

Chapitre 9 : Cohésion de la matière à l'état solide (p. 151)

I- Comment interpréter la cohésion des solides ioniques ? (p. 154)

1. Électrisation (p. 154)

Lors de l'**électrisation**, un corps se charge électriquement.
Il est possible d'électriser de la matière par frottement ou par contact avec un corps chargé.
Ce phénomène est interprété par un transfert d'électrons entre les corps.

2. Loi de Coulomb (p. 154)

Deux corps ponctuels chargés A et B, de charges électriques q_A et q_B et séparés d'une distance d , exercent l'un sur l'autre une force électrostatique F telle que : $\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A}$

Ces deux forces :

- ont la même direction, celle de la droite (AB) ;
- sont respectivement appliquées en A et en B ;
- sont répulsives si les charges sont de même signe et attractives si les charges ont des signes opposés ;
- ont la même valeur F , telle que :

$$F_{\text{elec}} = k \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} k \text{ constante de Coulomb } (= 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \text{ dans le vide}), \\ q_A \text{ et } q_B \text{ en coulomb (C), } d \text{ en mètre (m) et } F \text{ en newton (N)} \end{array} \right.$$

3. Le solide ionique (p. 155)

Un **solide ionique** (ou **cristal ionique**) est constitué d'un empilement compact régulier d'**anions** et de **cations**, assimilés à des sphères dures.

Un solide ionique est **électriquement neutre**.

Les solides ioniques **ne conduisent pas l'électricité** car les ions ne sont pas mobiles.

La formule d'un solide ionique, appelée **formule statique**, indique le nombre minimal de cations et d'anions permettant la neutralité électrique. Elle commence toujours par la formule du cation.

Dans un cristal ionique, chaque ion s'entoure d'ions de signes opposés.

La **cohésion d'un solide ionique** est assurée par des **liaisons ioniques**, c'est-à-dire des forces électrostatiques respectant la loi de Coulomb.

II- Qu'est-ce qu'une molécule polaire ? (p. 155)

1. Électronégativité (p. 156)

L'**électronégativité** d'un élément chimique est sa capacité à attirer les électrons partagés avec un autre élément d'une liaison covalente. Elle est représentée par la lettre **χ** .

2. Liaison polaire (p. 155)

Lorsqu'il s'établit une liaison covalente entre deux atomes d'électronégativité assez différente, on dit que la liaison est **polarisée** :

- l'atome le plus électronégatif porte une charge électrique partielle négative notée : δ^-
- l'autre atome porte une charge électrique partielle positive notée : δ^+

3. Molécule polaire (p. 156)

On dit qu'une molécule est **polaire** lorsque le centre géométrique des charges partielles négatives est différent du centre géométrique des charges électriques partielles positives.

III- Comment interpréter la cohésion des solides moléculaires ? (p. 157)

1. Les solides moléculaires (p. 157)

Un solide moléculaire est un empilement régulier de molécules dans l'espace.

La cohésion des solides moléculaires est assurée par deux types d'interactions intermoléculaires :

→ les interactions de Van der Waals ;

→ les liaisons hydrogène.

L'énergie mise en jeu dans ces interactions est très inférieure à celle rencontrée dans les cristaux ioniques : la cohésion des cristaux moléculaires est beaucoup moins forte que celle des cristaux ioniques.

2. Les interactions de Van der Waals (p. 157)

Les interactions de Van der Waals sont des interactions entre dipôles électriques.

Ce sont des interactions attractives en général, de type électrostatique. Elles ont une portée faible et une intensité plus faible que les interactions s'exerçant au sein des solides ioniques.

Elles sont d'autant plus grandes que les électrons sont nombreux et la molécule volumineuse.

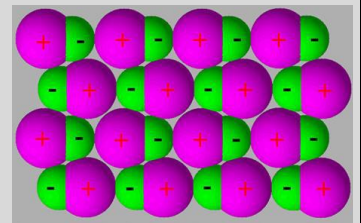
▪ Dans le cas de molécules polaires, ces dipôles électriques sont permanents et les interactions électrostatiques orientent les molécules de façon à ce que les pôles de signes différents soient toujours voisins ce qui assurent la cohésion du solide.

▪ Dans le cas de molécules apolaires, ces dipôles électriques sont instantanés et changent à tout instant mais les interactions électrostatiques sont permanentes et assurent la cohésion du solide.

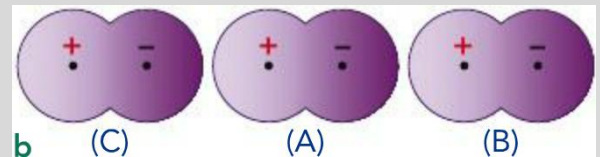
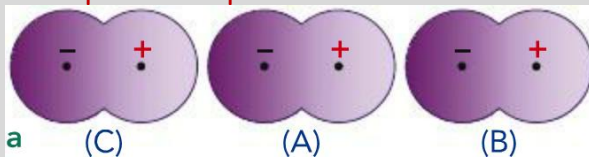
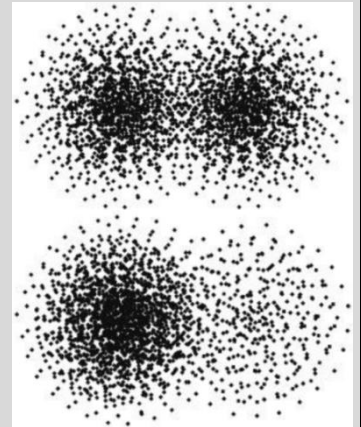
Mais les électrons n'ont pas de position définie. Ils ont une probabilité de présence dans le nuage électronique qui entoure les noyaux. Les électrons s'y déplacent à grande vitesse.

À un instant donné, il se peut que les électrons soient plus proches d'un des noyaux. Il apparaît alors un dipôle électrique instantané au sein de la molécule.

▪ Ce dipôle instantané engendre la création d'autres dipôles instantanés et ceci de proche en proche.



Interaction dipôle-dipôle dans le chlorure d'iode



Interactions entre dipôle instantané (A) et dipôles instantanés induits (B et C) à l'instant t (a) et à l'instant t' (b).

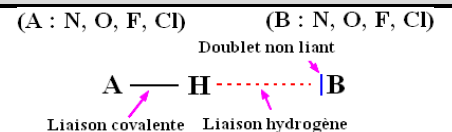
Ces interactions sont aussi présentes dans les liquides.

3. La liaison hydrogène (p. 158)

La **liaison hydrogène** est la plus forte des liaisons intermoléculaires. C'est un cas particulier des interactions de Van der Waals.

Elle se manifeste uniquement entre une molécule qui comporte un **atome d'hydrogène** lié à un atome **A très électronégatif** (N, O, Cl ou F) et un autre atome, **B**, également très électronégatif et **possédant un doublet non liant** (N, O, Cl ou F).

Les trois atomes qui participent à la liaison hydrogène sont généralement alignés et on la représente en général par des pointillés.



IV- Que se passe-t-il lorsque l'on chauffe un solide ? (p. 159)

Nous prendrons l'exemple d'un solide moléculaire, le diiode. À la pression atmosphérique ses températures de fusion et d'ébullition sont 113°C et 184°C . On suppose que l'on chauffe un cristal de diiode de 25°C à 200°C .

Allure de l'évolution temporelle de la température au cours du chauffage :



Interprétation :

Étape 1 : de 25 à 113°C : le diiode est solide, les molécules reçoivent l'énergie thermique (chaleur) et leur agitation moléculaire augmente donc leur température augmente.

Étape 2 : à 113°C : l'énergie thermique reçue est maintenant utilisée pour rompre certaines interactions de Van der Waals qui maintenaient le diiode à l'état solide : c'est la **fusion**.



Étape 3 : de 113 à 184°C : le diiode est liquide et à nouveau, l'énergie thermique reçue a pour effet d'augmenter son agitation moléculaire et donc sa température.

Étape 4 : à 184°C : l'énergie thermique reçue est maintenant utilisée pour rompre les dernières interactions de Van der Waals qui maintenaient le diiode à l'état liquide : c'est la **vaporisation**.



Étape 5 : au delà de 184°C : le diiode est gazeux, son agitation moléculaire croît à nouveau de même que sa température, il n'y a plus d'interaction intermoléculaire.

Remarque :

Pour l'eau H_2O , en plus des interactions de Van Der Waals, il faut rompre les liaisons hydrogène.

Lors d'un chauffage, l'énergie thermique apportée à un corps pur moléculaire a deux effets :

→ **Effet 1 :** la température s'élève avec rupture d'interactions intermoléculaires et augmentation de l'agitation thermique,

OU

→ **Effet 2 :** la température reste constante, il y a changement d'état avec seulement rupture d'interactions.

Énergie de changement d'état

On souhaite déterminer un ordre de grandeur de l'énergie thermique massique de vaporisation L_{vap} de l'eau.

On introduit une masse $m_1 = 150 \text{ g}$ d'eau liquide à 20°C dans un ballon se trouvant dans un chauffe-ballon alimenté avec une tension $U = 220 \text{ V}$ et un courant électrique d'intensité $I = 1,2 \text{ A}$.

Au bout de 13 minutes de chauffage, l'eau est rentrée en ébullition et une partie a été vaporisée. On arrête le chauffage et mesure la nouvelle masse d'eau présente $m_2 = 99 \text{ g}$.

Information 1

- On fait l'hypothèse que toute l'énergie électrique reçue par le chauffe-ballon a été transformée en énergie thermique.
- On fait l'hypothèse que 80 % de l'énergie thermique fournie par le chauffe-ballon a été reçue par l'eau.

Information 2

- Puissance électrique d'un appareil : $P = U \times I$ avec U en V , I en A et P en W
- Énergie électrique consommée par un appareil pendant une durée t : $E = P \times t$ avec P en W , t en s et E en J .

Information 3

- Énergie thermique E reçue par une masse d'eau m passant d'une température initiale θ_i à une température finale θ_f :
 $E = m \times 4,18 \times (\theta_f - \theta_i)$ avec E en J , m en g et θ en $^{\circ}\text{C}$
- Énergie thermique E reçue par une masse d'eau m lors de son changement d'état à une température θ :
 $E = m \times L$ avec E en J , m en g et L en J.g^{-1}

→ Déterminer la valeur de L_{vap} .