

Chapitre 2 - Matière

En lien avec la partie suivante du programme du cycle 3 :

« **La matière**

L'eau : une ressource

- états et changements d'état ;
- le trajet de l'eau dans la nature ;
- le maintien de sa qualité pour ses utilisations.

L'air et les pollutions de l'air.

Mélanges et solutions.

Les déchets : réduire, réutiliser, recycler. »

I. Les états de la matière

Tout « **corps matériel** » (ou « objet matériel ») est caractérisé par une certaine **masse** (qui donne une mesure de la quantité de matière dont il est constitué) et occupe une certaine **portion de l'espace**.

On distingue communément deux niveaux auxquels un corps matériel peut être considéré et décrit :

- au **niveau macroscopique** : ce niveau renvoie à l'échelle des objets que l'on peut percevoir par nos sens ;
- au **niveau microscopique** : ce niveau renvoie, non pas strictement à l'échelle du micromètre, mais à l'échelle des objets que l'on ne peut pas percevoir par nos sens (les molécules, les atomes, etc., voir §I.2).

1. Au niveau macroscopique

En fonction de sa température et de sa pression, **un corps matériel se trouve dans l'état solide, liquide ou gazeux.**

Remarque : il existe d'autres états, que nous ne considérerons pas dans la suite, dans lequel un corps matériel peut se trouver (ex : l'état plasma).

Exemple : En fonction de sa température et de sa pression, un corps matériel constitué d'eau se trouve à l'état solide (glace, neige, givre...), liquide (eau liquide) ou gazeux (vapeur d'eau). La glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau ne

sont pas trois corps matériels différents (trois substances différentes), mais bien un même corps matériel dans trois états possibles.

Les états de la matière ont des propriétés caractéristiques qui les distinguent :

Distinction des trois états en termes de forme :

- A l'**état solide**, un corps matériel possède une **forme propre**. S'il n'est pas soumis à une action extérieure importante, il garde cette forme.
- Lorsqu'il se trouve à l'**état liquide**, en revanche, ce corps matériel ne possède **pas de forme propre**. Il prend la forme du récipient dans lequel il est contenu. Sa **surface libre** (surface du liquide en contact avec l'air ambiant, s'il y en a une) tend spontanément à être **plane et horizontale**.
- Lorsqu'il se trouve à l'**état gazeux**, ce corps matériel ne possède **pas** non plus **de forme propre**. Il occupe tout l'espace qui lui est accessible.

Distinction des trois états en termes de compressibilité :

- A l'**état solide** et à l'**état liquide**, un corps matériel est quasiment **incompressible** : lorsqu'il est soumis à une action extérieure importante, il peut changer de forme, mais **son volume reste constant**.
- Lorsqu'il se trouve à l'**état gazeux**, ce corps matériel est **compressible** (et donc également, expansible) : son volume peut être modifié.

Un corps matériel en grains (ex : sable ou farine) se trouve à l'état solide, bien qu'il possède certaines propriétés caractéristiques de l'état liquide (il peut couler et prendre la forme du récipient dans lequel il est versé).

En outre, un corps matériel est appelé un « fluide » lorsqu'il se trouve soit à l'état liquide soit à l'état gazeux.

2. Au niveau microscopique

Tout corps matériel est constitué de particules de matière extrêmement petites (de l'ordre de 10^{-10} m) appelées « **atomes** ».

Indiquons que l'hypothèse atomiste était encore très controversée au cours du XIX^e siècle. Elle ne s'est imposée qu'au début du XX^e siècle, à la suite d'expériences variées et difficiles à interpréter sans cette hypothèse.

Contrairement à ce que suggère l'étymologie du mot « atome » (du grec *atomos*, qui n'est pas divisible), les **atomes** ne sont pas les particules les plus fondamentales. Ils sont eux-mêmes **constitués de particules plus petites** : les **protons** et **neutrons** qui forment le « noyau » de l'atome et les **électrons** qui « gravitent » autour.

Remarque : la taille du noyau d'un atome est de l'ordre de 10^{-15} m, tandis que celle d'un atome dans son entier (comprenant les électrons) est de l'ordre de 10^{-10} m.

Les protons et les neutrons sont eux-mêmes constitués de particules plus petites : les quarks.

Signalons que la théorie physique actuellement admise qui décrit le comportement des atomes et de ses constituants est la mécanique quantique et que celle-ci fait voler en éclats nos représentations habituelles (ex : une particule matérielle ne suit pas une trajectoire bien définie).

On répertorie aujourd'hui plus d'une centaine de types d'atomes, lesquels se distinguent par le nombre de protons que contient le noyau (chaque type d'atomes étant le constituant d'un « élément chimique » différent).

Exemples : l'hydrogène (noté H), le carbone (noté C) ou l'oxygène (noté O) correspondent à différents types d'atomes (et donc à différents éléments chimiques), dont le noyau contient respectivement 1, 6 et 8 protons.

Les atomes (du même type ou de types différents) peuvent se lier entre eux pour former des **molécules**.

Exemples : la molécule de dioxygène (O_2) est composée de deux atomes d'oxygène (O); la molécule d'eau (H_2O) est constituée de deux atomes d'hydrogène (H) et d'un atome d'oxygène (O).

Description des états de la matière en termes de particules :

Les propriétés qui caractérisent les états de la matière peuvent s'expliquer par la manière dont les particules (atomes et/ou molécules) qui constituent un corps matériel sont réparties dans l'espace :

- Cas d'un corps matériel à l'**état solide** : les particules qui constituent ce corps sont disposées de manière **compacte** (l'espace entre les particules est réduit) et **rigide** (les particules ne se déplacent quasiment pas les unes par rapport aux autres en raison de leurs liaisons). Cette disposition explique respectivement le caractère incompressible et la forme propre du corps dans cet état. Dans le cas des cristaux (ex : diamant, sel ou neige), l'arrangement des atomes est en outre régulier (ou ordonné).

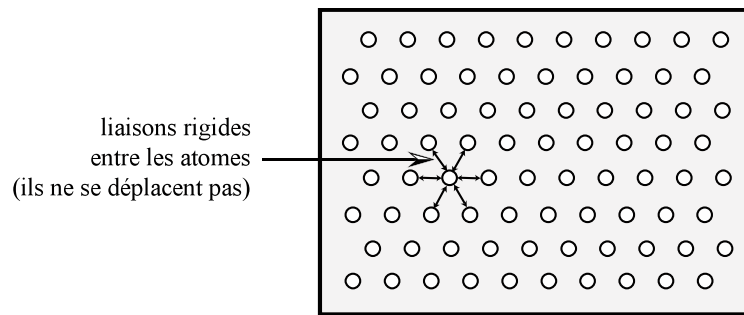


Figure 2.1 Disposition des particules à l'état solide
(cas particulier d'un cristal : les particules sont
arrangées de manière ordonnée)

- Cas d'un corps matériel à l'**état liquide** : les particules qui constituent ce corps sont disposées de manière **compacte** et **se déplacent les unes par rapport aux autres dans toutes les directions**. Cette disposition explique respectivement le caractère incompressible et l'absence de forme propre du corps dans cet état.

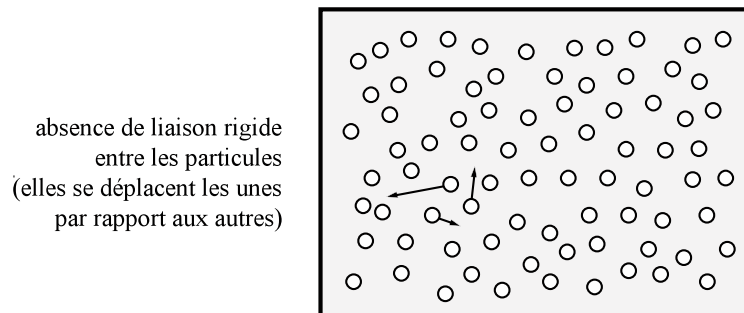


Figure 2.2 Disposition des particules à l'état liquide

- Cas d'un corps matériel à l'**état gazeux** : les particules qui constituent ce corps sont **dispersées** dans l'espace (la distance entre les particules est très grande) et **se déplacent dans toutes les directions** avec une grande vitesse. Cette disposition explique respectivement le caractère compressible et l'absence de forme propre du corps dans cet état.

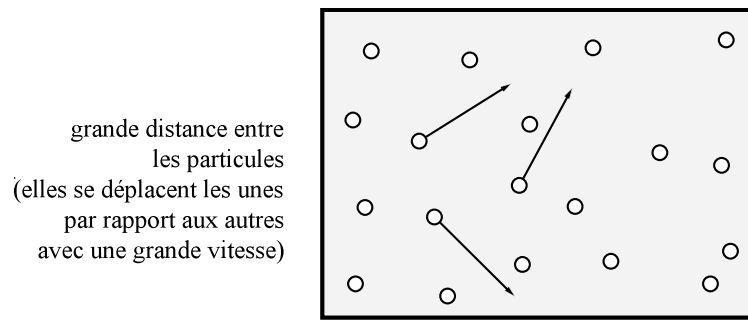


Figure 2.3 Disposition des particules à l'état gazeux

II. Les changements d'état

1. Les différents changements d'état

Dans certaines conditions (voir §II.2), un corps matériel peut passer d'un état à un autre. On parle de « **changement d'état** ».

Tout changement d'état est réversible (par exemple, un corps qui passe de l'état liquide à l'état solide peut retourner à l'état liquide).

En général, un corps matériel à l'état solide passe d'abord à l'état liquide avant de passer à l'état gazeux (et inversement) :

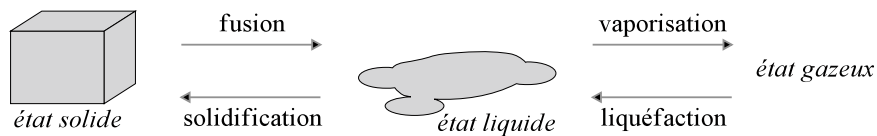


Figure 2.4 Les changements d'état I

Cependant, dans des conditions particulières (de température et de pression), il peut passer directement de l'état solide à l'état gazeux (et inversement) :

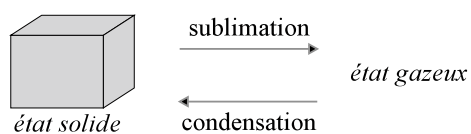


Figure 2.5 Les changements d'état II
(dans des conditions particulières de température et de pression)

Précisons que la vaporisation (passage de l'état liquide à l'état gazeux) peut s'opérer selon deux modes :

- selon le mode de l'**évaporation** : la vaporisation s'opère à toute température **au niveau de la surface** du liquide qui est en contact avec l'air ou tout autre gaz ;
- selon le mode de l'**ébullition** : la vaporisation s'opère à une température donnée, appelée « température d'ébullition », **au sein de tout le volume** du liquide (les bulles qui se forment étant constituées non pas d'air, mais du gaz issu de la vaporisation du liquide).

2. Conditions d'un changement d'état

Pour qu'un corps matériel subisse un changement d'état au sein de tout son volume, plusieurs conditions doivent être remplies :

- le corps matériel doit se trouver à une **certaine température** et à une **certaine pression** (cette température et cette pression de changement d'état étant fonction des constituants atomiques et/ou moléculaires du corps) ;
- selon le type de changement d'état, il doit **recevoir ou perdre de l'énergie** : la fusion, la vaporisation et la sublimation nécessitent un apport d'énergie, tandis que la liquéfaction, la solidification et la condensation nécessitent une perte d'énergie.

Pour atteindre la température et la pression de changement d'état, le corps matériel doit recevoir ou perdre de l'énergie. Une fois que cette température et cette pression sont atteintes, le corps doit continuer à recevoir ou perdre de l'énergie pour que le changement d'état s'opère.

Durant le changement d'état (par exemple : fusion), qui n'est pas instantané mais prend un certain temps, une partie du corps matériel se trouve dans l'état de départ (solide) et une autre dans l'état d'arrivée (liquide).

Dans le cas d'un **corps pur** (ex : eau pure, voir §III.1), **la température et la pression restent constantes durant le changement d'état**. S'agissant de la température, on emploie alors l'expression « **palier de température** ». Dans le cas d'un mélange (ex : eau salée, voir §III.1), la température et/ou la pression varient durant le changement d'état.

Il existe plusieurs modes selon lesquels un corps matériel peut recevoir ou perdre l'énergie nécessaire à son changement d'état (voir Chapitre 4, §III). Le mode le plus familier est celui du transfert thermique (ou chaleur).

Explication au niveau microscopique de la température et de la pression :

La température et la pression sont des grandeurs physiques qui ne peuvent être associées qu'à un corps matériel macroscopique (il n'y a pas de sens à parler de la température ou de la pression d'un atome par exemple). Néanmoins, une description au niveau microscopique permet d'apporter une explication à ces deux grandeurs :

La **température** d'un corps matériel donne une mesure de l'**agitation des atomes et/ou molécules** qui le constituent.

Cette agitation correspond à une énergie cinétique que possèdent les atomes et/ou molécules (voir Chapitre 4, §II.1).

Dans le Système International des unités (SI), la **température** a pour **unité** le Kelvin, noté K. Une unité alternative très usuelle est le **degré Celsius**, noté °C (relié au Kelvin par la relation : $T \text{ (en } ^\circ\text{C)} = T \text{ (en K)} - 273,15$).

La **pression** (p) d'un corps matériel mesure l'intensité (F) de la **force** exercée par ce corps **sur tout élément de surface** (d'aire A) situé au sein de ce corps ou à sa limite (on a par définition $p = F/A$). Cette force est perpendiculaire à l'élément de surface considéré et tend à le « pousser ».

Lorsque le corps matériel se trouve à l'état gazeux, la pression est expliquée au niveau microscopique de la manière suivante :

La **pression** que subit un élément de surface situé au sein d'un gaz résulte du grand nombre de **chocs des atomes et/ou molécules du gaz sur cette surface** (voir figure ci-dessous).

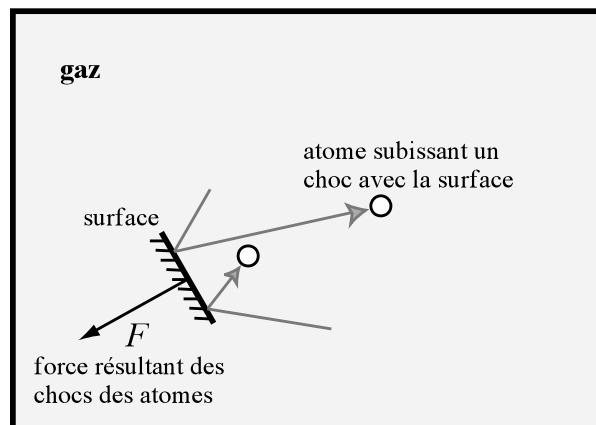


Figure 2.6 Représentation schématique des chocs des atomes sur un élément de surface dans un gaz

Dans le Système International des unités (SI), la **pression** a pour unité le **pascal**, noté **Pa**. Il existe d'autres unités usuelles : le bar (noté bar, tel que $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$), l'atmosphère (noté atm, tel que $1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$) ou encore le millimètre de mercure (noté mmHg, tel que $1 \text{ mmHg} = 133,3 \text{ Pa}$).

3. Ce qui change lors d'un changement d'état

Lors d'un changement d'état, le corps matériel perd les caractéristiques de son état de départ et acquiert celles de son état d'arrivée : **forme propre ou non** et **caractère compressible ou non**. Par ailleurs, **son volume varie** :

- Le passage de l'état solide ou liquide à l'état gazeux s'accompagne d'une augmentation considérable du volume du corps matériel (puisqu'à l'état gazeux il occupe tout l'espace qui lui est accessible).
- Le passage de l'état solide à l'état liquide s'accompagne généralement d'une augmentation légère du volume du corps matériel. Le cas de l'eau (voir §II.5) est exceptionnel à cet égard, puisque c'est l'inverse qui se produit.

Explication au niveau microscopique :

La fusion (passage de l'état solide à l'état liquide) s'explique au niveau microscopique comme suit. **L'énergie apportée** et nécessaire à ce changement d'état **est distribuée entre tous les atomes et/ou molécules** du corps matériel. En vertu de cet apport d'énergie, les atomes/molécules sont **libérés de leur liaison rigide avec les autres atomes/molécules** et se déplacent alors les uns par rapport aux autres. C'est pourquoi le corps n'a plus de forme propre, mais reste compact. En raison de l'arrangement des atomes/molécules du corps à l'état solide, l'espace qu'ils occupent est généralement (mais pas toujours) plus petit qu'à l'état liquide. Cela explique l'augmentation légère du volume du corps lors de sa fusion.

Il en va inversement pour la solidification.

La vaporisation (passage de l'état liquide à l'état gazeux) s'explique au niveau microscopique comme suit. **L'énergie apportée** et nécessaire à ce changement d'état **est distribuée entre tous les atomes et/ou molécules** du corps matériel. En vertu de cet apport d'énergie, les atomes/molécules sont **libérés de la partie liquide du corps** et se déplacent alors (en moyenne) avec une grande vitesse dans toutes les directions. C'est pourquoi le corps n'a plus de forme propre et occupe tout l'espace qui lui est disponible, ce qui est synonyme d'une augmentation importante du volume.

Il en va de façon similaire pour la sublimation et inversement pour la condensation et la liquéfaction.

4. Ce qui ne change pas lors d'un changement d'état

En revanche, la masse du corps matériel reste toujours constante :

Lors de tout changement d'état d'un corps matériel, il y a toujours **conservation de sa masse**.