Combustions : énergie libérée et enjeux

Fiche méthode

(Physique-chimie 1re spécialité · Constitution et transformations de la matière · Conversion de l'énergie stockée dans la matière organique)

La démarche pour toute question sur une combustion

1. J'écris l'équation ajustée pour une mole de combustible : C, puis H, puis O.

2. Je calcule les quantités : $n = m \div M$, puis les proportions de l'équation.

3. Je calcule l'énergie : $Q = n \times |E_{comb}|$, $PC = |E_{comb}| \div M$, ou l'estimation « rompues − formées ».

4. Je conclus : signe, unité, CO_2 émis par MJ, enjeux.

Le réflexe — tout part de l'équation pour une mole de combustible : elle donne les quantités, les liaisons à compter et le CO_2 émis.

Cas 1 · Oxydant, réducteur et produits

Réflexe — combustible = réducteur, dioxygène = oxydant ; assez de dioxygène : CO_2 et H_2O ; sinon CO et suie en plus.

Exemple. Le dihydrogène brûle dans le dioxygène. Couples H^+/H_2 et O_2/H_2O : retrouver l'équation à l'aide des demi-équations.

Réducteur : $H_2 = 2\,H^+ + 2\,e^-$, à multiplier par 2 (4 électrons).
Oxydant : $O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- = 2\,H_2O$.
Somme simplifiée : $2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$.

Attention — les demi-équations sont une écriture formelle : on simplifie H^+, e^- et H_2O avant de conclure.

Cas 2 · Ajuster une combustion complète

Réflexe — $C \rightarrow CO_2$; $H \rightarrow H_2O$; O en dernier, avec l'O de l'alcool ; puis tout $\times 2$ si besoin.

Exemple. Écrire l'équation de la combustion complète du décane $C_{10}H_{22}$ avec les plus petits nombres entiers.

10 CO_2 et 11 H_2O, soit $20 + 11 = 31$ atomes O : $31/2\ O_2$.
$\times 2$: $2\,C_{10}H_{22} + 31\,O_2 \rightarrow 20\,CO_2 + 22\,H_2O$.

Attention — on n'ajuste jamais en changeant un indice.

Cas 3 · Énergie libérée et pouvoir calorifique

Réflexe — $n = m \div M$; $Q = n \times |E_{comb}|$; $PC = |E_{comb}| \div M$; mesure : $PC \approx m_{eau} \times c \times \Delta\theta \div m_{brûlée}$.

Exemple. Heptane C_7H_{16} : $M = 100\ g \cdot mol^{-1}$, $E_{comb} = -4\,466\ kJ \cdot mol^{-1}$. Énergie libérée par 50,0 g ? Pouvoir calorifique ?

$n = 50{,}0 \div 100 = 0{,}500$ mol ; $Q = 0{,}500 \times 4\,466 = 2\,233$ kJ.
$PC = 4\,466 \div 100 \approx 44{,}7\ kJ \cdot g^{-1} = 44{,}7\ MJ \cdot kg^{-1}$.

Attention — valeur absolue de E_{comb} ; 1 kWh = 3,6 MJ ; un PC mesuré est plus faible que celui des tables.

Cas 4 · Estimer E_{comb} avec les énergies de liaison

Réflexe — équation pour une mole ; compter les liaisons ; E ≈ rompues − formées.

Exemple. Estimer l'énergie molaire de combustion du butane C_4H_{10} (C–H 413 ; C–C 348 ; O=O 498 ; C=O 804 ; O–H 463 kJ·mol^{-1}).

$C_4H_{10} + 13/2\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O$.
Rompues : $3 \times 348 + 10 \times 413 + 6{,}5 \times 498 = 8\,411$ kJ.
Formées : $8 \times 804 + 10 \times 463 = 11\,062$ kJ.
$E \approx 8\,411 - 11\,062 = -2\,651$ kJ·mol^{-1}.

Attention — CO_2 = 2 liaisons C=O, H_2O = 2 liaisons O–H ; résultat négatif pour une combustion.

Cas 5 · CO_2 émis par mégajoule

Réflexe — $n = 1\,000 \div |E_{comb}|$; $n(CO_2)$ par l'équation ; $m = n \times 44{,}0$.

Exemple. Hexane C_6H_{14} : $E_{comb} = -3\,857$ kJ·mol^{-1}. Masse de CO_2 émise par MJ ?

$n \approx 1\,000 \div 3\,857 \approx 0{,}25927$ mol ; $n(CO_2) = 6\ n \approx 1{,}5556$ mol.
$m \approx 1{,}5556 \times 44{,}0 \approx 68{,}4$ g de CO_2 par MJ.

Attention — un biocarburant émet du CO_2 en brûlant : c'est l'origine récente de son carbone qui réduit le bilan.

Les pièges

- Oublier l'atome d'oxygène de l'alcool en ajustant l'équation.
- Faire « formées − rompues » : l'énergie de combustion trouvée devient positive.
- Calculer $PC = |E_{comb}| \times M$ au lieu de $|E_{comb}| \div M$.
- Confondre le monoxyde de carbone CO, toxique, et le dioxyde de carbone CO_2.
- Croire qu'un biocarburant ou le dihydrogène n'entraîne aucune émission de CO_2.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).