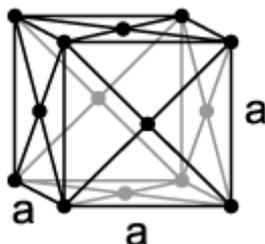


## Corrigé exercice 6

### « GAZ » NOBLES À L'ÉTAT SOLIDE

1) Maille cubique à faces centrées de paramètre  $a$  :



La population est de  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$  atomes par maille.

Soit  $r$  le rayon atomique, la compacité  $\gamma$  est le volume occupé par les atomes modélisés par des sphères de rayon  $r$  par rapport au volume total de la maille :

$$\gamma = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{a^3}$$

Le contact entre les sphères se faisant le long d'une diagonale de face,  $2r = \frac{a\sqrt{2}}{2}$ . On remplace donc  $a$  par  $2\sqrt{2}r$  dans la relation précédente :

$$\gamma = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{(2\sqrt{2}r)^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0,74 = 74\%$$

2) La masse volumique est :

$$\rho = \frac{\text{masse de la maille}}{\text{volume de la maille}} = \frac{4M}{N_a a^3}$$

...où  $M$  est la masse molaire du gaz rare considéré.

Applications numériques :

Gaz noble	néon	argon	krypton	xénon
Masse molaire ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	20,2	39,9	83,8	131,3
Paramètre de maille (pm)	452	543	559	618
Masse volumique ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	1,45	1,66	3,19	3,70

3) On utilise la relation de maille rappelée dans le 1) :

$$r = \frac{a}{2\sqrt{2}}$$

Applications numériques :

Gaz noble	néon	argon	krypton	xénon
Paramètre de maille (pm)	452	543	559	618
Rayon atomique (pm)	160	192	198	218

4) Les gaz nobles, appartenant à la colonne 18 du tableau périodique, ont la configuration électronique  $ns^2 np^6$  : ils ne donnent pas lieu à des liaisons de covalence.

Les forces d'interaction entre les atomes sont donc uniquement des forces **de van der Waals**, de type

dipôles instantanés – dipôles induits, c'est à dire des forces de London.

(Le rayon calculé à la question précédente est donc le **rayon de van der Waals**.)

Si on admet qu'un atome à couche de valence complète est une « molécule monoatomique » alors le cristal peut être considéré comme un empilement de molécules individualisées, comme le diiode, la carboglace ... liées par des forces de van der Waals. C'est pourquoi ces cristaux sont classés dans les **cristaux moléculaires**. Ils en partagent d'ailleurs les propriétés macroscopiques : températures de fusion très basse, solubilité dans de nombreux solvants, propriétés mécaniques très médiocres...

Les atomes sont modélisés comme des sphères dures empilées en réseau compact – coordinence 12 – et ayant pour rayon le rayon de van der Waals ; l'empilement est compact car **les liaisons de van der Waals sont non directionnelles, comme la liaison métallique**.

5) Pour extraire un atome du solide et le faire passer en phase gazeuse, il faut rompre les forces de van der Waals (London) qui le lient principalement à ses voisins les plus immédiats. Or la coordinence est de  $c = 12$ . Il faut donc casser 12 liaisons pour extraire un atome.

Pour extraire une moles d'atomes, il faut donc casser  $\frac{12}{2} = 6$  moles de liaisons (**on divise par deux afin de ne pas compter deux fois la liaison entre deux atomes contigus**). Donc  $E_{sub} = 6E_{\ell}$ , d'où :

$$E_{\ell} = \frac{E_{sub}}{6} = 1,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

On retrouve l'ordre de grandeur typique pour les liaisons de type van der Waals.

6) Les forces de London sont d'autant plus intenses que les atomes sont polarisables. Quand on passe du néon au xénon, on descend dans la colonne 18 : les atomes deviennent de plus en plus gros, les électrons externes sont de moins en moins fortement liés au noyau, le nuage électronique est de plus en plus déformable : la **polarisabilité** augmente. Donc les forces de London sont de plus en plus intenses, d'où l'augmentation de la température de fusion observée.