

Exercices 1 Combustions et énergie chimique

Les bases : équations de combustion, tests, énergies de liaison, pouvoir calorifique

6 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 1 h 30 · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Écrire l'équation de la combustion complète d'un alcane ou d'un alcool et identifier ses produits ; estimer une énergie molaire de réaction par les énergies de liaison ; exploiter un pouvoir calorifique et une expérience de calorimétrie ; décrire une combustion incomplète et ses dangers.

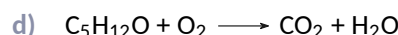
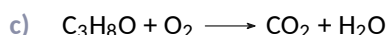
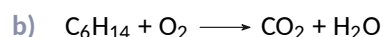
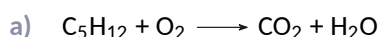
■ RAPPEL — L'essentiel du chapitre

- **Combustion complète** d'un alcane ou d'un alcool : combustible (réducteur) + O_2 (comburant, oxydant) $\rightarrow CO_2 + H_2O$. Tests : CO_2 trouble l'eau de chaux ; l'eau fait bleuir le sulfate de cuivre anhydre (blanc).
- **Énergie molaire de réaction** (espèces à l'état gazeux) : $E_r = \sum E(\text{liaisons rompues}) - \sum E(\text{liaisons formées})$ en $kJ \cdot mol^{-1}$; $E_r < 0$: réaction exothermique. Énergie libérée par n moles de combustible : $Q = n |E_r|$ (E_r rapportée à une mole de combustible).
- **Pouvoir calorifique** : $PC = |E_r|/M$; $Q = m \times PC$ ($1 kJ \cdot g^{-1} = 1 MJ \cdot kg^{-1} = 10^6 J \cdot kg^{-1}$). **Calorimétrie** : $Q_{\text{eau}} = m_{\text{eau}} c_{\text{eau}} \Delta\theta$; rendement $\eta = Q_{\text{eau}}/Q$.
- **Combustion incomplète** (manque de O_2) : monoxyde de carbone CO (inodore, très toxique), carbone (suies, flamme jaune).

Exercice 1 Ajuster une équation de combustion

●○○

Ajuster, avec les plus petits coefficients entiers, les équations de combustion complète suivantes. Nommer chaque combustible sachant que tous ont une chaîne carbonée linéaire et que, pour les alcools, le groupe hydroxyle est en bout de chaîne.



Exercice 2 Que produit une bougie ?

●○○

La paraffine d'une bougie est un mélange d'alcane, modélisé par $C_{25}H_{52}$. On allume la bougie et on la recouvre d'un bécher retourné, sec et froid : de fines gouttelettes apparaissent sur la paroi. On recommence, puis on verse rapidement un peu d'eau de chaux dans le bécher et on agite : elle se trouble.

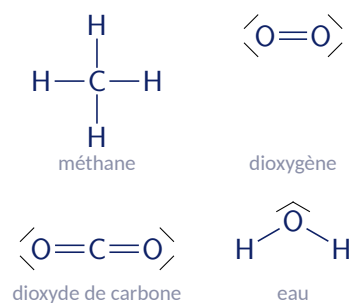
- 2.1 Quel test permettrait de montrer que les gouttelettes sont de l'eau ? Décrire le résultat attendu.
- 2.2 Quelle espèce le second test met-il en évidence ?
- 2.3 Écrire l'équation de la combustion complète de la paraffine.
- 2.4 Au bout d'un moment, la flamme s'éteint sous le bécher. Proposer une explication.

Exercice 3 Énergie de combustion du méthane

●○○

La combustion complète du méthane, toutes les espèces étant à l'état gazeux, a pour équation $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Les schémas de Lewis des espèces sont donnés figure 1.

- 3.1 Faire la liste des liaisons rompues et des liaisons formées lorsque la réaction se produit avec les quantités de matière de l'équation (1 mol de méthane).
- 3.2 Calculer l'énergie nécessaire pour rompre les liaisons des réactifs, puis l'énergie libérée par la formation des liaisons des produits.
- 3.3 En déduire l'énergie molaire de réaction E_r . La combustion est-elle exothermique ou endothermique ?



■ **DONNÉES** Énergies de liaison en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$:
 $\text{C}-\text{H}$: 413 ; $\text{O}-\text{H}$: 463 ; $\text{O}=\text{O}$: 498 ; $\text{C}=\text{O}$ (dans CO_2) : 804

Exercice 4 Le schéma énergétique de la combustion du dihydrogène

●●○

Certains bus urbains fonctionnent au dihydrogène. La combustion du dihydrogène a pour équation $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. La figure 2 décrit cette réaction en deux étapes fictives : toutes les liaisons des réactifs sont rompues (étape 1), puis les atomes isolés s'associent pour former les produits (étape 2).

- 4.1 Calculer les énergies E_1 et E_2 mises en jeu au cours des étapes 1 et 2. Laquelle est reçue par le système, laquelle est cédée ?
- 4.2 En déduire l'énergie E de la réaction telle qu'elle est écrite, puis l'énergie molaire de réaction E_r rapportée à 1 mol de dihydrogène.
- 4.3 Montrer que le pouvoir calorifique du dihydrogène vaut environ $120\text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Quel est l'intérêt de ce combustible pour l'environnement ?

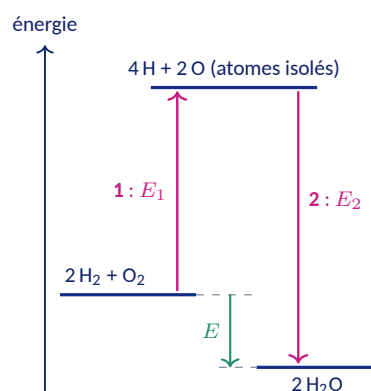


Figure 2 — Schéma énergétique (espèces gazeuses)

■ **DONNÉES** Énergies de liaison en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$:
 $\text{H}-\text{H}$: 436 ; $\text{O}-\text{H}$: 463 ; $\text{O}=\text{O}$: 498 • $M(\text{H}) = 1,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Exercice 5 Faire bouillir l'eau des pâtes

●●○

Sur une gazinière, on porte $m_{\text{eau}} = 1,50\text{ kg}$ d'eau de $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ à $\theta_f = 100^\circ\text{C}$. Le compteur indique que $20,0\text{ g}$ de méthane ont été brûlés. Pouvoir calorifique du méthane : $\text{PC} = 50,0\text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$.

■ **DONNÉES** $c_{\text{eau}} = 4,18\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

- 5.1 Calculer l'énergie Q_{eau} reçue par l'eau.
- 5.2 Calculer l'énergie Q libérée par la combustion du méthane, puis le rendement du chauffage.
- 5.3 Où est passée l'énergie qui n'a pas chauffé l'eau ? Proposer deux moyens simples d'améliorer ce rendement.

Exercice 6 Flamme bleue ou flamme jaune ?

●○○

Au laboratoire, un bec Bunsen brûle du méthane. Virole fermée, l'air n'entre pas à la base du brûleur : la flamme est jaune, éclairante, et noircit le fond d'une capsule en porcelaine. Virole ouverte, la flamme est bleue et très chaude.

- 6.1 Dans quel cas la combustion est-elle complète ? Justifier.
- 6.2 Quel est le dépôt noir ? Ajuster l'équation $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{C} + \text{H}_2\text{O}$. Pourquoi la flamme est-elle jaune ?
- 6.3 Il peut aussi se former du monoxyde de carbone : ajuster $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$. Pourquoi ce gaz est-il particulièrement dangereux ? Citer deux précautions à prendre avec les appareils de chauffage au gaz.