

Chapitre C9 :

L'énergie au quotidien : la cohésion de la matière et les aspects énergétiques de ses transformations

I) La cohésion de la matière :

1) Comment évaluer la solidité d'une molécule ?

La matière, qu'elle soit liquide, gazeuse ou solide, est constituée de molécules, elles mêmes constituées d'assemblages d'atomes.

La cohésion du matériau dans les molécules, comme celles des liquides ou des solides, est assurée par l'interaction électromagnétique. Mais comment peut-on évaluer la solidité d'une molécule ?

Étude de document : Comment évaluer la solidité d'une molécule de dibrome Br_2 ? En la cassant !

L'idée est en quelque sorte d'« étirer » la molécule jusqu'à ce qu'elle se casse. Il faut pour cela, lui fournir de l'énergie. On peut bien sûr chauffer le dibrome gazeux, mais on peut également lui apporter l'énergie sous forme lumineuse grâce à un laser. En étudiant la lumière absorbée par la molécule de dibrome jusqu'à atomisation, c'est à dire sa dissociation en atomes, on peut déterminer avec précision l'énergie qu'on lui a fournie.



1- Pourquoi d'après la photo ci-contre, peut-on affirmer que le dibrome absorbe bien de la lumière ?

2- Citer des faits expérimentaux ou quotidiens mettant en évidence que la lumière transporte de l'énergie.

3- L'énergie de liaison $Br - Br$ est définie comme l'énergie qu'il faut fournir à une mole de molécules Br_2 , prises à l'état gazeux pour casser une mole de liaisons $Br - Br$ et obtenir deux atomes Br à l'état gazeux. L'étude expérimentale a montré que la dissociation d'une molécule de dibrome nécessite une énergie égale à $3,72 \cdot 10^{-19}$ J. En déduire l'énergie de la liaison $Br - Br$.

Correction :

1- La photo d'un échantillon de dibrome gazeux prouve qu'il absorbe de la lumière puisqu'il est coloré. Or toutes les espèces colorées absorbent une partie de la lumière visible et c'est cette absorption qui est à l'origine de leur couleur.

2- Le chauffage solaire, les panneaux photovoltaïques, le bronzage, la photosynthèse sont quelques faits expérimentaux qui prouvent que la lumière transporte de l'énergie.

3- On a déterminé que l'énergie nécessaire à dissocier une molécule de dibrome en ses deux atomes de brome vaut $3,72 \cdot 10^{-19}$ J. Or dans une mole il y a $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ molécules.

Sachant que l'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir à une mole de molécule de Br_2 pour casser une mole de liaison $Br - Br$.

On en déduit que l'énergie de liaison pour la molécule de dibrome vaut :

$$D_{Br-Br} = 3,72 \cdot 10^{-19} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,24 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

On mesure donc la solidité d'une molécule en mesurant l'énergie nécessaire à la casser, c'est à dire l'énergie nécessaire pour séparer les différents atomes constituant la molécule.

On définit ainsi l'énergie de liaison :

Pour une molécule AB, l'énergie de la liaison covalente $A - B$, notée D_{AB} , est égale à l'énergie qu'il faut fournir à une mole de molécules AB prises à l'état gazeux pour les dissocier en atomes gazeux selon la réaction d'équation :



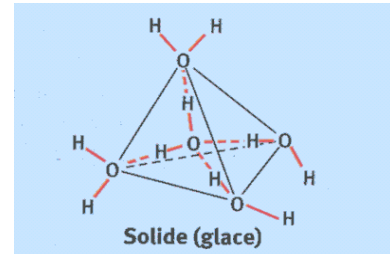
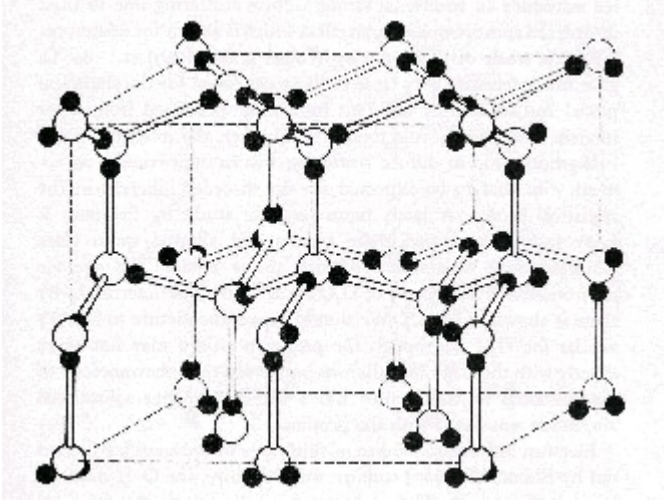
Son unité est le joule par mole ($J \cdot \text{mol}^{-1}$) mais on l'exprime généralement en kilojoule par mole ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$).

2) Quelles sont les caractéristiques des différents états de la matière ?

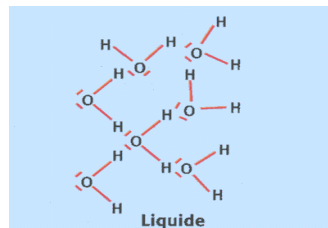
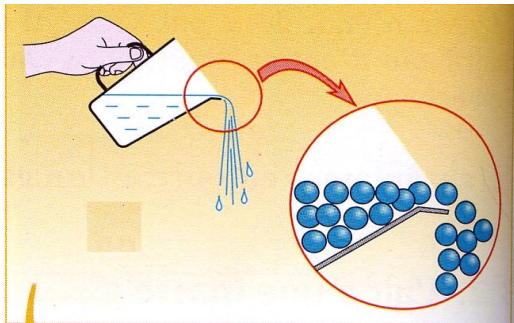
La matière existe sous trois états physiques : **solide, liquide et gazeux**.

Ces états existent à l'aide de forces attractives entre les molécules que l'on appelle **liaisons intermoléculaires**.

- L'état solide est un état compact et ordonné. Le solide a une forme propre (structure en réseau cristallin). La distance entre deux molécules voisines est de l'ordre de grandeur de la taille d'une molécule.



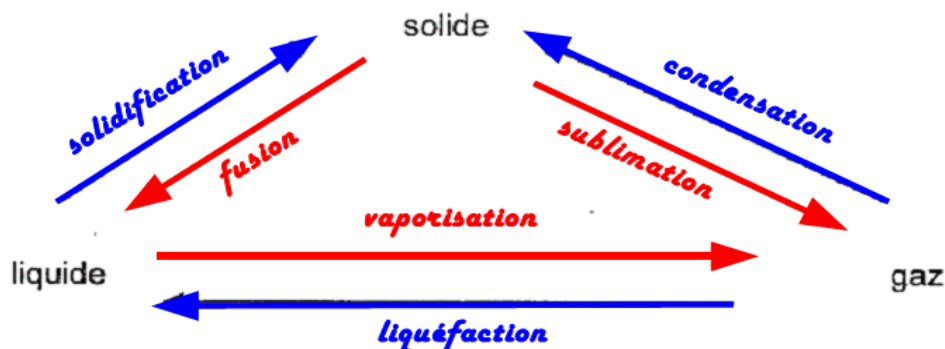
- L'état liquide est un état compact, désordonné et fluide (les molécules peuvent glisser les unes sur les autres). Le liquide prend la forme du récipient qui le contient. La distance entre deux molécules voisines est de l'ordre de grandeur de la taille d'une molécule.



- L'état gazeux est un état très désordonné et les molécules sont très dispersées. Cet état a la particularité d'être expansible et compressible. La distance moyenne entre deux molécules voisines est de l'ordre d'une dizaine de fois la taille d'une molécule. Les molécules constituant le gaz sont sans interaction les unes avec les autres.

3) Que se passe-t-il lors d'un changement d'état ?

Si on augmente la température d'un corps, l'agitation moléculaire a pour effet de rompre les liaisons intermoléculaires. Ainsi on passe de l'état solide à l'état liquide puis à l'état gazeux.



On définit l'énergie de cohésion intermoléculaire d'un assemblage de molécule, comme étant l'énergie qu'il faut fournir à cet assemblage pour disperser les molécules de telle sorte qu'elles n'aient plus d'interaction les unes avec les autres.

Cette absence d'interaction est pratiquement réalisée à l'état gazeux, on peut donc considérer que :

- L'énergie de cohésion intermoléculaire d'un cristal moléculaire est égale à l'énergie nécessaire pour sublimer ce cristal.
- L'énergie de cohésion intermoléculaire d'un liquide moléculaire est égale à l'énergie nécessaire pour vaporiser ce liquide.

3) Ordre de grandeur :

Les énergies molaires de cohésion intermoléculaire des solides ou des liquides moléculaires sont environ dix fois plus faibles que les énergies de liaisons covalentes : les liaisons intermoléculaires sont beaucoup moins fortes que les liaisons covalentes.

Cette différence d'ordre de grandeur permet de distinguer clairement *les transformations chimiques*, qui s'accompagnent de la rupture ou de la formation de certaines liaisons covalentes et *les transformations physiques* (ou changement d'état) qui correspondent à la rupture de liaisons intermoléculaires, dont l'énergie est beaucoup plus faible.

II) Les transformations de la matière : aspects énergétiques et effets thermiques associés :

1) Quels sont les effets thermiques d'une transformation chimique ?

La transformation chimique d'un système s'accompagne toujours d'une variation d'énergie chimique du système.

On appelle ainsi énergie de réaction, la variation d'énergie chimique ΔE_{chim} qui accompagne la transformation chimique d'un système, siège d'une réaction chimique.

On distingue alors trois types de réactions chimiques :

- Les réactions exothermiques pour lesquelles l'énergie de réaction est négative. Ce sont donc des réactions chimiques qui fournissent de l'énergie au milieu extérieur (sous forme de chaleur). Exemple : les réactions acide-base
- Les réactions endothermiques pour lesquelles l'énergie de réaction est positive. Ce sont donc des réactions chimiques qui prennent de l'énergie au milieu extérieur. Exemple : dissolution d'un sel ionique.
- Les réactions athermiques pour lesquelles l'énergie de réaction est nulle.

2) Énergie molaire de réaction :

L'énergie chimique mise en jeu au cours de la transformation chimique d'un système, siège d'une réaction chimique, est proportionnelle à l'avancement de cette réaction.

On peut alors définir l'énergie molaire de réaction :

L'énergie molaire d'une réaction chimique E_R est l'énergie chimique mise en jeu quand l'avancement x de cette réaction augmente d'une mole.

L'énergie molaire de réaction E_R est une grandeur algébrique, qui s'exprime généralement en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

L'énergie molaire E_R d'une réaction chimique, où réactifs et produits sont tous à l'état gazeux, se détermine en faisant le bilan énergétique des liaisons rompues et des liaisons formées au cours de la réaction :

$$E_R = \text{somme des énergies des liaisons rompues} - \text{somme des énergies des liaisons formées.}$$

3) Comment varie l'énergie d'un système lors d'un changement d'état ?

L'expérience montre que la fusion et la vaporisation sont endothermiques alors que la solidification et la liquéfaction sont exothermiques.

En effet, il faut fournir de l'énergie pour faire fondre de la glace ou vaporiser de l'eau. Au contraire de la solidification ou de la liquéfaction qui fournissent de l'énergie au milieu extérieur.

Le passage d'un état ordonné de la matière vers un état moins ordonné est un phénomène **endothermique**. Le passage contraire est lui exothermique.

On définit alors l'énergie molaire de changement d'état :

L'énergie molaire de changement d'état d'une espèce chimique est l'énergie mise en jeu quand une mole de cette espèce change d'état. Elle s'exprime généralement en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Les énergies molaires de changement d'état sont telles que :

$$\begin{array}{lcl} E_{\text{fusion}} > 0 & \text{et} & E_{\text{solidification}} = - E_{\text{fusion}} \\ E_{\text{sublimation}} > 0 & \text{et} & E_{\text{condensation}} = - E_{\text{sublimation}} \\ E_{\text{vaporisation}} > 0 & \text{et} & E_{\text{liquéfaction}} = - E_{\text{vaporisation}} \end{array}$$

Ordre de grandeur :

Au cours des changements d'état, seules les liaisons intermoléculaires sont modifiées. Les énergies de ces liaisons sont environ dix fois inférieures aux énergies des liaisons covalentes.

En valeur absolue, les énergies molaires de changement d'état (transformation physique) sont très inférieures aux énergies molaires de combustion (transformation chimique).

III) Quelles sont les applications à la vie quotidienne ?

1) Les transferts thermiques :

Le transfert, au milieu extérieur, de l'énergie libérée par les combustions peut permettre d'élever la température de ce milieu, de déclencher ou d'accélérer des réactions chimiques ou de provoquer des changements d'état.

Les changements d'état s'accompagnent d'effets thermiques moins puissants : ils sont utilisés pour la réfrigération, la climatisation et le chauffage « basse température » par pompe à chaleur.

2) Transformation en énergie mécanique :

Pour transformer l'énergie de combustion en énergie mécanique, deux dispositifs sont utilisés :

➤ **Les machines à vapeur ou à combustion externe :**

L'énergie, libérée par la combustion se déroulant dans un foyer, est en partie transférée à de l'eau liquide, sous pression, qui s'échauffe et se vaporise. La vapeur obtenue est alors détendue, dans un cylindre ou une turbine, en fournissant du travail mécanique.

➤ **Les moteurs à combustion interne :**

Un mélange d'air et de carburant est injecté dans un cylindre. La combustion est déclenchée par une étincelle ou par compression. Une partie de l'énergie libérée par la combustion est ainsi directement absorbée par les gaz de combustion. Ces gaz, chauds et sous pression, se détendent alors en fournissant du travail mécanique au milieu extérieur.

3) Effets liés aux réactions de combustion :

➤ **Effet chimique : la pollution**

La nature des polluants dépend de la nature du combustible utilisé et des conditions dans lesquelles s'opère la combustion : l'abandon progressif du charbon et la limitation de la teneur en éléments soufre dans les fiouls ont permis de réduire le taux de dioxyde de soufre (SO_2). Les pots catalytiques transforment le dioxyde d'azote NO_2 , le monoxyde de carbone CO , et les hydrocarbures imbrulés en diazote N_2 , dioxyde de carbone CO_2 et en eau H_2O .

➤ **Effet thermique : augmentation de l'effet de serre :**

L'effet de serre atmosphérique est un phénomène naturel qui permet à la Terre de conserver, dans les basses couches de l'atmosphère, une part de l'énergie solaire reçue : sans lui, la température moyenne à la surface de la Terre serait de -18°C au lieu de $+15^\circ\text{C}$.

Cet effet est dû aux gaz atmosphériques, CO_2 et H_2O principalement, susceptibles d'absorber le rayonnement infrarouge.

L'augmentation du taux de CO_2 , due aux réactions de combustion, et de celui du méthane CH_4 , ainsi qu'à l'apparition d'autres gaz à effet de serre comme les CFC (chlorofluorocarbures) contribuent à une augmentation de l'effet de serre et conduisent à une élévation de température de l'atmosphère qui pourrait bouleverser le climat.