

Article 1 : Le feu et ses composantes

par Josianne Roy, chimiste M.Sc.

D'un point de vue historique, l'étude de la nature du feu remonte à l'Antiquité (≈ 400 av. JC), où des philosophes de l'époque comme Empédocle croyaient que le feu était un élément de base de l'Univers, tout comme l'eau, l'air et la terre. Le mélange de ces quatre éléments en proportions différentes donnait la matière que l'on observait dans la nature. Le feu était alors considéré comme un corps simple, indivisible et indestructible. Cette théorie avait été corroborée par l'observation de la combustion d'un morceau de bois ; pendant la combustion (feu), il y avait production de fumée (air), de vapeur d'eau (eau) et de cendre (terre). Par la suite, Platon (428-348 av JC) associa l'élément feu au symbole du tétraèdre, car c'était selon lui le plus léger des volumes réguliers et ses arêtes étaient les plus pointues, c'est pourquoi le feu était « piquant ».

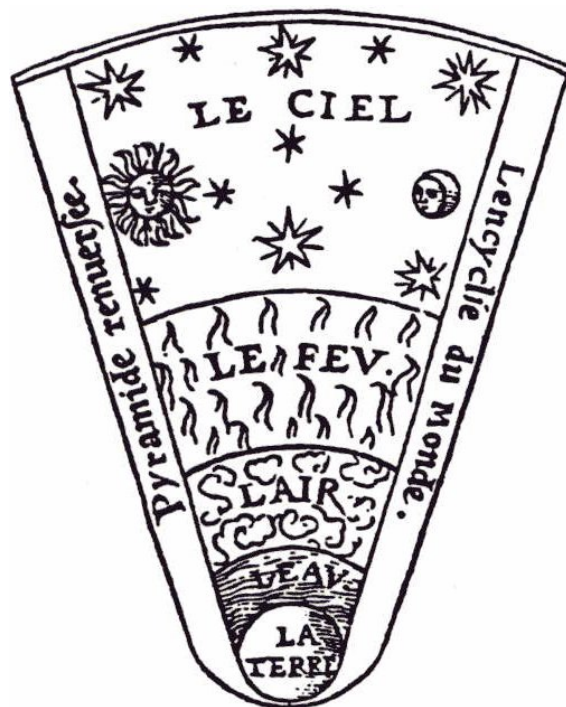


Figure 1 : Les 4 éléments de base de l'Antiquité (l'eau, la terre, le feu et l'air).

Source : www.astrosurf.com



Figure 2 : Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794)

Source : <http://historyofscience.free.fr>

Il aura fallu attendre le 18^e siècle pour que les premières études véridiques sur le feu soient réalisées. Lavoisier (1743-1794), un chimiste français considéré comme le *père de la chimie moderne*, a été l'un des premiers à expliquer véritablement la nature du feu et à affirmer qu'il était en réalité le résultat d'une réaction chimique activée par l'oxygène de l'air (théorie antiphlogistique). Il est également l'auteur de la célèbre phrase « *Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme* », ce fameux principe de la conservation de la masse et de l'énergie qui est encore vérifié de nos jours. Dans son *Traité élémentaire de chimie* de 1789, Lavoisier écrit : « *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.... Ainsi, puisque le moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alkool, je puis dire que le moût de raisin = acide carbonique + alkool.* »...

Un peu plus tard, un ouvrage marquant fut réalisé par le physicien anglais Michael Faraday (1791-1867). Avec la publication de « L'histoire d'une chandelle » en 1860, il permit de comprendre les caractéristiques des flammes ; composition, température, écoulement, couleur, fumée, en plus de prouver que la combustion produit de l'eau, qui peut être décomposée en oxygène et en hydrogène. Par la suite, des études plus poussées ont permis de mieux comprendre l'origine et la nature du feu, ce phénomène à la fois complexe et fascinant...

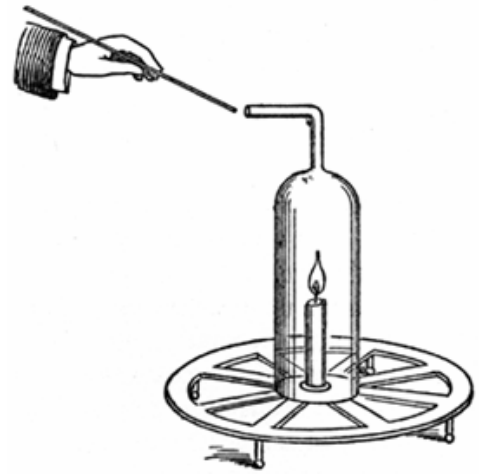


Figure 2 : Illustration tirée de l'ouvrage "Histoire d'une chandelle", de Faraday, 1860.

QU'EST-CE QUE LE FEU ?



Pour la plupart des gens, le feu est représenté par une flamme qui dégage de la lumière, de la chaleur et de la fumée.



Selon l'Office québécois de la langue française (2003), le feu est défini comme un phénomène de combustion accompagné de flammes visibles et de fumée.



De façon plus scientifique, on pourrait définir le feu comme étant une réaction chimique exothermique impliquant l'oxydation d'un combustible et émettant du rayonnement visible.

Autrement dit :

Le feu est une combustion accompagnée de flammes.

Pour comprendre le feu, il faut donc définir en premier lieu ce qu'est la combustion. Même si elle peut prendre plusieurs formes la combustion doit toujours réunir trois éléments de base pour avoir lieu :

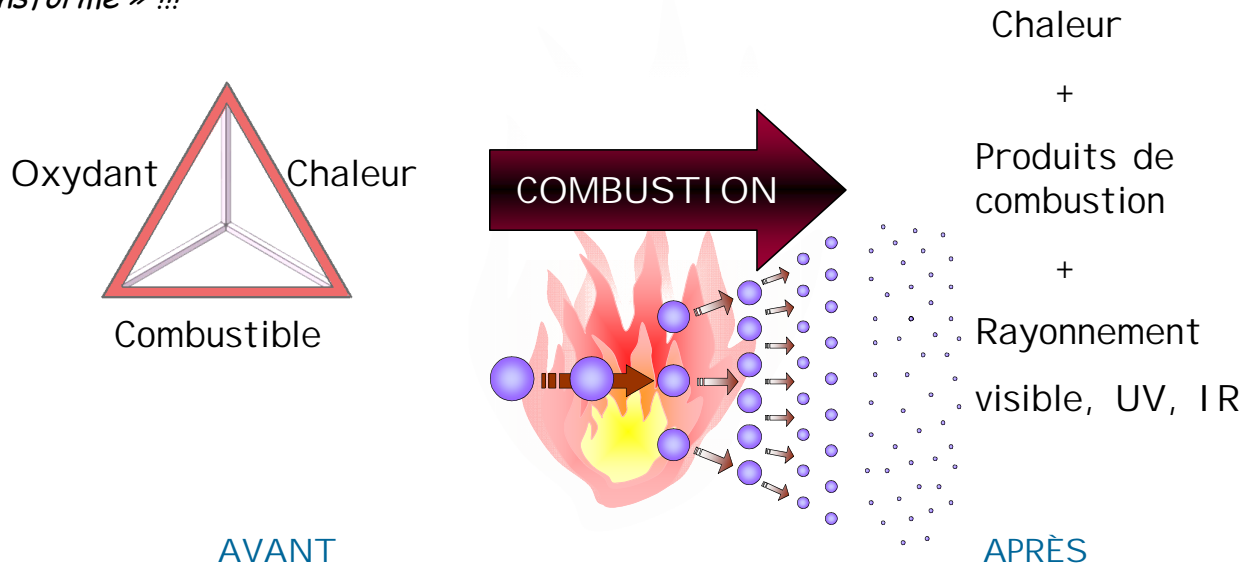
1. source de chaleur (énergie d'activation, énergie thermique)
2. combustible (réducteur)
3. comburant (oxydant)

Une fois réunis, ces éléments peuvent amorcer une série complexe de réactions chimiques appelées souvent :

4. réactions en chaîne

La combinaison de ces quatre éléments est appelée : tétraèdre du feu.

Le bilan global de cette réaction est un dégagement de chaleur (exothermique) et les « petits morceaux » de combustible et de comburant se recombinent sous d'autres formes pour donner des produits de combustion variés. « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme » !!!



AVANT
Ex: éthylène + dioxygène (air)
 $C_2H_4 (g) + 3 O_2 (g)$

énergie thermique départ
masse des réactifs
(2 atomes de carbone (C)
4 atomes d'hydrogène (H)
6 atomes d'oxygène (O))



APRÈS
dioxyde de carbone + eau + chaleur
 $2 CO_2 (g) + 2 H_2O (g) + 1323 \text{ kJ/mol}$

énergie thermique finale
masse des produits
(2 atomes de carbone (C)
4 atomes d'hydrogène (H)
6 atomes d'oxygène (O))

<

=


1. CHALEUR (ou énergie thermique, énergie d'activation)



Grandeur dont l'accroissement se traduit par une augmentation de la température du corps auquel elle s'applique. Forme d'énergie, perceptible par la température qu'elle confère à un corps.

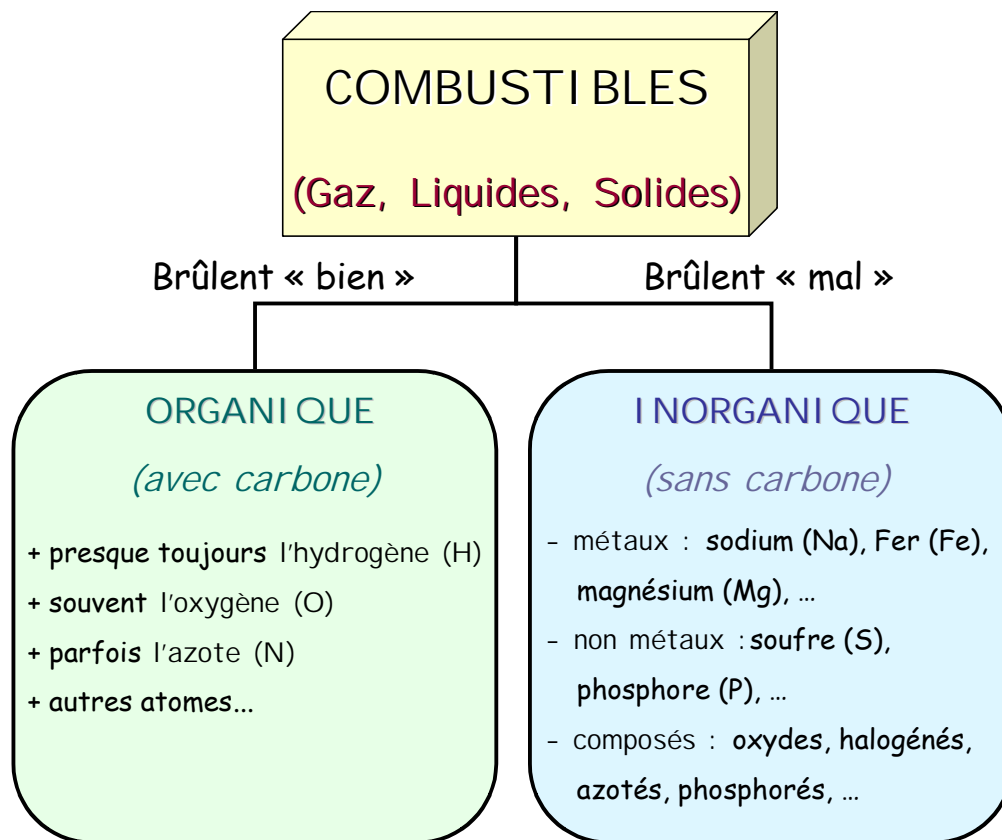
- **électrique** : - statique : accumulation de charges sur une surface (*frottement entre deux mauvais conducteurs, foudre...*)
- dynamique : courant électrique (*appareil électrique, ampoule, fusible...*)
- **chimique** : réactions exothermiques (*combustion, polymérisation, acide-base...*)
- **mécanique** : potentielle et cinétique (*chute d'un corps, frottement, choc entre 2 corps...*)
- **biochimique** : réactions du monde vivant (*fermentation, réactions bactériennes...*)
- **nucléaire** : fusion (*bombe thermonucléaire, soleil*) et fission (*réacteur nucléaire...*)
- **naturelle** : phénomènes de la nature (*soleil, foudre, volcan, météorites...*)

2. COMBUSTIBLE (ou réducteur)

 Qui est susceptible de brûler. Matière capable de brûler au contact de l'oxygène en produisant une quantité de chaleur utilisable.

La matière combustible pourrait être divisée en deux principales catégories : organique et inorganique. Mis à part quelques exceptions, la **matière organique** pourrait être définie comme **tout ce qui contient du carbone**. Par exemple, tout ce qui provient naturellement ou qui est fabriqué à partir de la matière végétale ou animale est organique (*ex : bois, papier, polymères, cuir, charbon, gaz naturel, ...*). Le carbone étant combustible, on peut donc avancer que la matière organique est combustible. De façon générale, aucune matière organique ne résiste à une température supérieure à 500 °C.

À l'inverse, la **matière inorganique ne contient pas de carbone**, et elle n'est généralement pas facilement combustible, c'est-à-dire qu'elle peut résister normalement à une température allant jusqu'à 500 °C. Certaines matières inorganiques peuvent brûler plutôt « bien » (*métaux : magnésium, aluminium... et non métaux : phosphore, soufre...*), mais en général, il leur faut plus de chaleur et leur combustion est beaucoup plus difficile.



3. COMBURANT (ou oxydant)



Toute substance qui cause ou favorise la combustion. Corps qui, dans l'oxydation, arrache les électrons au composé chimique réducteur.

Il existe plusieurs types de matières oxydantes pouvant favoriser la combustion, la plus courante étant l'oxygène (ou dioxygène) de l'air (O_2). Certains oxydants sont neutres (*ex* : ozone O_3), d'autres basiques (*ex* : permanganate de potassium $KMnO_4$) et d'autres acides (*ex* : acide nitrique HNO_3). Plusieurs sont gazeux (*ex* : fluor F_2), liquides (*ex* : acide chromique H_2CrO_4), ou solides (*ex* : chromate d'ammonium $H_8CrN_2O_4$). De plus, certains oxydants favorisent plus ou moins fortement la combustion ; c'est ce qu'on appelle le **pouvoir oxydant**. Parmi les oxydants les plus forts, on retrouve le fluor (F_2), l'ozone (O_3), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), le permanganate de potassium ($KMnO_4$), le dioxyde de chlore (ClO_2) et le chlore (Cl_2). Il est à noter que les matières oxydantes elles-mêmes ne sont pas combustibles.

Principaux comburants (oxydants) :

- **dioxygène (O_2)** : présent dans l'air à environ à 21 %
- **certains composés halogénés** : composés avec fluor (F), chlore (Cl) *ex*: hypochlorites, chlorites, chlorates, perchlorates..., brome (Br) *ex*: bromites, bromates..., ou iode (I), ...
- **composés fortement oxygénés** : permanganates ($-MnO_4$), dichromates ($-Cr_2O_7$), nitrates ($-NO_3$), phosphates ($-PO_4$), ou l'ozone (O_3),...
- **peroxydes organiques et inorganiques** : composés contenant dans leur structure deux oxygènes liés ($-OO-$). *Ex* : peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), peroxyde de benzoyle ($C_{14}H_{10}O_4$), peroxyde d'azote (N_2O_4) ...

En l'absence d'un seul de ces trois éléments de base (chaleur, combustible, comburant), ou même de l'étape qui se produit ensuite (réaction en chaîne), un feu ne pourrait avoir lieu. C'est d'ailleurs sur ce principe fondamental que les agents d'extinction fonctionnent : la suppression d'un des éléments du feu.

Références :

DRYSDALE D., An Introduction to Fire Dynamics, Ed. Wiley, 2nd ed., USA, 1998, 452 p.

QUINTIERE JG., Principles of Fire Behavior, Delmar Publishers, USA, 1998, 258 p.

FRIEDMAN R., Principles of Fire Protection Chemistry and Physics, NFPA, 3e ed., USA, 1998, 296 p.

ROY G-Y., HUOT R., Chimie organique, notions fondamentales, Éditions Carcajou, Québec, 1994, 574 p.

<http://historyofscience.free.fr>

www.cdess.org/Chimie/Histoire_modele_atomique.pdf

www.astrosurf.com, www.bartleby.com, www.wikipedia.org