Devoir surveillé – Combustions : énergie libérée et enjeux

Les combustibles usuels et la combustion modélisée par une oxydoréduction ; l'équation de la combustion complète d'un alcane et d'un alcool ; l'énergie molaire de combustion, l'énergie libérée et le pouvoir calorifique massique, estimé par l'expérience ; l'interprétation par les énergies de liaison en phase gazeuse ; les applications, les risques et les enjeux pour le climat.

Durée : 60 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Spe-physique-chimie 1re

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Le méthanol, carburant de porte-conteneurs ★★ *(5 pts)*

Mis en service en 2023, le Laura Maersk est le premier porte-conteneurs dont les moteurs peuvent fonctionner au méthanol CH_4O, un alcool qui peut être fabriqué à partir de biomasse. Ses deux réservoirs contiennent 1 400 m^3 de méthanol.
Données : $M(CH_4O) = 32{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$; masse volumique du méthanol : $0{,}792\ \text{kg·L}^{-1}$; énergie molaire de combustion du méthanol : $-638\ \text{kJ·mol}^{-1}$; couples CO_2/CH_4O : $CO_2 + 6\ H^+ + 6\ e^- = CH_4O + H_2O$, et O_2/H_2O : $O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- = 2\ H_2O$.

a) Identifier l'oxydant et le réducteur de la combustion, en justifiant à l'aide des électrons échangés.

b) Combiner les deux demi-équations pour établir l'équation de la combustion complète du méthanol, avec les plus petits nombres entiers.

c) Calculer les quantités de dioxygène consommé et de dioxyde de carbone formé par la combustion complète de 0,150 mol de méthanol.

d) Calculer l'énergie libérée par la combustion complète des 1 400 m^3 de méthanol des réservoirs.

e) Si l'air manque, le méthanol forme du monoxyde de carbone et de l'eau. Écrire l'équation correspondante et expliquer le danger de ce gaz.

Exercice 2 – Combustion du pentane ★★ *(5 pts)*

Énergies de liaison (kJ·mol^{-1}) : C–H 413 ; C–C 348 ; O=O 498 ; C=O (dans CO_2) 804 ; O–H 463. Toutes les espèces sont supposées gazeuses. $M(C_5H_{12}) = 72{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$.

a) Écrire l'équation de la combustion complète d'une mole de pentane C_5H_{12}.

b) Faire le bilan des liaisons rompues et des liaisons formées.

c) Estimer l'énergie molaire de combustion du pentane.

d) Calculer l'énergie libérée par la combustion de 25,0 g de pentane.

e) La valeur des tables est $-3\,272\ \text{kJ·mol}^{-1}$. Calculer l'écart relatif, puis expliquer pourquoi l'estimation n'est qu'approchée.

Exercice 3 – Le pouvoir calorifique d'une bougie ★★★ *(5 pts)*

Pour estimer le pouvoir calorifique de la paraffine, on place 150 g d'eau dans une canette en aluminium au-dessus d'une bougie. La masse de la bougie diminue de 0,75 g pendant que la température de l'eau passe de 18,0 °C à 48,0 °C. Énergie reçue par l'eau : $Q = m \times c \times \Delta\theta$, avec $c = 4{,}18\ \text{J·g}^{-1}\text{·°C}^{-1}$. Pouvoir calorifique de la paraffine dans les tables : $42\ \text{MJ·kg}^{-1}$.

a) Calculer l'énergie reçue par l'eau.

b) En déduire une estimation du pouvoir calorifique de la paraffine, en MJ·kg^{-1}.

c) Quelle part de la valeur des tables cette mesure représente-t-elle ?

d) Un dépôt noir apparaît sous la canette. L'interpréter, puis citer une autre cause de l'écart.

e) Proposer deux modifications du protocole pour réduire l'écart.

Exercice 4 – Chauffer un gîte : propane ou granulés de bois ? ★★★ *(5 pts)*

Un gîte consomme 9 000 kWh par an pour son chauffage. Option A : une chaudière au propane C_3H_8 ($M = 44{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$, $E_{comb} = -2\,044\ \text{kJ·mol}^{-1}$). Option B : un poêle à granulés de bois, de pouvoir calorifique $4{,}6\ \text{kWh·kg}^{-1}$ (valeur minimale du label ENplus A1). On suppose que toute l'énergie libérée sert au chauffage.
Données : $M(CO_2) = 44{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$; $1\ \text{kWh} = 3{,}6\ \text{MJ}$.

a) Exprimer l'énergie annuelle en kilojoules.

b) Option A : calculer la quantité puis la masse de propane brûlées en un an.

c) Option A : calculer la masse de dioxyde de carbone rejetée en un an.

d) Option B : calculer la masse de granulés brûlés en un an.

e) La combustion du bois rejette aussi du CO_2. Expliquer pourquoi l'option B est tout de même considérée comme moins émettrice, et citer une limite.

Bon courage !

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).