



## COURS

## Chapitre 7 « Energie et combustion »

**Les compétences à acquérir...**

- Citer des exemples de combustibles usuels.
- Écrire l'équation de réaction de combustion complète d'un alcane et d'un alcool.
- Estimer l'énergie molaire de réaction pour une transformation en phase gazeuse à partir de la donnée des énergies des liaisons.
- Énergie molaire de réaction, pouvoir calorifique massique, énergie libérée lors d'une combustion.
- Interprétation microscopique en phase gazeuse : modification des structures moléculaires, énergie de liaison.
- Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.

**I- La réaction de combustion :****1- Caractéristique d'une combustion :**

Une combustion est une *réaction d'oxydation* au cours de laquelle ;

- un *combustible* s'oxyde
- un *comburant*, généralement le dioxygène O<sub>2</sub>

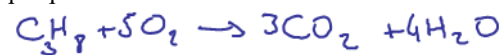
Pour activer une réaction, une *énergie* minimum doit être apportée.

La combustion d'un combustible ne contenant que les éléments carbone C, hydrogène H et éventuellement oxygène, est dite *complète* si les produits de la réaction sont uniquement *le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O*

**2- Ecriture d'une combustion complète :**

Ecrire l'équation de combustion du propane et du méthanol dans l'air

propane



méthanol

**3- Différents types de combustibles :**

Différents **combustibles** sont actuellement utilisés pour diverses utilisations (chauffage, transport, énergie) :

- Les combustibles *fossiles* (pétrole, charbon, gaz, ...) non renouvelables à l'échelle humaine
- Les *agro-combustibles* (éthanol, éther méthylique de colza, bois, etc.) produits à partir de la biomasse et renouvelables à l'échelle humaine.

**II- Énergie mise en jeu lors d'une combustion :****1- Énergie transférée lors d'une combustion :**

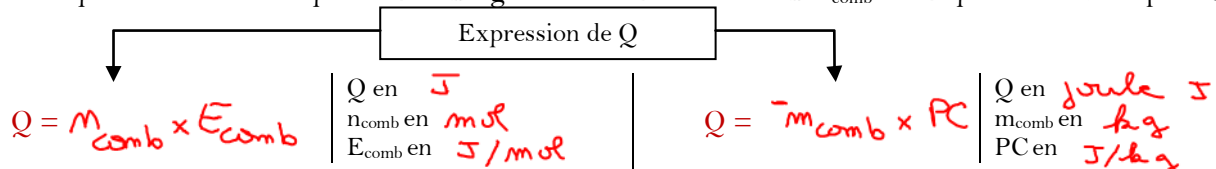
Lors de la combustion, le système chimique contenant le combustible *libère* de l'énergie Q (en joule J).

Les réactions de combustion sont des transformations *exothermiques* (libère de l'énergie), donc *Q < 0*.

Cette énergie Q libérée dépend

- *de la nature du combustible*
- *de la quantité de combustible m<sub>comb</sub>*

et peut être calculée à partir de l'énergie molaire de combustion E<sub>comb</sub> ou du pouvoir calorifique PC

**Energie molaire de combustion E<sub>comb</sub> :**

énergie transférée lors de la combustion *d'une mole* de combustible.

C'est une grandeur *négative*. E<sub>comb</sub> < 0

**Pouvoir calorifique PC d'un combustible :**

énergie que l'on peut récupérer lors de la combustion *d'un kilogramme* de combustible.

C'est une grandeur *positive* PC > 0  
d'où le signe - dans la formule

**Par convention :**

Si un système *libère* de l'énergie (exothermique), cette énergie est comptée *négativement*.

Si un système *reçoit* de l'énergie (endothermique), cette énergie est comptée *positivement*.

Remarque :

Il est possible de **relier pouvoir calorifique et énergie molaire de combustion** en utilisant la relation liant quantité de matière, masse et masse molaire.

$$Q = M_{\text{comb}} \times E_{\text{comb}} = - m_{\text{comb}} \times PC \Rightarrow PC = - \frac{m_{\text{comb}}}{M_{\text{comb}}} \times E_{\text{comb}}$$

avec  $m_{\text{comb}} = \frac{M_{\text{comb}}}{n_{\text{comb}}} \Rightarrow PC = - \frac{E_{\text{comb}}}{n_{\text{comb}}} \quad (n_{\text{comb}} : \text{masse molaire})$

2- Comment calculer l'énergie molaire de combustion  $E_{\text{comb}}$  à partir des énergies de liaisons  $E_l$  ?

a- Qu'est que l'énergie molaire de liaison  $E_l$  ?

**L'énergie molaire de liaison  $E_l$  d'une liaison covalente A - B** correspond à l'énergie nécessaire pour rompre une mole de liaisons et ainsi rendre isolé les atomes A et B à l'état gazeux.

Cette énergie est toujours donnée, dans des tables, positive et s'exprime en kJ/mol.

| Liaison                    | Énergie de liaison (kJ.mol <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------|--|
| C - H                      | 413  |
| C - C                      | 348  |
| C - O                      | 360  |
| O = O                      | 496  |
| O - H                      | 463  |
| C = O                      | 804  |
| C = O dans CO <sub>2</sub> | 796  |

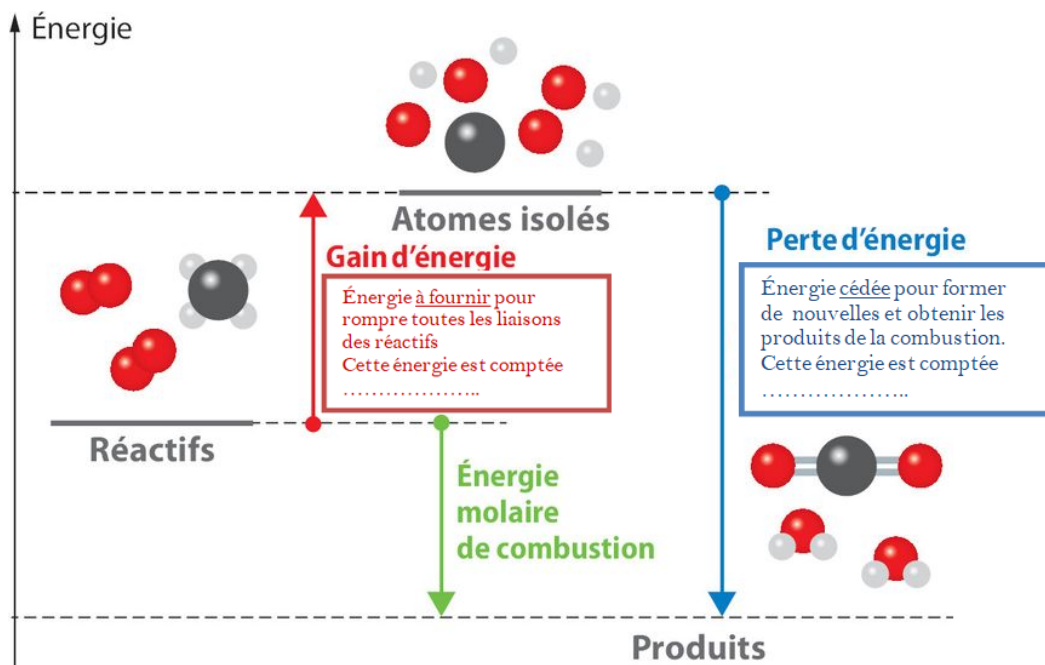
Remarque : D'après la table précédente,

- une énergie  $E_l(\text{C-H}) = 413 \text{ kJ/mol}$  est fournie pour rompre une mole de liaisons C - H
- une énergie  $E_l(\text{C-H}) = -413 \text{ kJ/mol}$  est cédée pour former une mole de liaisons C - H

b- Méthode pour calculer l'énergie molaire de combustion  $E_{\text{comb}}$  à partir des énergies de liaisons  $E_l$

- Pour calculer l'énergie molaire de combustion  $E_{\text{comb}}$ , on part de l'équation de combustion avec un coefficient de 1 pour le combustible.

- Lors d'une réaction de combustion, des liaisons sont rompues (les réactifs) et d'autres sont formées (les produits). Prenons le cas de la combustion du méthane



Pour calculer l'énergie molaire de combustion  $E_{\text{comb}}$ , il suffit donc de connaître l'énergie de liaison des différentes liaisons des molécules et de faire la différence d'énergie entre celles rompues et celles formées.

$$E_{\text{comb}} = \left| \begin{array}{l} \text{Somme des énergies} \\ \text{pour rompre les liaisons} \end{array} \right| - \left| \begin{array}{l} \text{Somme des énergies} \\ \text{des liaisons formées} \end{array} \right|$$

$$\text{ou } E_{\text{comb}} = \left| \sum E_l(\text{liaisons réactifs}) \right| - \left| \sum E_l(\text{liaisons produits}) \right|$$

Rappel : Cette énergie est négative car la combustion est exothermique. De la chaleur est libérée.

Exercice : Réécrire l'équation de combustion du méthane en utilisant les formules développées  
Calculez l'énergie molaire de combustion  $E_{\text{comb}}$  combustion du méthane

Calculez l'énergie molaire de combustion  $E_{\text{comb}}$  combustion du butane

### III- Les enjeux des réactions de combustion

Les réactions de combustion sont énormément exploitées dans le secteur du transport et du chauffage. Malheureusement, les réactions de combustion émettent des **gaz polluants à effet de serre** tels que le dioxyde de carbone et l'eau.

De plus, lors d'une combustion incomplète (pas assez de dioxygène), du monoxyde de carbone CO est libéré, c'est un gaz toxique.

Deux **enjeux** pour l'avenir sont à noter :

- La mise au point d'alternatives énergétiques moins polluantes et plus pérennes
- L'élaboration de systèmes de combustion plus efficaces

Exemple : estimation de la masse de dioxyde de carbone produit par un moteur à *explosion*:  $C_8H_{18}$

L'essence est modélisée par l'octane ( $C_8H_{18}$ ). Une voiture essence consomme un volume  $V=5,8$  L sur un parcours de 100 km. *La réaction qui a lieu dans le moteur est une combustion complète*

Quelle est la masse  $m$  de dioxyde de carbone émise par la voiture par kilomètre?

Données: masse volumique de l'octane  $\rho=0,70$   $kg.L^{-1}$ .

masses molaires atomiques : (C)=12,0 g/mol ; (H)=1,0 g/mol ; (O)=16 g/mol