

1 La réaction de combustion

A Réaliser une combustion



> La combustion nécessite un combustible, un comburant et une activation énergétique.

La réaction de **combustion** est une réaction d'oxydoréduction au cours de laquelle :

- un **combustible s'oxyde** ;
- un **comburant**, généralement le dioxygène O_2 (g), se **réduit**.

Pour activer une réaction, une **énergie** doit être apportée (dessin **A**).

La **combustion** d'un combustible ne contenant que les éléments carbone C, hydrogène H et éventuellement oxygène O, est dite **complète** si les produits de la réaction sont uniquement le dioxyde de carbone CO_2 et l'eau H_2O .

Une combustion peut être modélisée par une équation de réaction.

Exemple



Différents combustibles peuvent être utilisés pour le chauffage ou le transport. Parmi ceux-ci, on trouve :

- les **combustibles fossiles** (pétrole, charbon, méthane, etc.) non renouvelables à l'échelle humaine ;
- les **agrocombustibles** (éthanol, ester méthylique de colza, agrométhane, bois, etc.) produits à partir de la biomasse et renouvelables à l'échelle humaine.

2 La conversion de l'énergie

a. 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**, donc $Q < 0$.

L'énergie transférée Q lors de la combustion dépend de la quantité de combustible. Elle peut se calculer à partir de l'énergie molaire de combustion E_{comb} ou du pouvoir calorifique PC .

Expression de Q

$$Q = n \times E_{comb}$$

$\begin{matrix} \nearrow & \uparrow & \nwarrow \\ J & mol & J \cdot mol^{-1} \end{matrix}$

- **Énergie molaire de combustion** E_{comb} : énergie transférée lors de la combustion d'une mole de combustible. C'est une grandeur négative, $E_{comb} < 0$;
- n : quantité de matière de combustible.

$$Q = -m \times PC$$

$\begin{matrix} \nearrow & \uparrow & \nwarrow \\ J & kg & J \cdot kg^{-1} \end{matrix}$

- **Pouvoir calorifique PC** d'un combustible : énergie que l'on peut récupérer lors de la combustion d'un kilogramme de combustible. Cette grandeur est positive, $PC > 0$;
- m : masse de combustible.

B Énergie molaire – pouvoir calorifique

- Système : casserole + eau
- Énergie transférée : $-Q > 0$



- Système : combustible (CH_4)
- Énergie transférée : $Q < 0$

Les systèmes chimiques ont été définis en classe de 2^e.

$E_{comb} < 0$ car E_{comb} est définie par rapport au système chimique contenant le combustible (doc. **B**). $PC > 0$ car PC est défini par rapport au système chauffé.

C Table d'énergie de liaison

Liaison	Énergie de liaison E_l (kJ · mol ⁻¹)
C—H	413
C—C	348
C—O	360
O=O	496
O—H	463
C=O	804
C=O dans CO ₂	796

> L'énergie de liaison E_l d'une liaison covalente A—B correspond à l'énergie nécessaire pour rompre une mole de liaisons et libérer les atomes isolés A et B à l'état gazeux.

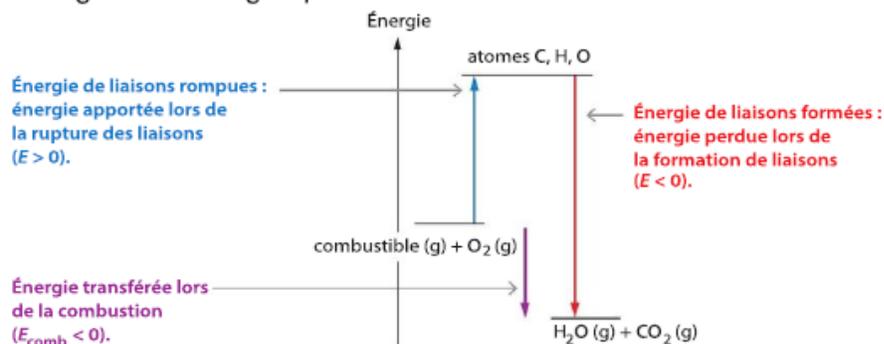
Ces deux grandeurs sont reliées par la masse molaire M du combustible :

$$E_{\text{comb}} = -PC \times M$$

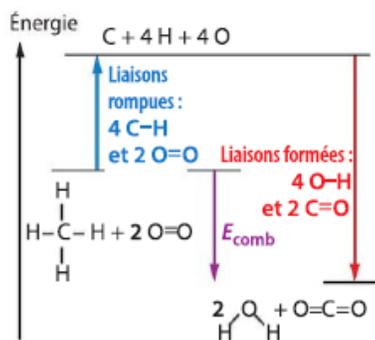
$\begin{matrix} \nearrow & & \nwarrow \\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} & & \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} & & \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \end{matrix}$

b. Énergie molaire de combustion et énergie de liaison

- Pour estimer l'énergie molaire de combustion, il faut écrire l'équation de la réaction de combustion avec un nombre stœchiométrique de 1 pour le combustible.
- Lors d'une combustion, des liaisons se rompent, d'autres se forment. Ces modifications des structures moléculaires sont à l'origine de l'énergie molaire de combustion.
- Diagramme énergétique :



D Énergie molaire de combustion du méthane



L'équation de la réaction de combustion du méthane s'écrit :
 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Les énergies de liaisons (doc. C) permettent d'estimer l'énergie molaire de combustion E_{comb} :

$$E_{\text{comb}} = \left[\text{somme des énergies de liaisons rompues} \right] - \left[\text{somme des énergies de liaisons formées} \right]$$

Les réactions de combustion libèrent davantage d'énergie qu'elles n'en consomment. Elles sont **exothermiques** ($E_{\text{comb}} < 0$).

Exemple

Lors de la combustion d'une mole de méthane (doc. D), l'énergie de combustion libérée est égale à :

$$E_{\text{comb}} = (4 \times E_l(\text{C-H}) + 2 \times E_l(\text{O=O})) - (4 \times E_l(\text{O-H}) + 2 \times E_l(\text{C=O}))$$

$$E_{\text{comb}} = (4 \times 413 + 2 \times 496) - (4 \times 463 + 2 \times 795) = -798 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

E Un agrocarburant de troisième génération



> Des chercheurs étudient la possibilité de produire des combustibles, à partir de micro-algues, qui captent le dioxyde de carbone atmosphérique.

3 Les enjeux des réactions de combustion

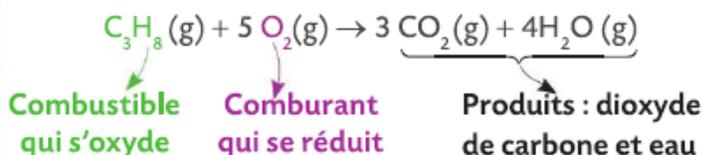
- Les réactions de combustion permettent de fournir l'énergie nécessaire aux transports, au chauffage, etc.
- Les réactions de combustion émettent des gaz polluants à effet de serre tels que le dioxyde de carbone. Elles participent au réchauffement climatique. Lors d'une combustion incomplète, du monoxyde de carbone, gaz particulièrement toxique, est émis et peut entraîner des intoxications.
- Les enjeux du XXI^e siècle consistent en la diminution de dioxyde de carbone et en la mise au point d'alternatives énergétiques telles que l'utilisation d'agrocarburants issus des végétaux (doc. E).
- Un des enjeux est l'élaboration de systèmes de combustion moins énergivores et plus efficaces.

Exemple : Les chaudières à condensation.

1 La réaction de combustion

Exemple

Réaction de combustion complète :
une réaction d'oxydoréduction



2 La conversion de l'énergie

Modification de la structure moléculaire :
ruptures et formations de liaisons

Réaction **exothermique** : énergie transférée $Q < 0$

$$Q = n \times E_{\text{comb}}$$

$\begin{matrix} \text{J} & & \text{mol} & & \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \\ \swarrow & & \uparrow & & \swarrow \\ & & & & \end{matrix}$

- **Énergie molaire de combustion** E_{comb} = énergie libérée lors de la combustion d'une mole de combustible ($E_{\text{comb}} < 0$).

- n = quantité de matière de combustible.

$$Q = -m \times PC$$

$\begin{matrix} \text{J} & & \text{kg} & & \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \\ \swarrow & & \uparrow & & \swarrow \\ & & & & \end{matrix}$

- **Pouvoir calorifique** PC d'un combustible = énergie que l'on peut récupérer lors de la combustion d'un kilogramme de combustible ($PC > 0$).

- m = masse de combustible.

$$E_{\text{comb}} = \left[\begin{array}{l} \text{somme des énergies} \\ \text{de liaisons rompues} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{somme des énergies} \\ \text{de liaisons formées} \end{array} \right]$$

3 Les enjeux des réactions de combustion

Réactions de combustion

Utilisation

Énergie libérée utilisée dans le domaine des transports ou de l'habitat.

Émission de gaz

Émission de gaz à effet de serre participant au réchauffement climatique.

Alternatives

- Utilisation de carburants issus de matières organiques renouvelables.
- Élaboration de systèmes moins énergivores et plus efficaces.