^{-1}$ et l'énergie d'un phonon $\hbar\omega = 3,3 \text{ meV}$. Il est beaucoup plus facile de comparer expérimentalement une telle énergie à celle d'un neutron de quelques dizaines de meV qu'à celle d'un photon de 10 keV et de détecter la création d'un phonon. On utilisera donc de préférence des neutrons.

3. La masse d'une molécule de fullerène est $M = 1,2 \times 10^{-24} \text{ kg}$ et sa longueur d'onde

$$\lambda = \frac{h}{mv} = 2,5 \times 10^{-12} \text{ m}$$

Cette longueur d'onde est une fraction $\sim 1/300$ du diamètre de la molécule.

Diffraction de Bragg

En 1927, Davisson et Germer montrèrent qu'un faisceau d'électrons se diffracte sur un monocristal comme un faisceau de rayons X.

Peut-être est-il bon de décrire brièvement le phénomène de diffraction d'une onde électromagnétique par un cristal (la question est étudiée plus en détail au cours de l'exercice 1|6 que le lecteur aura le plus grand intérêt à traiter dans son ensemble).

Les cristaux qui constituent la matière sont composés d'atomes (ou de molécules) disposés aux sommets de polyèdres (cubes par exemple), se reproduisant sans cesse par translation. Cet empilement d'atomes peut également être réalisé en superposant une famille de plans parallèles dits plans réticulaires; sur chacun de ces plans les atomes dessinent un quadrillage régulier.

Imaginons un faisceau parallèle d'une onde électromagnétique qui frappe le cristal et y pénètre suffisamment pour rencontrer plusieurs plans réticulaires d'une même famille, sous une inclinaison θ . En gros, chaque plan va se comporter comme un miroir plan pour l'onde incidente. La figure 2-1 résume la situation pour deux plans réticulaires adjacents séparés par la distance d . L'onde qui rencontre le plan réticulaire n° 2 parcourt visiblement la distance KJK' en plus; cette distance est égale à $2d \sin \theta$, comme le montre la figure 2-1. Aussi, si l'on compte les phases de l'onde diffractée à partir du plan d'onde IK' , on pourra écrire l'onde n° 1 :

$$\Psi_1 = \Psi_0 \exp [-i(\omega t - kx)]$$

et l'onde n° 2 :

$$\Psi_2 = \Psi_0 \exp [-i(\omega t - kx - k \cdot 2d \sin \theta)]$$

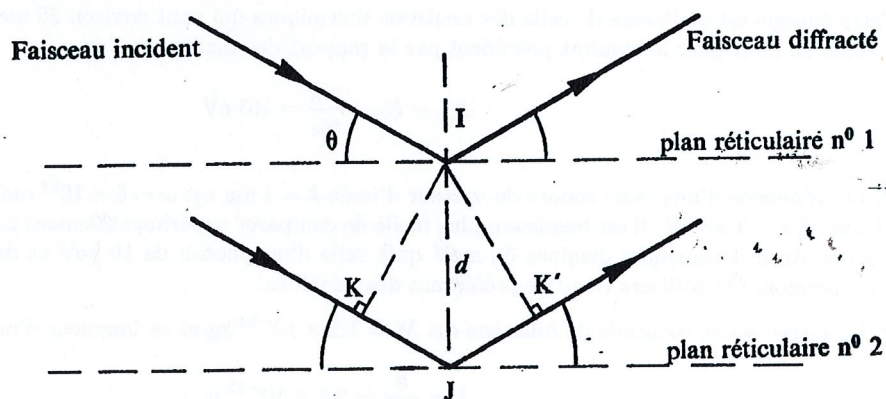
où x désigne la distance du plan d'onde au point I choisi comme origine. Nous savons qu'il y aura maximum d'éclairement dans les directions θ_n telles que les ondes Ψ_1, Ψ_2, \dots , soient toutes en phase, soit :

$$k \cdot 2d \sin \theta_n = n2\pi$$

$$\text{ou} \quad \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2d \sin \theta_n = n2\pi \quad (n \text{ entier})$$

$$\text{ou} \quad 2d \sin \theta_n = n\lambda \quad (2-1)$$

(relation de Bragg).



2- 1 : Diffraction d'une onde sur les plans réticulaires d'un cristal.

$$\rho = \frac{M_{Cl} + M_{Na}}{2 N^0 d^3} \rightarrow N^0 = \frac{M_{Cl} + M_{Na}}{2 \rho \lambda^3} \cdot 8 \sin^3 \theta \quad \rho = 1$$

$$\text{car} \quad d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} = 2,734 \text{ \AA}$$

$$M_{Cl} = 35,5; \quad M_{Na} = 23; \quad \sin 7^{\circ},27 = 0,129$$

$$\rightarrow N^0 = 6,6 \cdot 10^{23}$$

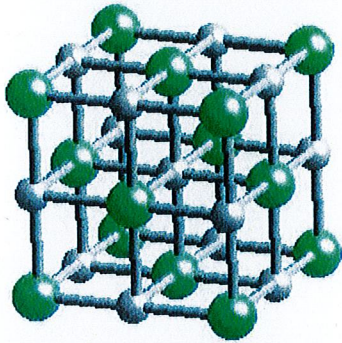
La structure NaCl

Caractéristiques structurales

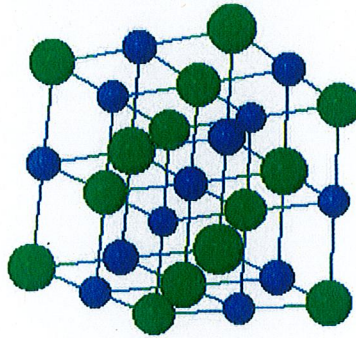
Motif formulaire	NaCl	Principales données numériques
Maille et mode de réseau	Cubique F $a = 5.64 \text{ \AA}$ $Z = 4$; $\rho = 2.165 \text{ g.cm}^{-3}$	Compacité : $\tau = 0.644$
	Translations de réseau <ul style="list-style-type: none"> • $(0, 0, 0)$ • $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$ • $(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2})$ • $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 	Distances interatomiques $d_{\text{Na}^+-\text{Cl}^-} = 2.82 \text{ \AA}$ $r_{\text{Na}^+} = 0.99 \text{ \AA}$ $r_{\text{Cl}^-} = 1.81 \text{ \AA}$ $r_{\text{cation}}/r_{\text{anion}} = 0.54$
Motif périodique	NaCl	Coordinance <ul style="list-style-type: none"> • $[\text{Na}^+] = 6$ • $[\text{Cl}^-] = 6$
Positions atomiques	Na ⁺ $0, 0, 0$ Cl ⁻ $\frac{1}{2}, 0, 0$	

Les différentes représentations

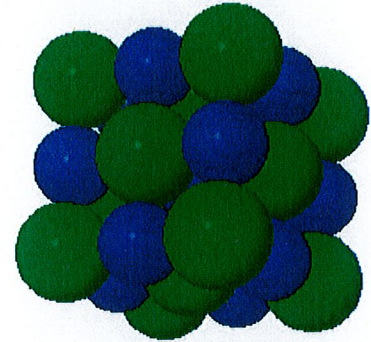
Modèles JMol : [Rotation: Bouton gauche et bouger] - [Zoom: roulette de la souris] - [Options: Clic droit]



Vue en perspective
 Cliquez [ici](#) pour une autre vue de cet arrangement
 (Source [A.Hewat](#))



Structure NaCl : vue éclatée



Structure NaCl : vue compacte