

# L'air à feu : une histoire de flamme

## Fire-air: a story of flame

Roger Prud'homme<sup>1</sup>, Mahouton Norbert Hounkonnou<sup>2</sup>, Guillaume Legros<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Université – CNRS

<sup>2</sup> University of Abomey-Calavi Republic of Benin

<sup>3</sup> Sorbonne Université

**RÉSUMÉ.** Nous relatons comment à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, une découverte liée à la combustion, a pu remettre en cause l'idée que l'on avait des constituants de la matière et conduire à révolutionner la chimie. Il a fallu que soit trouvée une interprétation correcte de cette découverte et pour cela revisiter en cause les théories et les dogmes existants. On mena ensuite une réflexion fondamentale sur le travail expérimental et l'importance des mesures quantitatives, inventer une manière scientifique d'opérer. Les innovations et les progrès réalisés durant les deux siècles suivants en physique et en chimie, mais aussi en thermodynamique et en mécanique, ont amené à la situation actuelle où la combustion a trouvé sa place en tant que science à part entière.

**ABSTRACT.** We relate how at the end of the 18th century, a discovery linked to combustion, could challenge the idea that we had about constituents of matter and lead to revolutionize chemistry. A correct interpretation of this discovery had to be found and for that to question existing theories and dogmas. It then took a fundamental reflection on experimental work and the importance of quantitative measurements, to invent a scientific way of operating. The innovations and the progress made during the following two centuries in physics and chemistry, but also in thermodynamics and mechanics, brought to the current situation where combustion has found its place as a science in its own right.

**MOTS-CLÉS.** chimie, révolution, combustion, flamme, interface.

**KEYWORDS.** chemistry, revolution, combustion, flame, interface.

## 1. Introduction

La fascination exercée par le feu sur les humains a conduit ceux-ci à lui accorder une place fondamentale dans l'explication de la nature<sup>1,2</sup>. Durant des centaines d'années, le feu fut considéré comme l'un des quatre éléments constituant la matière, au même titre que l'air, la terre et l'eau.

Le feu n'a perdu sa position d'élément de base que lorsque l'on a compris qu'il n'était que le résultat de réactions chimiques globalement exothermiques d'oxydoréduction entre des constituants moléculaires. Cela fut possible à partir du moment où l'on a compris les règles de base de la combustion, grâce au développement de la chimie moderne initiée par Lavoisier (1743-1794)<sup>3</sup>.

Les éléments de base - liquides, solides ou gazeux - redevenaient les atomes comme l'avaient pressenti depuis longtemps des philosophes de l'antiquité, et les molécules résultaient de leurs combinaisons. Notons que ces atomes sont eux-mêmes divisibles contrairement à ce que pensaient

---

<sup>1</sup> C'est la maîtrise du feu qui aurait permis à l'espèce humaine de dédier des calories à l'activité cérébrale plutôt qu'au maintien de sa température corporelle. Cela lie en quelque sorte l'élément feu au développement de la connaissance.

<sup>2</sup> Aussi, selon <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33230523/> une des innovations génétiques majeures de Sapiens serait un gène le rendant moins sujet aux cancers développés du fait de l'inhalation des fumées du feu domestiqué. Gène que n'avait pas développé Néandertal. Cela lierait le feu à la survie de notre espèce! Une autre question tout aussi vitale est celle de la responsabilité des sociétés dans la maîtrise et l'utilisation du feu (changements climatiques, grands incendies, destructions guerrières ...).

<sup>3</sup> Les principaux fondements de la Révolution chimique initiée par Lavoisier sont la loi de conservation de la masse (loi de Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. ») et la théorie de la combustion par l'oxygène.

les philosophes atomistes.<sup>4</sup> Les progrès de la physique du changement de phase et de sa composante thermodynamique complétèrent ceux de la chimie.

Il fallut du temps et de la perspicacité pour établir une classification cohérente des éléments atomiques et ouvrir un nouveau champ à la chimie, les lois de la physique et de la mécanique venant compléter les connaissances de la combustion et de bien d'autres domaines de la science.

Nos connaissances évoluent ainsi, avec des stagnations et des révolutions. Le champ des possibles s'ouvre alors largement, et celui des réalisations dépend de la conscience qu'en ont les sociétés et les individus. Gageons qu'il y aura bien d'autres révolutions dans les sciences et que les êtres humains opéreront les bons choix d'applications en ayant conscience des risques, afin d'éviter les catastrophes et les désastres économiques, écologiques et sociaux.

Dans cet article nous essayons de faire le bilan des découvertes et des évolutions conceptuelles qui ont conduit à la situation actuelle de la combustion et de ses interfaces que constituent les flammes. Ce travail peut compléter utilement l'annexe 2 d'un article relativement récent<sup>1</sup>.

## 2. La théorie du phlogistique

La théorie du **phlogistique** est une théorie chimique qui expliquait la combustion en postulant l'existence d'un « élément-flamme », fluide nommé φλογιστόν (*phlogistón*) (du grec φλόξ *phlóx*, *flamme*), présent au sein des corps combustibles. Elle a été conçue par J.J. **Becher** [Figure 1a] à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, et développée par Georg Ernst **Stahl** [Figure 1b].<sup>5</sup>

C'est l'alchimiste, chimiste et médecin Johann Joachim Becher qui proposa la théorie du *phlogistique*. L'idée de base est que, puisque les flammes sont évidemment réelles, il doit nécessairement exister un élément qui participe à la constitution des corps combustibles, fluide comme les flammes le sont manifestement et qui, à la suite de la combustion, serait le constituant concret principal de ces flammes.



**Figure 1a.** Johann Joachim Becher (1635-1682)  
alchimiste, médecin et chimiste allemand



**Figure 1b.** Georg Ernst Stahl (1659 - 1734)  
chimiste et médecin allemand

<sup>4</sup> La théorie atomiste, soutient l'idée d'une matière composée de « grains » indivisibles (contre l'idée d'une matière indéfiniment sécable). Elle fut notamment défendue par Leucippe et son disciple Démocrite (v. 460–370 av. J.-C.), philosophes de la Grèce antique, ainsi qu'en Inde, plus antérieurement. En fait les atomes ne sont pas indivisibles, mais sont eux-mêmes constitués de particules subatomiques : protons, neutrons et électrons, ainsi que leurs constituants (dont les quarks).

<sup>5</sup> Pour ses travaux en chimie, Stahl est le savant le plus encensé et le plus exécré du XVIII<sup>e</sup> siècle. De son temps, il est adulé dans toute l'Europe. L'article « Chimie » de l'Encyclopédie de Diderot, le présente à l'égal de Newton, réalisant l'équivalent chimique de Newton en physique. Mais bientôt Lavoisier fonde la chimie moderne par la réfutation d'un concept de Stahl, le phlogiston ou phlogistique.

L'idée se rattache aux quatre éléments d'**Empédocle**<sup>6</sup> censés constituer toute chose selon la philosophie naturelle [Figure 1c].



**Figure 1c.** Le schéma d'Encéphloque. Les quatre éléments : l'air, le feu, la terre et l'eau.

Les quatre éléments discutés sont issus de l'observation selon laquelle, pour faire *pousser* une graine, on a besoin de terre, de l'eau, de l'air et de feu (au sens de soleil, d'énergie). Cette *composition* est devenue une évidence, vraie de tous temps.

Aujourd'hui, il en existe une compréhension plus approfondie. En particulier, le fait qu'on ait découvert que le feu se forme par une réaction chimique<sup>7</sup> ne s'oppose, en réalité du point de vue phénoménologique, pas au feu en tant qu'élément au sens de soleil ou d'énergie.

### 3. La découverte de "l'air à feu"

En août 1774, Joseph **Priestley** [Figures 2a et 2b] isole un « air » qui semble être d'un type inconnu<sup>8</sup>, mais il n'a pas le temps d'en poursuivre l'étude, devant partir pour un tour d'Europe avec Shelburne.

---

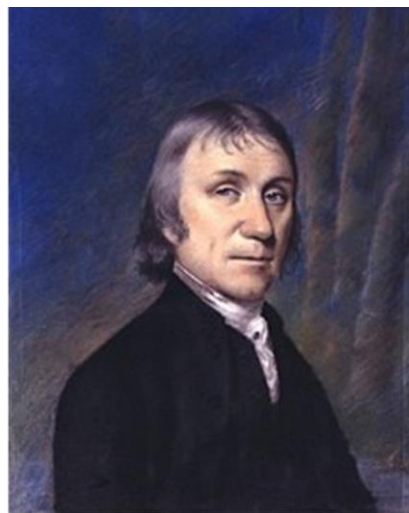
<sup>6</sup> Empédocle (- 490 à -430) philosophe, poète, ingénieur et médecin grec de Sicile, du V<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Il fait partie des philosophes présocratiques, ces premiers penseurs qui ont tenté de découvrir *l'archè* du cosmos, son « *schéma* ».

<sup>7</sup> Nous allons le voir ci-après.

<sup>8</sup> Priestley produisit une espèce d'air « qu'il trouva si pur ou si exempt de phlogistique que, par comparaison, l'air ordinaire paraissait déjà vicié ». Il l'appela: air déphlogistiqué.



**Figure 2a.**<sup>9,10</sup> Réplique (à échelle réduite) du verre ardent utilisé par Priestley pour la découverte de l'oxygène, exposé dans le laboratoire de la Joseph



**Figure 2b.** Joseph Priestley (1733-1804) (portrait 1794). Théologien, prêtre dissident, philosophe naturel, pédagogue et théoricien de la politique.

Peu de temps après, **Scheele** [Figure 2c] produisit en Suède la même espèce d'air et prouva sa présence dans l'atmosphère<sup>11</sup>. Il constata de plus que ce gaz disparaissait quand on y brûlait un corps ou qu'on brûlait un corps dans de l'air ordinaire ; il l'appela en conséquence « **air à feu** » ...



**Figure 2c.** Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), chimiste, pharmacien, pharmacologue.

Priestley et Scheele avaient tous deux produit l'oxygène, mais sans savoir ce qu'ils avaient sous la main. Ils « furent incapables de se dégager des catégories » phlogistiques « telles qu'ils les trouvaient établies ». L'élément qui allait renverser toute la conception phlogistique et révolutionner la chimie restait, entre leurs mains, frappé de stérilité.

<sup>9</sup> Une grande lentille convexe qui permet de concentrer les rayons du soleil sur une petite surface, la chauffant et provoquant sa combustion. C'est-à-dire une loupe !

<sup>10</sup> La « Joseph Priestley House » est la demeure américaine du théologien, prêtre dissident, philosophe naturel, pédagogue et théoricien de la politique du XVIII<sup>e</sup> siècle, le britannique Joseph Priestley (1733-1804). Il y vécut de 1798, jusqu'à sa mort en 1804.

<sup>11</sup> Carl Wilhelm Scheele (né en décembre 1742 à Stralsund en Poméranie suédoise et mort le 21 mai 1786 à Köping) est un chimiste suédois-allemand. Il est particulièrement connu pour avoir découvert nombre d'éléments et composés chimiques, comme l'oxygène et le chlore. Chimiste hors pair, il avait la particularité d'utiliser des instruments rudimentaires (il recueillait notamment des gaz dans des vessies de porcs).

## 4. L'oxygène

"Mais Priestley avait immédiatement communiqué sa découverte à **Lavoisier**" [Figure «3], à Paris, et celui-ci, partant de ce fait nouveau, soumit à l'investigation toute la chimie phlogistique ; il découvrit le premier que la nouvelle sorte d'air était un élément chimique nouveau, que, *dans la combustion, ce n'est pas le mystérieux phlogistique qui s'échappe, mais bien ce nouvel élément, qui se combine avec le corps* ; et il mit ainsi sur ses pieds toute la chimie qui, sous sa forme phlogistique, était mise à l'envers. Et s'il n'est pas exact, contrairement à ce qu'il a prétendu par la suite, qu'il ait produit l'oxygène en même temps que Priestley et Scheele et indépendamment d'eux, il n'en reste pas moins celui qui a vraiment découvert l'oxygène par rapport aux deux autres, qui l'avaient simplement produit, sans avoir la moindre idée de ce qu'ils avaient produit."<sup>12</sup>

Dès lors, le champ matériel des transformations est réductible en droit aux équations qui décrivent les occurrences des combinaisons, ce qui entraîne l'obligation corrélative de clore tout système expérimental, afin d'en tenir l'exacte définition quantitative.

Lavoisier paiera d'exemple dans cette exigence de clôture qui aura d'immenses conséquences dans la théorie des phénomènes naturels : la thermodynamique ne se constituera-t-elle pas comme un corps de relations descriptives de systèmes isolés ?

C'est également en vertu de son principe d'économie que Lavoisier constate l'inutilité de donner au *phlogistique* une fonction médiatrice et introduit l'action effective de l'oxygène.

Celle-ci chevillera, mais imparfaitement, la distribution élémentaire des substances, selon un projet didactique aussi bien que cosmologique. Son apport fondamental, en définitive, aura été de lier dans un effort de représentation, tout à la fois scrupuleuse et globale, une méthode de nomenclature rationnelle, une classification méthodique et une théorie de la matière où tout est résoluble en réarrangements [...]

---

<sup>12</sup> Préface de Friedrich ENGELS au livre II du Capital de Marx (Éditions sociales, traduction d'Erna Cogniot, 1960). Engels prend l'exemple de la découverte de l'oxygène pour expliquer son aspect révolutionnaire. Il applique ensuite ces considérations à *la théorie de la plus-value* exposée dans le célèbre ouvrage de Karl Marx « Le Capital » en affirmant : « Marx est à ses prédécesseurs (tels Ricardo et Rodbertus, en économie NDLR) quant à la théorie de la plus-value, ce que Lavoisier est à Priestley et à Scheele (quant à la révolution chimique NDLR). »



Le chimiste Lavoisier n'a en rien enrichi l'inventaire des choses naturelles, ni découvert quelque phénomène qui eût été inconnu avant lui. Mais on lui doit, en revanche, d'avoir conçu et mis à l'épreuve une méthode de penser la représentation de l'univers matériel. Grâce à lui, le rapport de la substance au substantif sera désormais pensé au moyen de pesées. L'analytique doit trouver son image exacte dans le dénotatif, et celui-ci rend compte par la composition vocalique de la structure associative des combinaisons. La consistance de son système repose sur le principe newtonien d'économie : " Rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, 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 sont les mêmes et qu'il n'y a que des changements, des modifications ".



**Figure 3.** *Antoine Laurent Lavoisier*<sup>13</sup> (Paris 1743 – 1794)  
*Peint par Jacques-Louis David (1788)*

## 5. De Lavoisier à Mendeleïev

Lorsque **Mendeleïev** (1834-1907) [Figure 4a], chimiste touche-à-tout de génie et visionnaire, aborde la question d'un classement logique des corps simples, nombreux sont les savants à s'être déjà penchés sur le problème depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle (Ecrit par René Bimbot<sup>iii</sup>). En 1789, le Français Antoine Laurent Lavoisier avait présenté un tableau récapitulatif des « substances » considérées à son époque comme des éléments chimiques dans son *Traité élémentaire de chimie*. La détermination des masses atomiques sera ensuite essentielle pour le classement des éléments.

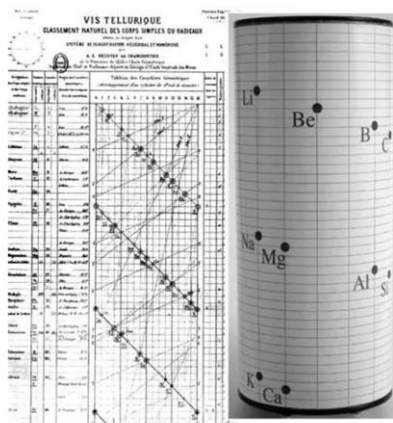
---

<sup>13</sup> Antoine Laurent Lavoisier, ci-devant de Lavoisier, né le 26 août 1743 Paris et guillotiné le 8 mai 1794 à Paris, est un chimiste, philosophe et économiste français, souvent présenté comme le père de la chimie moderne, qui se développera à partir des bases et des notions qu'il a établies et d'une nouvelle exigence de précision offerte par les instruments qu'il a mis au point. Il a inauguré la méthode scientifique, à la fois expérimentale et mathématique, dans ce domaine qui, au contraire de la mécanique, semblait devoir y échapper. [Tiré de : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Antoine\\_Lavoisier](https://fr.wikipedia.org/wiki/Antoine_Lavoisier), où l'on peut lire également des détails sur sa condamnation pendant la Terreur en 1793].



**Figure 4a.** Deux portraits de Dmitri Mendeleïev, chimiste russe (1834–1907) auteur de la première classification Périodique des éléments (1869). [EU Universalis. Hulton Archive/ Getty Images]

En 1862, le géologue et minéralogiste français Alexandre-Émile **Béguyer de Chancourtois**<sup>iv</sup> est le premier à remarquer la périodicité des propriétés chimiques en fonction du poids des atomes. Il dispose les éléments sur un graphe qu’il appelle « vis tellurique » (en référence au tellure, l’élément central du graphe) [Figure 4b]. Cette vis tellurique range les éléments en hélice sur un cylindre de telle sorte que ceux qui possèdent des propriétés similaires se situent l’un au-dessus de l’autre ; c’est la première ébauche de classification périodique des éléments.



**Figure 4b.** La « vis tellurique » d’Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois (20 janvier 1820 - 14 novembre 1886)

En 1864, le chimiste britannique John Alexander **Reina Newlands** met à plat le cylindre fictif portant l’hélice ; les éléments alors connus se classent en huit colonnes de sept lignes et leurs propriétés chimiques sont similaires au sein de chaque ligne, avec parfois deux éléments dans une même case.

Enfin, entre 1864 et 1870, le chimiste allemand Julius **Lothar Meyer** travaille sur une classification où les éléments sont rassemblés en familles définies par leur valence (le nombre maximal de liaisons qu’un élément peut former en fonction de sa configuration électronique) : c’est un grand pas vers la forme moderne du tableau périodique ; les éléments sont organisés en groupes dépendant de leur configuration électronique, elle-même directement en relation avec leur valence.

**Dans le chapitre « La classification périodique des éléments » :** [...] L’établissement de la classification périodique [Tableau 1] exigeait la connaissance des propriétés chimiques des éléments et celle de leur poids atomique, puisque cette classification traduit la relation existant entre ces

notions apparemment distinctes. Si les propriétés d'un bon nombre d'éléments étaient relativement bien connues, il n'en était pas de même des poids atomiques.

Les importants travaux d'analyse chimique du Suédois Jöns Jacob **Berzelius** (1779-1848)<sup>v</sup> et du Belge Jean-Servais **Stas**, notamment, avaient conduit à une connaissance assez complète et précise des poids équivalents des éléments, c'est-à-dire des proportions relatives selon lesquelles ils se combinent entre eux pour former un composé défini. Mais, pour définir le poids atomique, il fallait en outre connaître le nombre d'atomes de chaque élément dans ces composés, c'est-à-dire sa valence (ce terme se définit, par exemple, comme le nombre d'atomes d'hydrogène pouvant être fixés par un élément). L'hypothèse d'Avogadro, suivant laquelle une molécule d'un composé occupe à l'état gazeux le même volume que deux équivalents d'hydrogène, avait permis dans bien des cas de fixer le poids moléculaire du composé et, par conséquent, le poids atomique des constituants et leur valence. Dans d'autres cas, ce but était atteint en utilisant d'autres propriétés, comme l'isomorphisme des cristaux (même structure cristalline) ou la loi de **Dulong** et **Petit** liant les chaleurs spécifiques aux poids atomiques. Une ambiguïté subsistait cependant pour certains éléments assez mal connus, et la liste des poids atomiques et des valences dont disposait Mendeleïev comportait de nombreuses erreurs.

Plusieurs chimistes avaient déjà pressenti l'existence d'une relation entre les poids atomiques et les propriétés chimiques des éléments. En 1839, Johann **Döbereiner** montre l'existence de triades d'éléments de propriétés voisines et tels que le poids équivalent de l'un est égal à la demi-somme de ceux des deux autres (comme le chlore, le brome et l'iode). [...]

À la différence de ses prédécesseurs, Mendeleïev formule explicitement en quoi son tableau constitue un outil d'analyse théorique des propriétés de la matière : « Les éléments chimiques, lorsqu'ils sont ordonnés par masse atomique croissante, montrent une périodicité de leurs propriétés chimiques. » Il est ainsi possible de prédire certaines propriétés des éléments à partir de leur masse atomique. Le génie de Mendeleïev est d'avoir pensé à intégrer d'avance dans le tableau plusieurs corps simples restant forcément à découvrir. Il laisse donc des cases vides pour pouvoir y insérer ces éléments inconnus – qu'il nomme *eka*, *dvi* et *tri*, « un », « deux » et « trois », en sanskrit, en fonction de leur place sous un élément déjà connu – dont il prédit les propriétés. Une fois trouvée, cette logique paraît évidente, même si elle résulte d'une longue réflexion !



**Tableau 1.** Tous les éléments chimiques connus (au nombre de 118) sont classés dans ce tableau qui comprend sept lignes (ou périodes) et dix-huit colonnes (ou groupes)<sup>14</sup>. Cette classification, due à l'origine au Russe Dmitri Ivanovitch Mendeleïev, repose sur le numéro atomique (nombre de protons), croissant au fil des lignes, et sur la répartition des électrons autour du noyau, qui définissent les propriétés des éléments (chaque colonne rassemblant les éléments ayant les mêmes caractéristiques)<sup>vi</sup>.

## 6. Thermodynamique et mécanique

Une révolution a donc bien eu lieu dans le domaine de la chimie à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, sonnant la fin de l'alchimie et de la théorie du phlogistique. Cette révolution portait au départ sur l'aspect chimique de la combustion.

Mais que s'est-il passé par rapport aux autres aspects ?

La disparition du phlogistique et la découverte de l'oxygène n'ont pas tout de suite conduit à une théorie correcte de la combustion. En effet, si le fluide "*phlogistique*" de Becher avait bien disparu comme émanation chimique des corps combustibles, on vit apparaître dans un premier temps le fluide "*calorique*" de **Black** pour désigner la création de la chaleur et son transfert.

Il restait à découvrir la thermodynamique et à formaliser la mécanique des fluides.

De plus, nul ne peut nier l'intervention du rayonnement dans le processus de combustion, que ce soit comme conséquence (le rayonnement émis par les flammes) ou comme cause (l'allumage par rayonnement thermique). Plusieurs domaines de la physique se trouvent ainsi sollicités pour expliquer la combustion.

Nous ne ferons qu'évoquer ces domaines.

<sup>14</sup> Le tableau est tiré de <https://www.gurumed.org/2016/01/05/quatre-nouveaux-lments-officiellement-ajouts-au-tableau-priodique>. Il contient quatre éléments récemment découverts : 113, 115, 117, et 118. Aucun de ces quatre nouveaux éléments n'existe dans la nature, ils ont été "fabriqués" en laboratoire.

## 6.1. Thermodynamique

En 1761, Joseph Black<sup>15</sup> mit en évidence que le chauffage de la glace fondante n'élève guère sa température, mais modifie simplement les proportions de glace et d'eau. De même, Black observa que le chauffage de l'eau bouillante n'augmente plus la température de l'eau, mais accélère seulement sa transformation en vapeur. De là, il *crut pouvoir conclure que la chaleur est un fluide*, le « calorique », qui s'associe aux particules de glace (respectivement à l'eau en ébullition), et qu'il appela, du fait de sa recombinaison aux corps visibles, « chaleur latente » (aujourd'hui dénommée enthalpie de changement d'état). La théorie du calorique était une alternative à celle, controversée, du « phlogistique », qui postulait l'émission de chaleur par les corps eux-mêmes. Quant à *la théorie de la chaleur latente*, l'une des principales contributions de Black aux sciences physiques, elle *marque les débuts de la thermodynamique*. Black compara également l'accroissement de température d'une même masse de différentes substances soumises à un échauffement identique, et aboutit à la notion de « chaleur spécifique ».

Mais *il fallut attendre le milieu du XIXe siècle pour qu'apparaisse une formulation théorique consistante de la thermodynamique*. En effet, ce n'est qu'en 1850 qu'ont été énoncés par Clausius<sup>16</sup> les deux principes de base de la thermodynamique. Le premier postule que l'énergie se conserve, tandis que le deuxième pose la notion d'irréversibilité des systèmes en stipulant que toute transformation d'un système induit une augmentation de l'entropie.

D'autres noms sont à citer parmi les pères de la thermodynamique tels **Duhem**, **Carnot**, **Onsager**, **Prigogine**.

## 6.2. Mécanique

La mécanique se définit comme l'étude des états d'équilibre et des mouvements des systèmes matériels soumis à des forces. Lois, principes de la mécanique; mécanique appliquée, expérimentale, théorique.

Souvent vue comme une branche de la physique, elle a des composantes théoriques qui la font plutôt paraître dans les sciences mathématiques. Elle comprend aujourd'hui de nombreuses spécialités<sup>17</sup>.

L'**histoire de la mécanique** débute réellement avec **Galilée**. Mais cette science prend ses racines dans des savoirs bien plus anciens, notamment avec les réflexions d'**Archimède** ou d'**Aristote**.

Jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, la notion de mécanique englobait aussi bien l'étude scientifique des corps en mouvement que la théorie des machines. Un historique détaillé est fait dans le site web de Wikipédia<sup>vii</sup>.

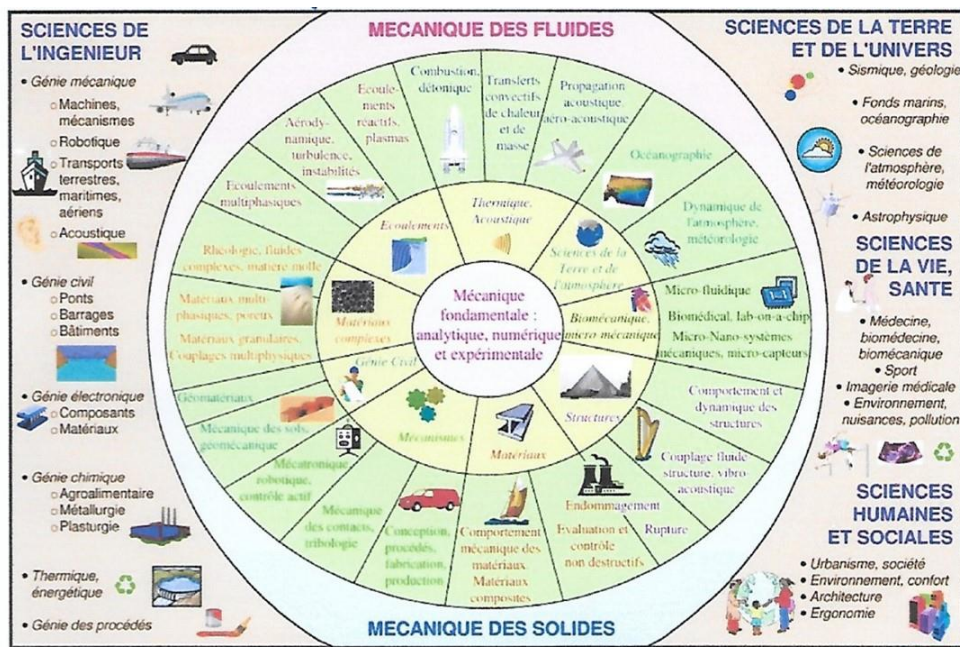
Un schéma de l'Association Française de Mécanique [Figure 5] met en évidence les nombreux domaines de l'industrie et de la science concernés par la Mécanique.

---

<sup>15</sup> Joseph Black (1728-1799) est un physicien et chimiste écossais. Il inventa une balance de précision permettant l'analyse chimique quantitative qui fut adoptée par plupart des laboratoires de chimie de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.

<sup>16</sup> Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822 –1888) est un physicien prussien connu pour ses contributions majeures à la thermodynamique.

<sup>17</sup> On distingue *la mécanique rationnelle*, comprenant les parties: analytique, céleste, du point matériel, du solide, statique, des milieux continus (comprenant les fluides), dynamique, *la mécanique quantique*, *la mécanique relativiste*.



**Figure 5.** Les nombreux domaines de l'industrie et de la science concernés par la Mécanique.  
 [Réalisation du groupe « Activités Universitaire en Mécanique » de l'ASSOCIATION FRANCAISE DE MECANIQUE]

## Conclusion

Les découvertes de la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle citées dans cet article, ont conduit à une véritable révolution dans la conception de la matière. L'alchimie a fait place à une nouvelle science : la chimie et a enrichi considérablement le domaine des sciences de la matière en rapport avec la thermodynamique et la mécanique.

La vieille conception de la matière à partir de ses quatre éléments : l'air, le feu, la terre est l'eau s'est trouvée scientifiquement complètement dépassée et remplacée, à l'échelle microscopique, par une vue moléculaire.

Le feu, qui était considéré comme l'un des éléments constitutifs de la matière, devenait simplement un processus réactif entre des éléments moléculaires en interaction entre eux.

Ce processus est certes parfois très complexifié par l'état de la matière (solide, liquide ou gazeux) et son mouvement même.

La théorie de la combustion<sup>viii, ix, x, xi</sup> montre ainsi que les zones de feu peuvent parfois être considérées comme des interfaces dans les fluides en présence. Ces interfaces sont alors des flammes minces<sup>xii, xiii</sup>.

Notons que la conception de la matière, notamment réactive, ne se résume pas à la constitution moléculaire. Mais il s'agit cette fois de chimie nucléaire et de physique des particules, qui ont fait vivre aux sciences de la matière d'autres révolutions.

Ce sujet au moins aussi intéressant, mais plus contemporain, dépasse l'objet de cet article.

## Bibliographie

<sup>i</sup> Prud'homme R. (2019), Notions de base sur la combustion, Thermodynamique des interfaces et mécanique des fluides, Volume 19 - 1 DOI : [10.21494/ISTE.OP.2019.0376](https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2019.0376)



- 
- <sup>ii</sup> Édouard Grimaux, *Lavoisier : 1743-1794 d'après sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits*, F. Alcan, 1888 (OCLC [1005756](#), [lire en ligne \[archive\]](#)), Pièces justificatives, p. 381.
- <sup>iii</sup> <https://www.universalis.fr/encyclopedie/dimitri-ivanovitch-mendeleiev/>
- <sup>iv</sup> [Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois - Wikipédia](#)
- <sup>v</sup> <https://www.universalis.fr/encyclopedie/jons-jacob-berzelius/#PH990396>
- <sup>vi</sup> <https://www.universalis.fr/media/TA161175/>
- <sup>vii</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire\\_de\\_la\\_mécanique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_mécanique)
- <sup>viii</sup> Williams, F.A.: *Combustion theory*, 1st edn., AddisonWesley Publ. Cie, 1965, 2nd edn., Benjamin Cummings, Menlo Park, 1985. ISBN : 0-8053-9801-5
- <sup>ix</sup> Barrère M., Prud'homme R., *Equations Fondamentales de l'Aérothermochimie*, Masson et Cie, 1973. ISBN 978-2-225-36003-9
- <sup>x</sup> Peters N., *Turbulent combustion*, (Cambridge Monographs on Mechanics), Cambridge University Press, Cambridge, 2000. Online ISBN: 9780511612701
- <sup>xi</sup> Poinot D., Veynante T., *Theoretical and numerical combustion*, Second Edition, Edwards, 2005. ISBN 1930217056, 9781930217058
- <sup>xii</sup> Prud'homme R. (2013) - *Ecoulements et réactions chimiques 2- Applications aux mélanges homogènes réactifs* - collection *Mécanique des fluides*, Hermès-Lavoisier, Cachan. ISBN 978-2-7462-4
- <sup>xiii</sup> R. Prud'homme – *Flows of reactive fluids* - FMIA Series Vol. 94, Springer, New York Dordrecht Heidelberg London, 2010 (500 pages). ISSN 0926-5112, ISBN 978-0-8176-4518-2 (print), 978-0-8176-4592 (online), DOI 10.1007/978-0-8176-4659-2