

Annexe — Petite histoire des atomes et molécules

1 De l'élément à l'atome

1.1 La question originelle

Les premiers philosophes grecs, dits *présocratiques*, recherchaient une explication non théologique du monde. Ils se sont demandé si la diversité des substances qui nous entourent pouvaient se ramener à des corps plus simples : des éléments qui en seraient les constituants. Thalès décrit un monde où l'eau est la substance primordiale, Héraclite fait du feu le principe de toute chose.

Mais assez vite se pose la question du changement : si tout est fait d'une seule matière immuable, comment expliquer les transformations chimiques ? Plusieurs solutions ont été proposées à ce problème, dont les deux principales sont les suivantes :

- **Point de vue continuiste** : Théorie des 4 éléments (Empédocle) : eau, feu, terre, air, unis par l'amour et séparés par la haine. Les éléments sont constitués d'une matière divisible à l'infini et se pénètrent les un les autres (comme si on mélangeait des liquides miscibles).
- **Point de vue discontinuiste** : Atomes (Démocrite) : les substances sont faites de briques insécables (*a-tomos*, que l'on ne peut pas diviser). L'association des atomes se fait par juxtaposition, contrairement aux éléments.

Les deux théories s'opposent donc fondamentalement, et pendant très longtemps, la question ne sera pas tranchée. Cependant, c'est la première qui va s'imposer sous l'influence d'Aristote qui la reprendra à son compte après Empédocle. Et jusqu'au 17^e siècle, l'atomisme a mauvaise réputation car il est associé à une forme d'athéisme. Il a même été interdit au Moyen-Age sous peine de mort. C'est donc la théorie des 4 éléments qui prend le dessus pendant 2 millénaires. Mais il faut surtout noter que **la pratique de la chimie n'a pas besoin de ces théories pour évoluer**, elle doit encore se développer techniquement.

1.2 La Révolution scientifique et l'émergence de la "chymie" comme science

Mais au 17^e siècle l'atmosphère devient plus propice au questionnement, à l'idée même de progrès : on assiste à de grands changements intellectuels et culturels, ce que l'on nomme **la naissance de la science moderne**. Rompant avec le dogmatisme aristotélicien, des penseurs comme Bacon, Galilée, Descartes ou Newton introduisent de nouveaux modes d'accès au savoir fondés sur **l'observation, l'expérience, le raisonnement inductif et la mathématisation des phénomènes**. Le savoir cesse d'être la simple répétition des autorités anciennes ; il devient une construction collective, perfectible, fondée sur le débat critique et la vérification

expérimentale. L'imprimerie joue ici un rôle fondamental en diffusant largement ces idées nouvelles, qui remettent en cause les fondements mêmes de la philosophie naturelle héritée de l'Antiquité.

Francis Bacon propose en 1620 dans le *Novum Organum* une nouvelle méthode scientifique reposant sur l'induction, c'est-à-dire la généralisation à partir de faits observés et contrôlés expérimentalement. Ce renversement par rapport à la méthode déductive ancienne annonce une transformation profonde du statut de la vérité : celle-ci n'est plus révélée ni dogmatiquement énoncée, mais construite à partir de l'expérience. Galilée, quant à lui, donne corps à cette nouvelle démarche en créant des dispositifs expérimentaux capables de faire taire la contradiction. Il introduit la mathématisation de la nature et substitue aux questions « pourquoi ? » métaphysiques, les questions « comment ? » opératoires, fondatrices de la physique moderne. La science devient ainsi une conquête rationnelle de l'objectivité, en quête de lois exprimées mathématiquement.

Descartes radicalise ce mouvement en posant la nécessité d'un doute méthodique et en définissant le monde matériel comme un mécanisme régi par des figures et des mouvements. Newton parachève cette révolution en formulant, dans les *Principia* (1687) puis dans les *Opticks* (1704), une vision unifiée de la nature fondée sur des lois mathématiques universelles. Il inscrit la science dans un programme déterministe, libéré de toute référence au surnaturel ou au finalisme. Loin d'être un simple progrès technique, cette révolution constitue un bouleversement épistémologique majeur : la science devient autonome, émancipée de la religion et de l'autorité des anciens, et se construit par la confrontation critique, l'expérimentation, et la formalisation mathématique des phénomènes.

Mais quid de la chimie ? Contrairement à ce qui est souvent dit, elle est loin d'être étrangère à cette révolution ! Elle aussi commence à être reconnue comme science, et elle montre sa grande efficacité dans différents domaines comme la métallurgie et surtout la médecine. On commence alors à douter de la théorie des 4 éléments comme guide fiable pour le travail de laboratoire. Robert Boyle (1627-1691), dont l'influence sur Newton a été très importante, veut mettre la chimie au centre de la science. Il affirme la nécessité d'une méthode expérimentale rigoureuse, et critique sévèrement la théorie des 4 éléments pour lui substituer une définition plus opérationnelle, très proche de celle de Lavoisier : l'élément n'est qu'une hypothèse provisoire, ce que l'on ne peut décomposer par des moyens chimiques. Il associe également cette définition à une vision corpusculaire de la matière : toutes les substances sont composées de petits corpuscules indivisibles, **tous identiques**, dont les **agencements différents** font la diversité des matières.

1.3 La théorie moderne de l'élément

A la fin du 18^e siècle, Antoine Laurent de Lavoisier parvient à réaliser la décomposition de l'eau et à montrer que l'air est également un corps composé. Cela finit de détruire la théorie des 4 éléments et amène en même temps Lavoisier à en introduire de nouveaux qu'il baptise oxygène (générateur d'acidité), hydrogène (générateur d'eau) et azote (qui ne permet pas la vie : a-zote). En 1789 il propose une définition très concrète de l'élément : il s'agit du dernier terme de l'analyse, c'est-à-dire les substances que (pour l'instant) nous ne pouvons pas décomposer en substances plus simples :

« Si par le nom d'élément, nous entendons désigner les molécules simples et indivisibles qui composent les corps, il est probable que nous ne les connaissons pas ; que si, au contraire, nous attachons au nom d'élément ou de principe des corps l'idée du dernier terme auquel parvient l'analyse, toutes les substances que nous n'avons pu décomposer par aucun moyen sont pour nous les éléments nous ne devons les supposer composés qu'au moment où l'expérience et l'observation nous en auraient fourni la preuve. »

Dans le même temps il dresse une liste de 33 éléments, qui sera rapidement complétée avec la découverte de nouveaux éléments au 19^e siècle.

1.4 Fin 19^e : le retour de l'atome ! (John Dalton)

Vers 1805, un physicien britannique, John Dalton (1766-1844) propose la théorie moderne de l'atome : à chaque élément on peut associer une particule différente, de masse différente selon l'élément, l'atome. C'est ce qu'on nomme l'**atomisme moderne**, qui va mettre beaucoup de temps avant d'avoir les moyens d'avoir raison ...

John Dalton n'est pas chimiste. Il est avant tout un **enseignant**, un **observateur passionné de la nature** — et un météorologue acharné. Pendant des décennies, il relève quotidiennement la température, la pression, l'humidité : plus de 200 000 mesures au total ! Son problème de départ est de comprendre les propriétés de l'air. L'atmosphère n'est pas un gaz homogène, mais un mélange. Or, si les gaz sont mélangés, pourquoi chacun exerce-t-il une pression indépendante ? C'est ce que Dalton formulera plus tard comme la *loi des pressions partielles*.

Dalton pressent que le comportement des gaz ne peut s'expliquer que si l'on suppose qu'ils sont composés de **petites particules invisibles**, spécifiques à chaque gaz. Ces entités hypothétiques — qu'il nomme **atomes** — interagissent différemment selon leur nature. C'est une idée audacieuse pour l'époque : imaginer des entités que l'on ne peut ni voir, ni isoler, mais dont les effets se mesurent.

Au fil de ses réflexions, Dalton se heurte à un autre mystère : **les proportions dans lesquelles les corps se combinent**. Pourquoi 1 g d'hydrogène réagit-il avec exactement 8 g d'oxygène pour former de l'eau ? Et pourquoi observe-t-on, dans certains cas, des proportions multiples et simples ? Il en déduit une règle : les combinaisons chimiques obéissent à des lois précises parce qu'elles se produisent **entre des atomes entiers**, selon des rapports simples. Ainsi naît une hypothèse : chaque élément est constitué d'atomes, tous identiques entre eux, mais différents de ceux des autres éléments. Et chaque atome possède une **masse propre**. Dalton établit alors une **table des masses atomiques relatives**, en prenant l'hydrogène comme unité. Il postule, par souci de simplicité, que les composés sont formés par la combinaison du **plus petit nombre possible** d'atomes (par exemple, un atome d'hydrogène avec un atome d'oxygène pour former de l'eau, soit HO au lieu de H₂O — ce qui s'avérera inexact).

Berzelius

2 De l'atome aux molécules

Problème des formules chimiques et poids atomiques Avogadro, EVEN Idée de molécule

Valence, Cooper

3 20e siècle, l'électron et la physique quantique

Thomson Modèles de l'atome Lewis

Résumé des épisodes précédents. Au tournant du XX^e siècle, la chimie est en pleine révolution : on découvre l'électron (Thomson, 1897), on propose des modèles atomiques (Rutherford, Bohr), on entrevoit l'édifice encore flou de la mécanique quantique. La constitution de l'atome devient peu à peu intelligible.

Mais une question reste suspendue, non résolue, oubliée presque : *qu'est-ce qui unit les atomes entre eux ?* Qu'est-ce qu'une *liaison chimique* ?

Sur ce point, les chimistes de la fin du XIX^e siècle se taisent. **On suppose la liaison, on la trace**, mais on ne l'interroge plus. Elle devient une évidence graphique, un simple trait entre les atomes, **non plus un objet d'explication, mais un symbole d'habitude**. On décrit ses effets (forme des molécules, réactivité), mais **on ne dit plus pourquoi elle existe**. L'audace explicative des anciens – celle du dualisme électrochimique de Berzelius, ou des affinités de Lavoisier – a cédé la place à une chimie de la forme, **structurale mais muette**.

Et puis surgit une figure singulière. Un chimiste américain, massif, intuitif, élégant et indiscipliné. Il s'appelle **Gilbert Newton Lewis**.

Lewis ne ressemble pas à ses collègues. C'est un **esprit libre**, indépendant, souvent ironique, parfois cassant, toujours percutant. Il dicte ses articles en fumant le cigare, méprise les effets de mode, et pense avec une rigueur souveraine. **Il n'est pas là pour faire joli. Il est là pour comprendre.**

Dans l'Amérique scientifique du début du XX^e siècle, il fait figure de **franc-tireur**. Ni pur théoricien, ni laborantin obsédé de précision, **il veut des modèles simples, puissants, opératoires**. À la tête du département de chimie de Berkeley, il transforme une université régionale en centre mondial de recherche. Mais il se heurte aux cénacles académiques. Trop rebelle, trop direct. On admire son travail, on redoute sa franchise.

Alors que naît la mécanique quantique, Lewis **ne suit pas le mouvement**. Il reste chimiste, en conscience. Pas question pour lui de dissoudre l'électron dans une onde de probabilité ou de parler de "nuage électronique" sans savoir ce qu'il contient. Ce qu'il veut, c'est **comprendre comment les atomes se lient**. Ce qui les pousse à s'unir, ce qui stabilise les structures, ce qui rend un composé durable ou réactif.

Et c'est précisément cette question qu'il va reformuler. **En 1916**, il publie dans le *Journal of the American Chemical Society* un article fondateur, devenu un classique : *The Atom and the Molecule*. Il y propose une idée neuve, simple, presque évidente : **les atomes s'unissent en partageant des électrons de valence**, pour atteindre une configuration stable – souvent celle du gaz noble voisin. Il introduit la **règle de l'octet**, et surtout, **un formalisme graphique redoutablement efficace** : les *points de Lewis*.

À la différence de Kossel, qui imagine la liaison comme un transfert d'électrons (vision ionique), Lewis met l'accent sur la **mise en commun**. Il invente le mot **covalence**, propose des

représentations lisibles et flexibles, et offre à la chimie un langage visuel nouveau.

Le modèle de Lewis ne prétend pas à la vérité ultime. Il n'est pas quantique, il n'est pas exact. Mais **il fonctionne**, il **explique**, il **prévoit**. Et surtout, **il se transmet**. Il devient l'outil pédagogique par excellence, et reste aujourd'hui un passage obligé dans toute initiation à la chimie moléculaire.

Lewis, c'est la preuve vivante qu'une idée simple, bien posée, peut réactiver une question laissée en friche depuis un siècle. Il a **rendu à la liaison chimique sa dignité de problème**. Il a réconcilié **la structure et la cause, le visible et l'invisible, le trait et la transformation**.