

Isabelle Ricard

Premiers pas **AU CŒUR DE L'ATOME**



ellipses

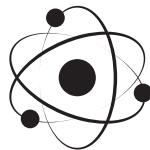
Partie 1



**LES ATOMES :
DE MINUSCULES BRIQUES
POUR CONSTRUIRE
NOTRE MONDE**

Chapitre 1

LES ORIGINES



Remontons un peu le temps et partons en Grèce, il y a près de trois mille ans. Des sages s'efforcent de comprendre notre monde. De quoi est-il composé ? Comment fonctionne-t-il ?



Pythagore

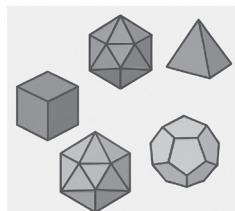
Pythagore est un philosophe et un mathématicien. Il vit au VI^e siècle avant Jésus-Christ. Comme les autres philosophes grecs, il réfléchit beaucoup au monde qui l'entoure et cherche à comprendre ce qui le constitue.

Pythagore est convaincu qu'il existe **quatre éléments** : **la terre, l'eau, l'air et le feu**. Il affirme même que, à chacun de ces éléments, on peut associer une forme géométrique : il représente la terre par un cube, le feu par un tétraèdre (quatre faces ayant chacune la forme d'un triangle équilatéral), l'air par à un octaèdre (huit faces triangulaires) et l'eau par un icosaèdre (20 faces triangulaires).

Grâce à l'association de ces diverses formes, Pythagore espère expliquer la formation de toute la matière du monde ! Il va même jusqu'à employer le terme de « **molécule*** » pour désigner des éléments infiniment petits. Ce mot même est encore employé aujourd'hui... même si, comme nous le verrons, il ne désigne pas la même chose qu'à l'époque des Grecs !

La théorie des quatre éléments a beaucoup de succès !

La théorie des quatre éléments est reprise dans le monde grec par **Empédocle** (490-435 av. J.-C.) puis par **Platon** (427-348 av. J.-C.).



Aristote (384-322 av. J.-C.) imagine même un cinquième élément. Aristote est, en effet, convaincu que le vide n'existe pas dans la nature et que tout ce qui semble vide est rempli de ce cinquième élément qu'il appelle « éther » et qu'il symbolise par un dodécaèdre.



POINT APPROFONDISSEMENT

Le mot « atome » apparaît

Le Grec **Leucippe** vit au v^e siècle av. J.-C.

Leucippe est convaincu que la matière peut être fragmentée, mais pas indéfiniment et que, dans ce processus de fragmentation, on finit par rencontrer des particules que l'on ne peut plus partager ou couper. Ces particules « indivisibles » et « insécables », il s'agit désormais de leur trouver un nom. En Grec, « couper » s'écrit *τέμνειν* et se lit « temnein ». C'est à partir de ce verbe que Leucippe construit le **mot « atome »**. Pour les Grecs, un atome, c'est donc une particule « qui ne se coupe pas ».

La notion d'atome vient de naître !

Les philosophes « atomistes »



POINT CULTURE

Les idées de Leucippe sont partagées en Grèce par **Démocrite** (460-370 av. J.-C.) et par **Épicure** (341-270 av. J.-C.), puis par la suite, elles se propagent dans le monde Romain, grâce à **Lucrèce** (98-55 av. J.-C.). Tous ces philosophes sont convaincus de l'existence de ces entités qu'ils ont baptisées « atomes ». On les appelle les **philosophes atomistes**.

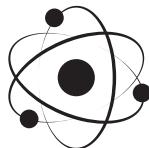
L'atome tel que l'imaginait Leucippe a peu de points communs avec l'atome que nous connaissons aujourd'hui et que nous présenterons dans la suite du livre. Les scientifiques du XVII^e siècle choisiront, malgré tout, le mot d'« atome » pour désigner les constituants de la matière. C'est pour cette raison que l'on considère que c'est dans l'Antiquité que la notion d'atome est née.

 **LE SAVIEZ-VOUS ?**

En Orient, le système de philosophie indienne Vaisheshika (qui est l'un des six systèmes de la philosophie hindoue) affirmait que toutes les substances matérielles se réduisaient à un certain nombre d'atomes. Or, ces atomes étaient des atomes de feu, de terre, d'air et d'eau ! Il est surprenant de voir, dans cette philosophie créée à des milliers de kilomètres de la Grèce, la notion d'atome coexister avec la théorie des quatre éléments.

Chapitre 2

L'AVIS DES CHIMISTES



Ce sont les chimistes qui, au XVIII^e siècle, ont reparlé d'atome...

Qu'est-ce que la chimie ?

Quand on entend le mot « chimie », on imagine, le plus souvent, un scientifique vêtu d'une blouse blanche qui, dans son laboratoire, réalisera des expériences plus ou moins spectaculaires. Pourtant, il n'est pas nécessaire de disposer d'éprouvettes ou de fioles pour observer des réactions chimiques. La vie quotidienne regorge d'exemples : il suffit de savoir regarder autour de soi.

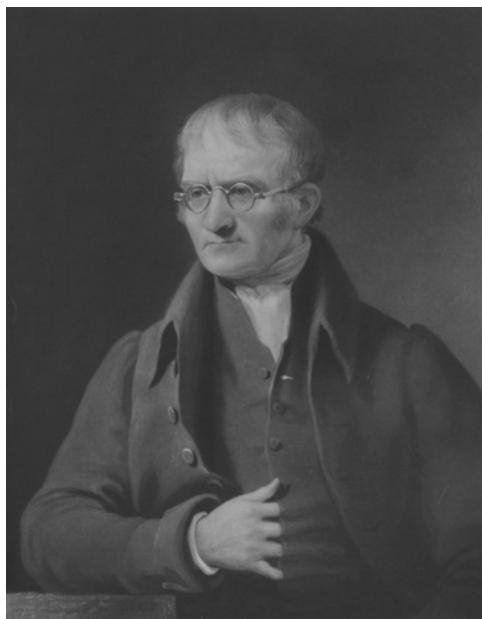
La chimie au quotidien

Si l'on oublie, sur une table, un quartier de pomme pendant quelques heures, celui-ci se met à brunir : il se produit à sa surface une réaction chimique appelée oxydation. De même, si l'on abandonne un clou en fer dans un verre d'eau, on constate que celui-ci se recouvre de rouille. Cette rouille provient de la transformation chimique du fer qui s'est oxydé.

Citons un autre exemple : lorsqu'un vigneron transforme, dans ses caves, le jus des raisins de sa vigne pour en faire du vin, il attend que se produise une réaction chimique au cours de laquelle le sucre du jus de raisin deviendra de l'alcool. Et si, par la suite, le vin venait à se transformer en vinaigre, alors l'alcool présent dans le vin deviendrait un acide...

« Rien ne se perd, rien ne se crée tout se transforme... »

Ces mots auraient été prononcés au XVIII^e siècle par un chimiste français nommé Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). Quelques années après la mort de Lavoisier, un autre chimiste, le Britannique John Dalton (1766-1864) affirme que tout corps chimique est constitué de petites particules individuelles appelées **atomes**, qui ne peuvent ni être créées, ni être détruites, mais qui s'associent pour former des **molécules***.



Ainsi peut-on comparer la chimie à un jeu de construction : au cours d'une réaction chimique, des édifices (les **molécules*** sont détruits, et les pièces du jeu (ici les **atomes**) sont toutes réutilisées pour bâtir d'autres édifices (c'est-à-dire d'autres molécules).

POINT CIBLE

Au cours d'une réaction chimique, aucun atome* ne se perd, aucun atome ne se crée, mais les molécules* se transforment...

Dans l'exemple que nous venons d'évoquer, lorsque le vin se transforme en vinaigre, l'alcool disparaît, mais les atomes qui constituent la molécule d'alcool n'ont pas été détruits : ils se sont simplement réorganisés, ils ont été réagencés au sein de molécules différentes. Les atomes de Carbone, d'Oxygène et d'Hydrogène sont, en effet, les constituants de l'éthanol (l'alcool qui est présent dans le vin), mais aussi du fructose (le sucre qui se trouve dans le raisin) ou de l'acide éthanoïque (l'acide que l'on rencontre dans le vinaigre). Ce sont donc exactement les mêmes « pièces », c'est-à-dire les mêmes atomes, qui constituent le sucre du jus de raisin, l'alcool du vin et l'acide du vinaigre.

<p>Une molécule d'éthanol (présente dans du vin) est constituée de deux atomes de Carbone (dont le symbole chimique* est la lettre C), six atomes d'Hydrogène (H) et un atome d'Oxygène (O).</p> <p>Sa formule est $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.</p>	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H} - \text{C} & - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$ <p>Représentation d'une molécule d'éthanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$</p>
<p>Une molécule de fructose (présente dans du jus de raisin) est formée de six atomes de Carbone, douze atomes d'Hydrogène et six atomes d'Oxygène.</p> <p>Sa formule est $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} & & \text{CH}_2\text{OH} \\ & \diagdown & \diagup \\ & \text{O} & \\ & \diagup & \diagdown \\ \text{C} & & \text{C} \\ & & \\ \text{H} & & \text{OH} \\ & & \\ \text{C} & - & \text{C} \\ & & \\ \text{OH} & & \text{H} \end{array}$ <p>Représentation d'une molécule de fructose</p>
<p>Une molécule d'acide éthanoïque (présente dans du vinaigre) est formée de deux atomes de Carbone, quatre atomes d'Hydrogène et deux atomes d'Oxygène.</p> <p>Sa formule est $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.</p>	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{O} \\ & \diagdown & \diagup \\ \text{H} - \text{C} & - & \text{C} \\ & \diagup & \diagdown \\ & \text{H} & \text{OH} \end{array}$ <p>Représentation d'une molécule d'acide éthanoïque CH_3COOH</p>

 POINT CULTURE

Le peintre Jacques-Louis David a représenté, en 1788, Antoine-Laurent Lavoisier aux côtés de son épouse Marie-Anne Paulze-Lavoisier. Celle-ci fut la collaboratrice du célèbre chimiste et traduisit, pour lui, de nombreux articles de scientifiques britanniques. Elle a aussi réalisé des illustrations contribuant à diffuser les travaux de son époux. Elle fait partie de ces femmes qui furent des pionnières de la science (à une époque où ces dernières étaient particulièrement invisibilisées).

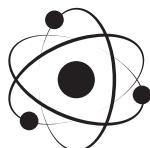


Une molécule d'eau est composée de deux atomes d'Hydrogène (le symbole* de l'Hydrogène est H) et d'un atome d'Oxygène (de symbole* O). On la note H_2O .

Dans une bouteille d'eau on compte trente millions de milliards de milliards de molécules d'eau !

Chapitre 3

CES UNITÉS DE LONGUEUR QUI MESURENT L'ATOMÉ



Nanomètre, picomètre*, femtomètre*... des unités de longueur à l'échelle des atomes.*

Imaginons que nous puissions rassembler, en file indienne, huit milliards d'atomes.

Huit milliards, c'est le nombre d'hommes et de femmes qui vivent actuellement sur notre Terre. Or, si nous alignions, côte à côte, tous ces individus qui peuplent notre planète, nous obtiendrions une chaîne humaine vingt fois plus longue que la distance qui sépare la Terre de la Lune !

Et si nous mesurions la longueur occupée par huit milliards d'atomes ? Dans ce cas, nous trouverions un résultat d'un tout autre de grandeur : quatre mètres, tout au plus, suivant les atomes utilisés...

Autant dire que le mètre, ou même le millimètre, est une unité bien peu pratique quand il s'agit de mesurer les dimensions d'un seul atome !

Quelle unité de longueur adopter pour décrire un atome ?

Un **millimètre (mm)**, c'est un millième de mètre. Autrement dit, un mètre contient mille millimètres. C'est le **préfixe** « milli », accolé au nom « mètre », qui nous fournit ce renseignement. Sur le même modèle, les scientifiques ont ensuite construit d'autres préfixes pour créer les unités du monde microscopique et de l'infiniment petit...

Ainsi le **micromètre (μm)**, que l'on appelle parfois **micron** contient le préfixe « micro ». « Micro », comme microscopique, bien sûr... mais surtout parce que, à l'origine, le mot grec « *micros* » ($\mu\text{ικρός}$) signifiait petit !

Un micromètre, c'est un millième de millimètre : il y a donc mille micromètres à l'intérieur d'un millimètre, et un million de micromètres à l'intérieur d'un mètre. Les bactéries mesurent quelques micromètres. Un microscope est nécessaire pour pouvoir les observer : elles sont microscopiques, c'est-à-dire invisibles à l'œil nu.

L'échelle du micromètre est encore trop grosse pour décrire un atome. En effet, l'atome est dix mille fois plus petit qu'une bactérie ou qu'une cellule : il est impossible de l'observer avec un microscope optique classique !

Les atomes, cela fait moins de cinquante ans que l'on est capable de les observer. C'est, en effet, l'invention du microscope à effet tunnel, qui, en 1982, a rendu possible la visualisation des structures de dimensions nanométriques.

« *Nano* », un nouveau préfixe, créé, lui aussi, à partir d'une racine grecque.

En grec, « *nano* » ($\nu\text{ανος}$), signifie « nain », et le **nanomètre (nm)**, qui est mille fois plus petit que le micromètre, représente la taille des groupements d'atomes que l'on utilise dans les nanotechnologies.

Le nanomètre serait-il l'unité de longueur des atomes ?

Pas tout à fait...

Il se trouve que les atomes, même les plus gros, mesurent moins d'un nanomètre. On a donc créé une unité mille fois plus petite que le nanomètre : il s'agit du « **picomètre** » (**pm**). Le terme de picomètre vient de l'italien « *piccolo* » qui signifie petit. Ainsi peut-on dire qu'un atome d'or a pour dimension 0,144 nanomètres ou 144 picomètres. Les deux écritures sont équivalentes.

Enfin, pour décrire l'intérieur de l'atome, on utilisera le **femtomètre***

 **LE SAVIEZ-VOUS ?**

Un **femtomètre** c'est 10^{-15} m, c'est-à-dire 0,ooooooooooooooo1 mètre (un millième de millième de milliardième de mètre). En langue danoise « *Femten* » signifie 15.

Pourquoi un préfixe d'origine danoise ? Parce que l'école de Copenhague (où a été créée la physique quantique) a été pionnière dans l'étude des atomes... et que Copenhague est la capitale du Danemark.

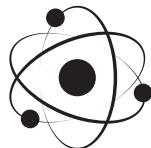
Le femtomètre, c'est l'unité de mesure du noyau atomique*. Or, en physique atomique, les physiciens ont aussi utilisé le **fermi**, unité créée en référence au physicien Enrico Fermi et qui vaut précisément 10^{-15} m. Le fermi se note d'ailleurs également fm !

1 fermi = 1 femtomètre et la notation est la même... ce qui est bien pratique !

Unité		Dans un mètre il y a...	... pour mesurer des
millimètre	mm	1 000 mm	Fourmis
micromètre	µm	1 000 000 (un million) de µm	Bactéries
nanomètre	nm	1 000 000 000 (un milliard) de nm	Atomes et molécules
picomètre	pm	1 000 000 000 000 (mille milliards) de pm	Atomes
femtomètre	fm	1 000 000 000 000 000 (un million de milliards) de fm	Noyau atomique*

Chapitre 4

LES CHARGES DANS L'ATOME



Un atome contient deux types de particules électriquement chargées : les électrons et les protons. Lorsqu'un atome perd ou gagne des électrons, il se transforme en ion.

Encore les Grecs !

Dans l'Antiquité, les Grecs remarquent que, lorsqu'ils frottent un morceau d'ambre avec de la laine, celui se charge électriquement et devient capable d'attirer des bouts de ficelle. On peut refaire l'expérience en utilisant un bâton de verre : cela marche aussi !

POINT CULTURE

En grec, « ambre » s'écrit *ελεκτρό* et se lit « *électro* ». C'est donc à partir d'un mot grec qu'a été construit le mot « *électricité* » !