Chapitre 12 – Cohésion des solides (correspond au chapitre 2.3 du livre)

1 Comment expliquer la cohésion des solide ioniques ?

Le chlorure de sodium :

et le fluorure de calcium :

sont des solides ou cristaux ioniques.

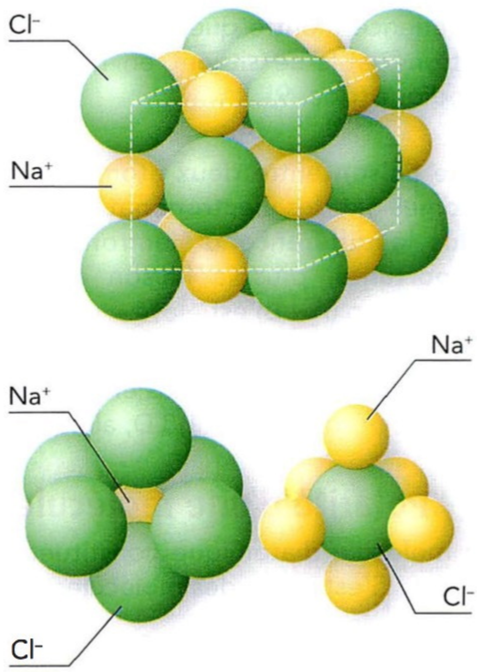
> **Un solide ou cristal .... est constitué d' .... et de .... , assimilés à des sphères dures, régulièrement disposées dans l'espace. Un solide ionique est électriquernent ....**

Comme l'ion sodium Na^+ porte une charge .... et l'ion chlorure $C\ell^-$ une charge .... , le cristal de chlorure de sodium comporte autant d'ions sodium que d'ions chlorure. On le note ....

Dans le cristal de fluorure de calcium, chaque ion calcium Ca^{2+} porte une charge .... ; il est donc accompagné de .... ions fluorure F^- portant chacun une charge .... La formule du fluorure de calcium solide est alors notée ....

> La formule d'un solide ou cristal ionique, appelée formule statistique, indique la nature et la proportion des ions présents.

Dans le cristal de chlorure de sodium, un cation sodium Na^+ .... les anions chlorure $C\ell^-$ qui l'entourent. Inversement, un anion chlorure $C\ell^-$ n'est entouré que de cations sodium Na^+.



> **Dans un cristal ionique, chaque ion s'entoure d'ions de signes .... L'interaction .... existant entre ces ions de charges .... assure la cohésion du solide ionique.**

Dans un solide ionique, les ions occupent des positions déterminées et sont immobiles.

2 Correction des exercices du chapitre 11 (fin)

11.1 N° 6 p. 282 – L'énergie des étoiles

1. On utilise les lois de Soddy, c'est-à-dire la loi de conservation du nombre de nucléons A (nombre de masses) et du nombre de protons Z (nombre de charges).

Équation ⓐ :

$$\begin{cases} 1+1 = A+0 \\ 1+1 = Z+1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 2 \\ Z = 1 \end{cases}$$

Équation ⓑ :

$$\begin{cases} 3+3 = A'+2\times 1 \\ 2+2 = Z'+2\times 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A' = 4 \\ Z' = 2 \end{cases}$$

2. X est ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$, l'hydrogène 2 ou deutérium ;
X′ est ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$, l'hélium 4.

3. Effectuons la combinaison proposée :

$$\begin{array}{rcl} 2\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} + 2\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} & \rightarrow & 2\,{}^{2}_{1}\mathrm{H} + 2\,{}^{0}_{-1}\mathrm{e} \\ 2\,{}^{2}_{1}\mathrm{H} + 2\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} & \rightarrow & 2\,{}^{3}_{2}\mathrm{He} \\ {}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{3}_{2}\mathrm{He} & \rightarrow & {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} \\ \hline 4\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} & \rightarrow & {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\,{}^{0}_{-1}\mathrm{e} \end{array} \qquad \text{c. q. f. d.}$$

11.2 N° 8 p. 283 – Le plutonium 241

1. a. Le plutonium 241 fissible sous bombardement de neutron correspond à l'équation ⓒ. Le plutonium 241 émetteur β^- correspond à l'équation ⓐ.

b. La particule β^- est un électron, que l'on symbolise ici conventionnellement par ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$.

2. a. Les réactions ⓑ et ⓒ, produites par bombardement de neutrons thermalisés, sont provoquées ; la réaction ⓐ est spontanée.

b. Les réactions ⓑ et ⓒ sont des fissions ; la réaction ⓐ est une désintégration radioactive.

11.3 N° 15 p. 284 – Fission de l'uranium

1. Énergie libérée par la première fission :

$$Q = \left[m\left({}^{140}_{55}\mathrm{Cs}\right) + m\left({}^{94}_{37}\mathrm{Rb}\right) + 2m\left({}^{1}_{0}\mathrm{n}\right) - m\left({}^{235}_{92}\mathrm{U}\right) - m\left({}^{1}_{0}\mathrm{n}\right)\right]\cdot c^2$$

Application numérique, avec $m_\mathrm{n} = 1{,}6749\times10^{-27}$ kg $= 0{,}016749\times10^{-25}$ kg pour la masse du neutron :

$$Q = [2{,}3231 + 1{,}5597 + 2\times 0{,}016749 - 3{,}9022 - 0{,}016749] \times 10^{-25}\times\left(3{,}00\times10^{8}\right)^2$$

$$Q = 2{,}39\times10^{-11}\ \mathrm{J}$$

$$Q = \frac{2{,}39\times10^{-11}}{1{,}602\times10^{-13}} = 149\ \mathrm{MeV}$$

Énergie libérée par la deuxième fission :

$$Q = \left[m\left({}^{134}_{51}\mathrm{Sb}\right) + m\left({}^{99}_{41}\mathrm{Nb}\right) + 3m\left({}^{1}_{0}\mathrm{n}\right) - m\left({}^{235}_{92}\mathrm{U}\right) - m\left({}^{1}_{0}\mathrm{n}\right)\right]\cdot c^2$$

Application numérique :

$$Q = [2{,}2233 + 1{,}6425 + 3\times 0{,}016749 - 3{,}9022 - 0{,}016749] \times 10^{-25}\times\left(3{,}00\times10^{8}\right)^2$$

$$Q = 2{,}61\times10^{-11}\ \mathrm{J}$$

$$Q = \frac{2{,}61\times10^{-11}}{1{,}602\times10^{-13}} = 163\ \mathrm{MeV}$$

2. Les deux énergies sont du même ordre de grandeur :

$$\frac{163}{149} = 1{,}09$$

11.4 N° 20 p. 286 – Tritium

1. ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ et ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$.

2. Fusion de deux noyaux de deutérium, pour former un noyau de tritium :

$${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{1}\mathrm{H} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$$

La particule émise avec le tritium est un hydrogène 1.

3. Désintégration β^- du tritium, avec formation d'hélium 3 :

$${}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

4. Lors de la désintégration, si l'électron émis emporte une énergie de 5,7 keV sur la totalité des 18,6 keV émis, alors il reste dans les particules filles une énergie de $18,6 - 5,7 = 12{,}9$ keV.
Autrement dit, aucune énergie n'est manquante ni perdue, car l'énergie se conserve.

11.5 N° 22 p. 286 – Le cobalt 60

1. La radioactivité concerne les isotopes fabriqués par l'homme, qui n'existent pas dans la nature, et qui sont instables.

2. a. Le cobalt 60 est un isotope du cobalt 59, c'est-à-dire que les noyaux ont le même nombre de protons mais des nombles de neutrons différents. Le cobalt 60 a un neutron supplémentaire par rapport au cobalt 59. Donc la réaction de synthèse du cobalt 60 est une capture de neutron par le cobalt 59.

b. Réaction nucléaire correspondante :

$$ {}^{59}_{27}\mathrm{Co} \ + \ {}^{1}_{0}\mathrm{n} \ \rightarrow \ {}^{60}_{27}\mathrm{Co} $$

3. a. Comme son nom l'indique, l'énergie de liaison E_ℓ est l'énergie accaparée par les liaisons dans le nucléide. Donc c'est l'énergie qu'il faut fournir pour casser le nucléide et séparer les nucléons.

b. La masse des nucléons séparés est de :

$$\begin{aligned} 27m_{\mathrm{p}} + 33m_{\mathrm{n}} &= 27 \times 1{,}6726{\times}10^{-27} \\ &+ 33 \times 1{,}6749{\times}10^{-27} \\ &= 1{,}00{\times}10^{-25}\ \mathrm{kg} \end{aligned}$$

À cause de l'énergie de liaison, le nucléide a une masse plus faible que celle des nucléons séparés. Son défaut de masse est :

$$E_\ell = \Delta m \cdot c^2 \quad \Leftrightarrow \quad \Delta m = \frac{E_\ell}{c^2}$$

Application numérique, sans oublier de convertir l'énergie en joule :

$$\Delta m = \frac{524,8 \times 10^6 \times 1{,}602{\times}10^{-19}}{\left(3{,}00{\times}10^8\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \Delta m &= 9{,}34{\times}10^{-28}\ \mathrm{kg} \\ \Delta m &= 0{,}00934{\times}10^{-25}\ \mathrm{kg} \end{aligned}$$

La masse du nucléide est donc :

$$\begin{aligned} m\left({}^{60}\mathrm{Co}\right) &= 1{,}00{\times}10^{-25} - 0{,}00934{\times}10^{-25} \\ m\left({}^{60}\mathrm{Co}\right) &= 9{,}91{\times}10^{-26}\ \mathrm{kg} \end{aligned}$$

4. a. Si la réaction dégage de l'énergie, c'est qu'elle aboutit à des noyaux fils plus stables. Le nickel 60 est donc plus stable que le cobalt 60.

b. Énergie libérée par la réaction de désintégration :

$$\begin{aligned} Q = \Big[m\left({}^{60}_{28}\mathrm{Ni}\right) &+ m\left({}^{\ 0}_{-1}\mathrm{e}\right) \\ &- m\left({}^{60}_{27}\mathrm{Co}\right)\Big] \cdot c^2 \end{aligned}$$

On isole la masse du nickel 60 dans l'équation :

$$m\left({}^{60}_{28}\mathrm{Ni}\right) = m\left({}^{60}_{27}\mathrm{Co}\right) - m\left({}^{\ 0}_{-1}\mathrm{e}\right) + \frac{Q}{c^2}$$

Application numérique, sans oublier de convertir l'énergie en joule, énergie de valeur négative puisqu'il s'agit d'une énergie libérée :

$$\begin{aligned} m\left({}^{60}_{28}\mathrm{Ni}\right) &= 9{,}91{\times}10^{-26} - 9{,}109{\times}10^{-31} \\ &+ \frac{-2,824 \times 1{,}602{\times}10^{-13}}{\left(3{,}00{\times}10^8\right)^2} \\ m\left({}^{60}_{28}\mathrm{Ni}\right) &= 9{,}91{\times}10^{-26}\ \mathrm{kg} \end{aligned}$$

La différence de masse est très faible ; il faudrait des données plus précises pour voir apparaître cette différence sur les masses.

11.6 N° 23 p. 286 – Perte de masse du Soleil

1. Dans une réaction de fusion, deux noyaux légers se regroupent pour former un noyau plus lourd, plus stable.
2. Une température de 10 millions de degrés Celsius est nécessaire pour maintenir la matière à l'état de plasma, état dans lequel les noyaux sont déshabillés de leurs électrons, et donc directement en contact les uns des autres. La forte pression qui règne dans ce milieu fait le reste, quant à suffisamment favoriser les fusions de noyaux pour que la réaction se poursuive.
3. L'énergie libérée est $|Q| = 24$ MeV, donc la perte de masse Δm est de :

$$|Q| = \Delta m \cdot c^2 \quad \Leftrightarrow \quad \Delta m = \frac{|Q|}{c^2}$$

Application numérique :

$$\Delta m = \frac{24 \times 1{,}602{\times}10^{-13}}{\left(3{,}00{\times}10^8\right)^2} = 4{,}3{\times}10^{-29}\ \mathrm{kg}$$

4. Reprenons le calcul de perte de masse précédent, mais en multipliant l'énergie rayonnée par seconde le nombre de secondes depuis l'apparition du Soleil :

$$\Delta m = \frac{3{,}9{\times}10^{26} \times 4{,}6{\times}10^9 \times 365 \times 24 \times 3600}{\left(3{,}00{\times}10^8\right)^2}$$

$$\Delta m = 6{,}3{\times}10^{26}\ \mathrm{kg}$$

Cependant, ce n'est jamais qu'une faible fraction de la masse totale actuelle du Soleil :

$$\frac{6{,}3{\times}10^{26}}{2{,}0{\times}10^{30}} = 0,032\%$$