

Contrôle B Combustions et énergie chimique

Chaudière au gaz naturel, monoxyde de carbone, choix d'un réchaud

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 3 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

Toute réponse doit être justifiée. Les résultats numériques sont donnés avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité. Une expression littérale est attendue avant chaque application numérique. Dans l'exercice 3, toute démarche, même incomplète, sera valorisée.

Exercice 1 Automatismes

4 pts ●○○○

■ DONNÉES $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ • $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

- 1.1 Écrire l'équation de la combustion complète du méthylpropane C_4H_{10} , avec les plus petits coefficients entiers.
- 1.2 Décrire les deux tests qui permettent d'identifier les produits de cette combustion (réactif utilisé et observation).
- 1.3 Le pouvoir calorifique du méthylpropane vaut $45,6 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$. L'exprimer en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, puis calculer l'énergie libérée par la combustion complète de $2,5 \text{ kg}$ de ce gaz, en kWh.
- 1.4 Calculer l'énergie nécessaire pour faire passer 250 g d'eau de 20°C à 80°C .

Exercice 2 Une chaudière au gaz naturel

9 pts ●●○○

Le gaz naturel distribué dans une ville est un mélange contenant, en volume, 90 % de méthane CH_4 et 10 % d'éthane C_2H_6 . On l'utilise dans une chaudière de rendement 95 %, qui chauffe une maison. On considère que toutes les espèces sont gazeuses et que la combustion est complète. L'énergie molaire de combustion du méthane vaut $E_r(\text{CH}_4) = -812 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

■ DONNÉES Énergies de liaison en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$: C-H : 413 ; C-C : 348 ; O-H : 463 ; O=O : 498 ; C=O (dans CO_2) : 804 • masses molaires en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: H : 1,0 ; C : 12,0 ; O : 16,0 • $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (gaz à 20°C) • $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$

- 2.1 Écrire l'équation de la combustion complète de l'éthane, avec des coefficients entiers.
- 2.2 Représenter le schéma de Lewis de l'éthane. Montrer que l'énergie molaire de combustion de l'éthane, rapportée à une mole d'éthane, vaut $E_r(\text{C}_2\text{H}_6) \approx -1,43 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- 2.3 Calculer les quantités de matière de méthane et d'éthane contenues dans $1,00 \text{ m}^3$ de gaz naturel à 20°C .
- 2.4 Montrer que la combustion de $1,00 \text{ m}^3$ de gaz naturel libère environ 36 MJ , soit environ 10 kWh . Cette grandeur est le pouvoir calorifique volumique du gaz.
- 2.5 Les besoins de chauffage de la maison s'élèvent à $12\,000 \text{ kWh}$ par an. Calculer le volume de gaz consommé en un an.
- 2.6 Calculer la masse de dioxyde de carbone rejetée en un an.

Une chaudière mal entretenue, dont l'arrivée d'air est obstruée, produit du monoxyde de carbone. Un détecteur mesure sa proportion dans l'air en ppm (parties par million en volume : 1 ppm correspond à 1 mL de gaz par m³ d'air).

- 2.7** Écrire l'équation de la combustion incomplète du méthane conduisant à CO et à l'eau.
- 2.8** Dans une buanderie fermée de 40 m³, 32 L de CO se sont accumulés. Quels effets l'occupant risque-t-il ? Quelle masse de méthane a été brûlée de façon incomplète pour former ce gaz ?
- 2.9** Pourquoi le monoxyde de carbone est-il surnommé le « tueur silencieux » ? Citer deux mesures de prévention.

CO dans l'air	Effets sur un adulte
200 ppm	maux de tête après 2 à 3 h
400 ppm	maux de tête en 1 à 2 h, danger de mort au-delà de 3 h
800 ppm	vertiges, nausées en 45 min ; perte de connaissance en 2 h
1 600 ppm	maux de tête en 20 min ; décès en moins de 2 h

Tableau — Effets du monoxyde de carbone

Exercice 3 Quel réchaud emporter en randonnée ?

7 pts ●●●

Deux amis préparent une randonnée de 5 jours en autonomie. Chaque jour, ils doivent faire bouillir 2,0 L d'eau, prélevée dans les torrents à 10 °C. Ils hésitent entre deux réchauds.

	Réchaud A : à alcool	Réchaud B : à gaz
Combustible	éthanol C ₂ H ₆ O (liquide)	gaz en cartouche, modélisé par le butane C ₄ H ₁₀
Pouvoir calorifique	26,8 kJ·g ⁻¹	45,7 kJ·g ⁻¹
Rendement de chauffage	30 %	45 %
Masse du réchaud	150 g	90 g
Contenant	flacon de 60 g (vide), de contenance suffisante	cartouches de 230 g de gaz, de masse 130 g une fois vides

■ **DONNÉES** $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ • masse volumique de l'eau : $1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ • masses molaires en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: H : 1,0 ; C : 12,0 ; O : 16,0

- 3.1** Montrer que l'énergie que doit recevoir l'eau pendant la randonnée vaut environ $3,8 \times 10^3 \text{ kJ}$.
- 3.2** Quel réchaud permet d'emporter la charge la plus légère (réchaud, combustible et contenant) ? Justifier par des calculs.
- 3.3** Calculer, pour chaque réchaud, la masse de CO₂ rejetée pendant la randonnée. L'éthanol vendu comme « alcool à brûler » est souvent d'origine végétale : en quoi cela modifie-t-il la comparaison ?
- 3.4** La température d'ébullition du butane est $-0,5^\circ\text{C}$. Pourquoi le réchaud B fonctionne-t-il mal par un matin de gel ? Pourquoi est-il dangereux d'utiliser l'un ou l'autre réchaud dans une tente fermée ?