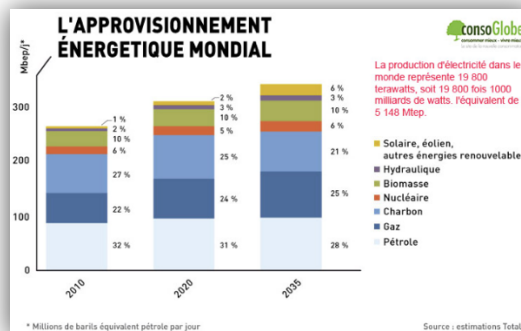




Chimie et énergie

Réactions de combustion

De nos jours, près de 80 % de l'électricité mondiale est produite dans des centrales thermiques à flamme. Ces centrales convertissent l'énergie thermique issue de la combustion de charbon, gaz et pétrole en énergie électrique.



1. Combustion et oxydoréduction

Une combustion est une transformation chimique entre un combustible, souvent un hydrocarbure, et un comburant, généralement le dioxygène. Il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction : le comburant est un oxydant et le combustible est un réducteur.

Rq : Lorsque le combustible est une molécule organique, il se forme toujours du dioxyde de carbone gazeux et de l'eau sous forme gazeuse.

| Couple oxydant-réducteur | Demi-équation électronique |
|--------------------------|--|
| $O_2(g) / H_2O(g)$ | $O_2(g) + 4 H^+ + 4 e^- = 2 H_2O(g)$ |
| $CO_2(g) / CH_4(g)$ | $CO_2(g) + 8 H^+ + 8 e^- = CH_4(g) + 2 H_2O(g)$ |
| $CO_2(g) / C_2H_6O(l)$ | $2 CO_2(g) + 12 H^+ + 12 e^- = C_2H_6O(l) + 3 H_2O(g)$ |

| Combustible | Équation de réaction modélisant la combustion |
|--------------------------|---|
| Méthane gazeux (alcane) | $CH_4(g) + 2 O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(g)$ |
| Éthanol liquide (alcool) | $C_2H_6O(l) + 3 O_2(g) \rightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(g)$ |

Lorsqu'il contient d'autres éléments (azote et soufre, par exemple), il se forme d'autres molécules, qui sont souvent considérées comme des polluants atmosphériques (oxydes d'azote et de soufre, par exemple)

2. Pouvoir calorifique massique d'un combustible

L'énergie E (en J) libérée lors d'une combustion est proportionnelle à la masse m (en kg) de combustible transformé :

$$E = PC \times m$$

| Combustible | PC (en MJ · kg ⁻¹) |
|---------------|--------------------------------|
| Granulés bois | 16 |
| Éthanol | 30 |
| Fioul | 42 |
| Essence | 47 |
| Méthane | 50 |

Le coefficient de proportionnalité entre E et m est appelé pouvoir calorifique massique du combustible. Il se mesure en J.kg⁻¹, et dépend de la nature du combustible mis en jeu.

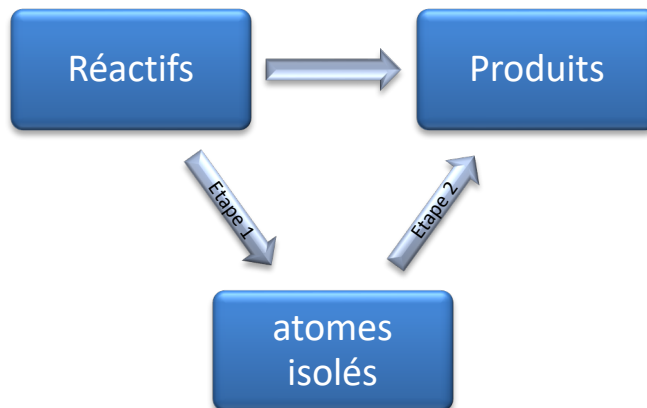
Un combustible est donc un réservoir d'énergie chimique. Cette énergie est libérée lors de sa combustion pour être convertie en énergie électrique dans une centrale thermique, ou en énergie mécanique dans un véhicule à moteur thermique.



Approche énergétique de la réaction chimique

1. Modélisation d'une réaction chimique

D'un point de vue énergétique, une combustion, et plus généralement toute réaction chimique entre molécules peut être modélisée en un processus en deux étapes.



La première nécessite un apport d'énergie et correspond à la rupture des liaisons des molécules des réactifs avec mise en liberté des atomes qui les constituent.

Rq : C'est pourquoi une combustion, comme toute réaction chimique, n'est pas spontanée. Il faut généralement un apport initial d'énergie, par exemple sous la forme d'une étincelle.

La seconde libère de l'énergie et concerne la création, par recombinaisons de ces atomes, de nouvelles liaisons entrant dans la structure des molécules des produits.

- Si l'énergie libérée dans la deuxième étape est supérieure à celle la première, la réaction est dite exothermique. La différence entre ces deux énergies mesure la quantité d'énergie chimique transférée au milieu extérieur.
- Si l'énergie libérée dans la deuxième étape est inférieure à celle la première, la réaction est dite endothermique. Il faut alors un apport permanent d'énergie depuis le milieu extérieur pour que la réaction chimique puisse perdurer.
- Parfois, les énergies mises en jeu lors des deux étapes se compensent. La réaction est alors dite athermique.

2. Notion d'énergie de liaison

L'énergie mise en jeu lors de la rupture ou de la formation d'une liaison covalente est appelée « énergie de liaison » et notée E_l . Généralement mesurée en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, elle est définie comme l'énergie qu'il faut fournir pour rompre une mole de liaison.

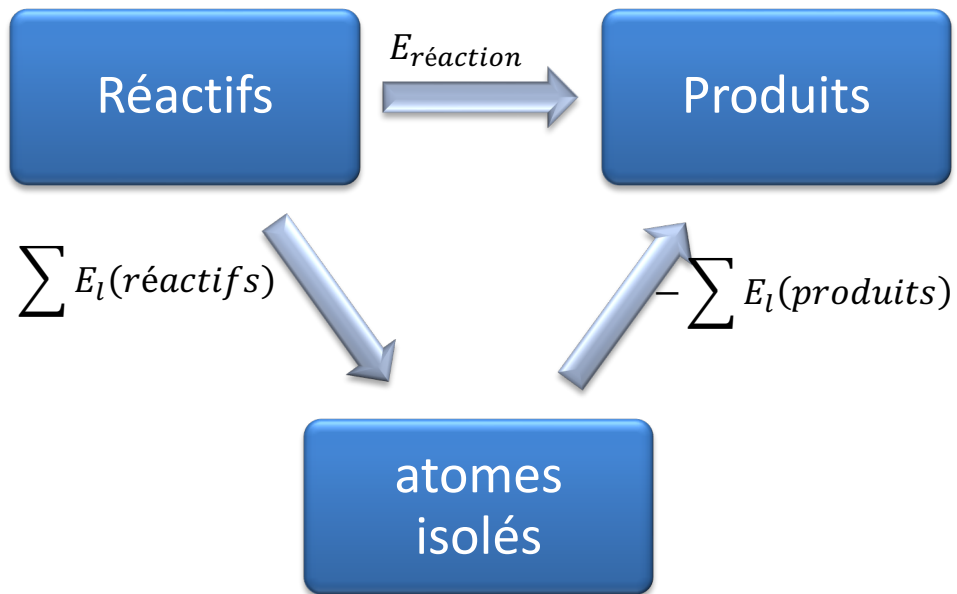
Rq : L'énergie de liaison est définie comme positive. Lorsqu'on forme une liaison, de l'énergie est libérée, égale mais de signe opposé à l'énergie de liaison de cette liaison.

| liaison | D_{x-x} | liaison | D_{x-x} |
|---------|-----------|---------|-----------|
| H—H | 432 | C—H | 410 |
| F—F | 155 | C—C | 348 |
| Cl—Cl | 240 | C=C | 612 |
| Br—Br | 190 | C—O | 356 |
| I—I | 150 | C=O | 795 * |
| H—F | 565 | C=O | 708 ** |
| H—Cl | 428 | C—Cl | 327 |
| H—I | 295 | N≡N | 940 |
| H—O | 460 | N=O | 628 |
| H—N | 388 | O=O | 494 |

Énergies de liaisons (en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)



3. Estimation de l'énergie mise en jeu lors d'une réaction chimique



$$E_{\text{réaction}} = \sum E_l(\text{réactifs}) - \sum E_l(\text{produits})$$