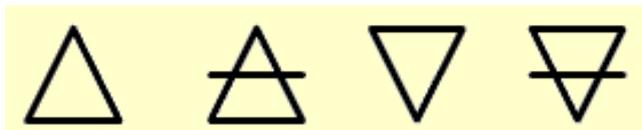


V^{ème} siècle Av J.C : **Démocrite** introduit le mot atome qui signifie « insécable ».

IV^{ème} siècle Av J.C : **Aristote**, anti-atomiste, introduit la théorie des quatre éléments constitutifs de toute la matière



De gauche à droite : **Feu, Air, Eau, Terre**

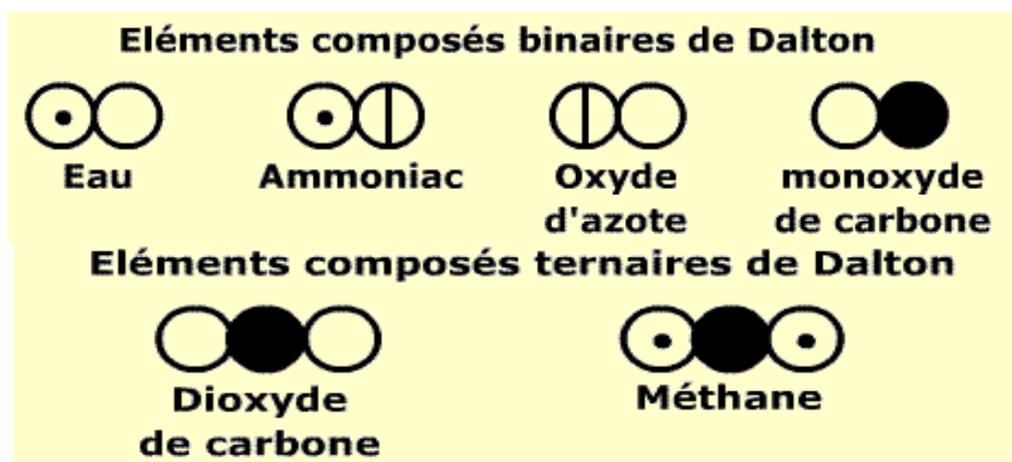
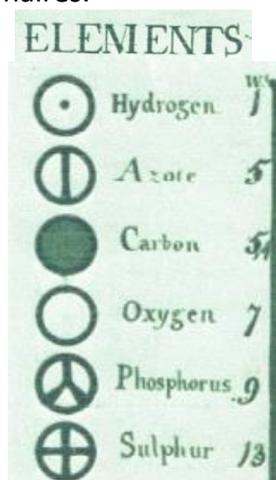
1789 : le français **Antoine Lavoisier** introduit le concept d'élément chimique, substance chimique non décomposable par opposition au corps composé et propose une nomenclature.

« [...] Le trait le plus caractéristique de l'œuvre de Lavoisier, c'est, à mon sens, d'avoir **introduit dans la chimie l'esprit de la physique** [...] En apprenant aux chimistes l'usage de la balance, du thermomètre, du baromètre et du calorimètre, en portant leur attention sur les propriétés de la matière que l'on peut soumettre à des déterminations numériques exactes, Lavoisier leur a ouvert des routes inconnues qui conduisent sûrement à la vérité. » Louis Pasteur, dans la préface de l'ouvrage de Dumas « Œuvres complètes de Lavoisier » - 1861.

Lavoisier est célèbre pour « *Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme* » : le texte historique est « [...] **et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications.** » Traité élémentaire de chimie – 1789

« Il a fallu un instant pour couper sa tête, et un siècle ne suffira pas pour en produire une si bien faite. ». Joseph Louis Lagrange en mai 1794, au lendemain de l'exécution de Lavoisier.

1808 : l'anglais **John Dalton** dans le « *Le nouveau système de philosophie chimique* » « ressuscite » le concept d'atomes, donne une représentation graphique des éléments et des molécules*. Il attribue à chaque atome un nombre caractéristique appelé « poids atomique ». *les molécules (au sens d'aujourd'hui sont des associations d'atomes) sont appelées par Dalton éléments composés binaires ou ternaires.



1811 : l'italien **Amedeo Avogadro** concilie la théorie des atomes de Dalton avec les expériences de Gay-Lussac sur les volumes gazeux observés, notamment lors de la synthèse de l'eau.

En utilisant les symboles des éléments avec des lettres, proposés par le suédois Jöns Berzelius en 1813, **Avogadro établit la formule de l'eau H₂O** et le fait que le gaz hydrogène et le gaz oxygène sont respectivement formés de molécules H₂ et O₂. Il corrige les poids atomiques des éléments de Dalton.

1813 : l'anglais William Wollaston déclenche la polémique : **qui a vu des atomes ? Personne ?** Le « poids atomique » de Dalton ne désigne rien d'autre que la proportion pondérale en laquelle un élément se combine avec une quantité fixe d'un autre élément. On pourrait donc se contenter de l'appeler **poids proportionnel** ou **équivalent**. **Il faut 1 équivalent d'hydrogène pour 8 équivalents d'oxygène**. Mais les poids atomiques corrigés par Avogadro sont différents : suivant que l'on raisonne en atome ou en équivalent les éléments ne sont pas caractérisés par les mêmes nombres.

1836 : le français Jean-Baptiste Dumas déclare : « *Si j'en étais le maître, j'effacerais le mot atome de la science, persuadé qu'il va plus loin que l'expérience ; et jamais, en chimie, nous ne devons aller plus loin que l'expérience* ». Leçons de Philosophie chimique au Collège de France.

Influence de la philosophie d'Auguste Comte « *La Science a fait trop belle la part à l'hypothèse, elle a perdu trop de temps à des discussions stériles sur l'essence des choses* ». Cours de philosophie positive, six tomes parus entre 1830 et 1842.

Les querelles entre « équivalentistes » et « atomistes » n'empêchent pas le travail à la paille et de très nombreux composés sont découverts, mais selon que l'on raisonne en équivalents ou en atomes, les formules sont différentes ! Et une même formule chimique peut représenter deux substances différentes selon que l'on utilise l'une ou l'autre des théories !

Septembre 1860 : premier Congrès International de Chimie à Karlsruhe organisé par l'allemand August Kekulé et le français Adolphe Wurtz. Objectif : mettre fin à la polémique. 3 jours n'y suffiront pas ! Mais si le plaidoyer de l'italien **Stanislao Cannizzaro** pour la théorie de l'atome en s'appuyant sur les travaux de son compatriote Avogadro ne suffit pas, son cours de chimie distribué aux 140 participants à la fin du congrès marquera la nouvelle génération des chimistes.

Le congrès marque une rupture entre la chimie allemande et la chimie française. Les allemands excluent de la chimie, par définition, la question de l'existence réelle de l'atome. **C'est à la métaphysique de débattre de la réalité de l'atome**. Pirouette pragmatique pour utiliser tranquillement le concept d'atome si fécond pour le développement de la chimie !

« *La question de savoir si les atomes existent ou non n'a du point de vue de la chimie qu'une application limitée ; il appartient au domaine de la métaphysique d'en débattre. En chimie, nous avons à examiner si l'acceptation des atomes présente une hypothèse propre à l'explication de phénomènes chimiques. Nous devons tout particulièrement nous poser la question de savoir si développer plus avant l'hypothèse atomique est prometteur d'une amélioration de notre connaissance du mécanisme des réactions chimiques. Je n'hésite pas à confesser que du point de vue philosophique, je ne crois pas à l'existence véritable des atomes, au sens propre du mot de particule indivisible de la matière* ». Kekulé - 1867

Alors qu'en France, les chimistes débattent et se déchirent à ce sujet. Et l'équivalentisme, en se cantonnant à la formule brute et en ignorant l'importance de la structure⁽¹⁾, met un frein à l'essor de la chimie française.

⁽¹⁾ « *La chimie organique structurale est l'un des plus grands exploits de l'esprit humain* » F-G Hopkins, lauréat du prix Nobel de médecine -1929

« *La chimie organique est l'une des plus fantastiques enquêtes policières jamais réalisées* ». Richard Feynman, prix Nobel de Physique- 1965

Le terme « chimie organique » a été introduit par Berzelius en 1813 pour distinguer la chimie des organismes vivants de la chimie minérale, croyant en la nécessité d'une « force vitale ». Wöhler mettra fin à cette croyance en synthétisant l'urée en 1828.

Aujourd'hui, la chimie organique est la chimie des composés du carbone et la chimie minérale est la chimie inorganique.

« Quelques savants, et non des moindres, ont fait le possible et l'impossible pour empêcher l'adoption de la théorie atomique et de la notation chimique, allant jusqu'à profiter de leur position officielle pour torpiller en eau profonde ceux qui en préconisaient l'adoption. Le seul résultat de leur obstruction a été de mettre pendant des dizaines d'années la chimie française en état d'infériorité par rapport aux chimies voisines. » Jacques Duclaux, Professeur au Collège de France, membre de l'Académie des sciences - l'« Homme devant l'Univers » - 1950

« Alors que partout, et surtout en Allemagne, les professeurs enseignaient la théorie atomique, alors que tous les techniciens de l'industrie chimique tablaient sur celle-ci pour échafauder de gigantesques programmes de fabrication, Berthelot, dans son cours au Collège de France, cramponné à son positivisme, persistait à écrire les réactions au moyen d'une notation désuète (dualiste) qu'il était désormais tout seul à employer ». Pierre Rousseau, historien des sciences - « Histoire de l'atome » - 1948

« Berthelot a formulé un positivisme scientifique supérieur, sans la raideur et la courte vue d'Auguste Comte et sans l'imprudience dogmatique de Renan à ses débuts ». Gaston Laurent - « Les grands écrivains scientifiques » - 1930

1885 : Extrait du discours prononcé par Ernest Renan en l'honneur de Marcellin Berthelot lors de la conférence Scientia :

« [lors de notre rencontre dans notre jeunesse] Deux ou trois mots que nous échangeâmes discrètement nous eurent bientôt prouvé que nous avions ce qui crée le principal lien entre les hommes, je veux dire la même religion. Cette religion, c'était le culte de la vérité. Dès cette époque, nous étions des nazirs, des gens qui ont fait un vœu, les hommes-liges de la vérité. Notre part d'héritage était choisie, et cette part était la meilleure. Ce que nous entendions par la vérité, en effet, c'était bien la science.

[...] Il y a trois belles choses, disait saint Paul : la foi, l'espérance, la charité ; la plus grande des trois, c'est la charité. Il y a trois grandes choses, pouvons-nous dire à notre tour, le bien, la beauté, la vérité ; la plus grande des trois, c'est la vérité. Et pourquoi ? Parce qu'elle est vraie. La vertu et l'art n'excluent pas de fortes illusions. La vérité est ce qui est. En ce monde, la science est encore ce qu'il y a de plus sérieux. [...] La science est donc l'unique maîtresse de la vérité. La philosophie du doute subjectif élève ici ses objections contre la légitimité même des facultés rationnelles de l'esprit. [...] La science est un ensemble dont toutes les parties se contrôlent. Je crois absolument vrai ce qui est prouvé scientifiquement, c'est-à-dire par l'expérience rigoureusement pratiquée.

[...] Dans la plus philosophique peut-être des sciences, la chimie, vous avez porté les limites de ce que l'on sait au-delà du point où s'étaient arrêtés vos devanciers. Dilater le pomœrium, c'est-à-dire reculer l'enceinte de la ville, était, à Rome, l'acte de mémoire le plus envié. Vous avez dilaté*, cher ami, au secteur où vous travaillez, le pomœrium de l'esprit humain. Vivez longtemps pour la science, pour ceux qui vous aiment ; vivez pour notre chère patrie, qui se console de bien des défaillances en montrant au monde quelques enfants tels que vous ». 24 novembre 1885

*Les citations précédentes prouvent qu'il a fait le contraire !

Berthelot, professeur à la Sorbonne et au Collège de France, Inspecteur puis Ministre de l'Instruction Publique sous la Troisième République, va censurer l'atome de l'enseignement français jusqu'à sa mort, en 1907.

Gustave Flaubert, pourtant ami de Berthelot, fait une critique de la chimie française dans « Bouvard et Pécuchet » œuvre posthume parue en 1881.

Le chapitre sur les sciences commence par : « Pour savoir la chimie, ils se procurèrent le cours de Regnault - et apprirent d'abord que « **les corps simples sont peut-être composés** » » « [...] Enfin, je ne comprends pas, disait Pécuchet — Moi non plus ! disait Bouvard. »

Les équivalentistes ne distinguent pas la molécule de l'atome. Il suffit de transformer la phrase en « **les molécules de corps simples sont peut-être composées d'atomes** » pour la rendre tout à fait compréhensible !

1895 : Une autre « querelle autour de l'invisible », celle des physiciens, va faire triompher l'atome.

Polémique à propos de la thermodynamique ou « science de la chaleur » : l'interprétation microscopique des phénomènes macroscopiques oppose les « **énergétistes** » (encore une fois positivistes) qui refusent toute conception atomiste qui est la base de la théorie cinétique des gaz et, de façon générale, de la thermodynamique statistique. Un des théoriciens de cette dernière, Ludwig Boltzmann, ne verra pas le succès de l'atome car il se suicidera en 1906, l'année même où le physicien français Jean Perrin, en apportera une preuve expérimentale, grâce à sa théorie.

C'est l'hypothèse d'Avogadro qui est à la base du triomphe de l'atome.

Le volume occupé par 2 g d'hydrogène est le même que celui occupé par 32 g d'oxygène et le même que celui occupé par 18 g d'eau (dans les mêmes conditions de température et de pression). Ce volume, appelé **volume molaire** est de **22,4 litres** à 0°C et sous la pression de 1 atmosphère.

Hypothèse d'Avogadro : Ces volumes contiennent tous le même nombre de molécules, respectivement de H₂, O₂, H₂O, et ce nombre est mesuré par le physicien Jean Perrin. Il va le baptiser \mathcal{N} **Nombre d'Avogadro** !

$\mathcal{N} = 6,02 \cdot 10^{23}$, autrement dit **602.000.000.000.000.000.000, six cent deux mille milliards de milliards.**

Pour donner une idée de l'extraordinaire valeur de ce nombre, la durée de six cent deux mille milliards de milliards de secondes vaut $1,9 \cdot 10^{16}$ années, soit 19.000.000.000.000.000, soit **19 millions** de milliards d'années... Et l'univers a seulement 13 milliards d'années !!! Autrement dit une mole de secondes représente plus d'un million de fois l'âge de l'Univers !

En 1971, la mole, c'est-à-dire un « paquet » de \mathcal{N} entités, n'est plus définie à partir du nombre de molécules d'oxygène contenues dans 22,4 litres de gaz oxygène. La **mole** (symbole *mol*) est une unité de base du Système international. « **La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités qu'il y a d'atomes dans 12 grammes de carbone ¹²C.** » La mole est au nombre d'Avogadro ce que la douzaine est au chiffre 12 !

1913 : Jean Perrin publie son livre « Atomes », dans lequel il compare les valeurs du nombre d'Avogadro qu'il a obtenues (mouvement Brownien) à celles obtenues par d'autres méthodes toutes différentes : viscosité des gaz (Loschmidt 1865), la brillance du bleu du ciel (Rayleigh 1911), des mesures à partir de la radioactivité et du comptage des particules α (1908 Rutherford et Geiger), rayonnement du corps noir... Les valeurs sont concordantes et sont comprises entre $6,0 \cdot 10^{23}$ et $7,5 \cdot 10^{23}$.

« Je crois impossible qu'un esprit dégagé de toute prévention puisse réfléchir à l'extrême diversité des phénomènes qui convergent ainsi vers le même résultat, sans éprouver une impression très forte, et je pense qu'il sera désormais difficile de défendre par des arguments raisonnables une attitude hostile aux hypothèses moléculaires. »

[...] « On est saisi d'admiration devant le miracle de concordances aussi précises à partir de phénomènes si différents. [...] Cela donne à la réalité moléculaire une vraisemblance bien voisine de la certitude. **La théorie atomique a triomphé** ».

« Mais dans ce triomphe même [de l'atome] nous voyons s'évanouir ce que la théorie primitive avait de définitif et d'absolu. Les atomes ne sont pas ces éléments éternels et insécables dont l'irréductible simplicité donnait au Possible une borne, et, dans leur inimaginable petitesse, nous commençons à pressentir un fourmillement prodigieux de Mondes nouveaux. Ainsi, l'astronome découvre, saisi de vertige, au-delà de ces gouffres d'ombre que la lumière met des millénaires à franchir, de pâles flocons perdus dans l'espace, Voies lactées démesurément lointaines dont la faible lueur nous révèle encore la palpitation ardente de millions d'astres géants. La Nature déploie la même splendeur sans limites dans l'Atome ou dans la Nébuleuse, et tout moyen nouveau de connaissance la montre plus vaste et diverse, plus féconde, plus imprévue, plus belle, plus riche d'insondable Immensité. » Les Atomes - Jean Perrin - 1913*

Clin d'œil de l'Histoire : deux ans avant la parution « des Atomes », Perrin publie ces résultats lors du **premier** Congrès International de Physique, le Congrès Solvay qui s'ouvre le 30 septembre 1911 à Bruxelles. Cannizzaro avait mis en avant la théorie d'Avogadro lors du **premier** Congrès International de Chimie à Karlsruhe en 1860. **1911, c'est aussi le centenaire de l'hypothèse d'Avogadro.**

L'histoire racontée dans cette conférence est une bien étrange histoire. C'est au seuil du XX^{ème} siècle, au moment précis où l'atome se révèle divisible (*électrons et noyau), complexe, où il cesse d'être insécable, que sa réalité est enfin admise !