

Devoir bilan Combustions et énergie chimique

Nomenclature, Lewis et polarité, solubilité, oxydoréduction, avancement, quantités de gaz et combustions

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 3 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

Les trois exercices sont indépendants. Toute réponse doit être justifiée ; une expression littérale est attendue avant chaque application numérique, et les résultats sont donnés avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité. Toute démarche, même partielle, sera valorisée.

Exercice 1 Le biobutanol, un carburant d'avenir ?

8 pts ●●●○

Le butan-1-ol peut être produit par fermentation de résidus agricoles : on parle de biobutanol. Il est étudié comme additif à l'essence, en concurrence avec le bioéthanol.

Espèce	Formule	Masse volumique ($\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Solubilité dans l'eau à 20°C	Énergie libérée par litre ($\text{MJ} \cdot \text{L}^{-1}$)
éthanol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	0,79	miscible en toutes proportions	21,2
butan-1-ol	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	0,81	$73 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	à calculer
essence	modèle : C_8H_{18}	0,75	quasi nulle	32,3

■ **DONNÉES** Énergies de liaison en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$: C-H : 413 ; C-C : 348 ; C-O : 358 ; 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 • Z : H : 1 ; C : 6 ; O : 8 • χ (Pauling) : H : 2,2 ; O : 3,4

- 1.1 Écrire la formule semi-développée du butan-1-ol ; entourer son groupe caractéristique, le nommer et donner la famille. Écrire la formule semi-développée d'un isomère de position et le nommer.
- 1.2 Établir le schéma de Lewis du butan-1-ol. Quelle est la géométrie autour de l'atome d'oxygène ? La liaison O-H est-elle polarisée ? Justifier et indiquer les charges partielles.
- 1.3 Interpréter la différence de solubilité dans l'eau entre l'éthanol et le butan-1-ol, en citant le type d'interaction mis en jeu. Pourquoi est-ce un avantage du butan-1-ol pour le stockage en mélange avec l'essence ?
- 1.4 Écrire l'équation de la combustion complète du butan-1-ol.
- 1.5 Montrer que l'énergie molaire de cette combustion, estimée par les énergies de liaison (espèces gazeuses), vaut $E_r \approx -2,49 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. En déduire le pouvoir calorifique du butan-1-ol en $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$.
- 1.6 Calculer l'énergie libérée par la combustion d'un litre de butan-1-ol. Comparer aux deux autres carburants du tableau et conclure.
- 1.7 Calculer la masse de CO_2 émise par mégajoule libéré par la combustion du butan-1-ol. Pourquoi ce CO_2 contribue-t-il peu à l'augmentation de l'effet de serre, contrairement à celui de l'essence ?

Exercice 2 Une combustion dans un eudiomètre

6 pts ●●○

Un eudiomètre est un tube gradué fermé, retourné sur une cuve à eau, muni de deux électrodes qui permettent de produire une étincelle (figure 1). On y introduit $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'éthane C_2H_6 et $V_2 = 100,0 \text{ mL}$ de dioxygène, mesurés à 20°C et à la pression atmosphérique. Une étincelle provoque la combustion complète de l'éthane. Après retour à 20°C , l'eau formée est liquide et son volume est négligeable.

■ **DONNÉES** $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ (gaz à 20°C) • 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

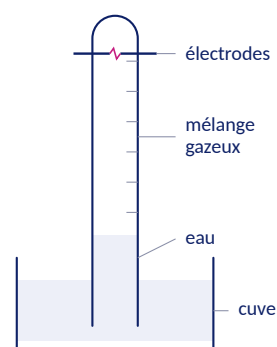


Figure 1 — Eudiomètre

- 2.1 Écrire l'équation de la combustion complète de l'éthane, avec les plus petits coefficients entiers.
- 2.2 Calculer les quantités de matière initiales d'éthane et de dioxygène.
- 2.3 À l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal.
- 2.4 Déterminer la composition du gaz restant dans l'eudiomètre à la fin et montrer que son volume vaut 70 mL (la dissolution des gaz dans l'eau est négligée).
- 2.5 On fait ensuite barboter ce gaz dans de l'eau de chaux, puis on introduit une bûchette incandescente dans le gaz qui n'a pas réagi avec l'eau de chaux. Décrire les observations attendues.
- 2.6 Quel volume minimal de dioxygène aurait-il fallu introduire pour brûler complètement les $20,0 \text{ mL}$ d'éthane ? Comment qualifie-t-on alors le mélange initial ?
- 2.7 Estimer, à l'aide des énergies de liaison, l'énergie libérée par la combustion de l'éthane introduit.

Exercice 3 Préparer et brûler du dihydrogène

6 pts ●●○

Au laboratoire, on prépare du dihydrogène en faisant réagir un ruban de magnésium de masse $m = 0,243 \text{ g}$ avec $V = 50,0 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique de concentration $c = 0,50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en ions H^+ . Le gaz est recueilli par déplacement d'eau dans une éprouvette. Couples : Mg^{2+}/Mg et H^+/H_2 .

■ **DONNÉES** $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ • $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ (gaz à 20°C) • énergies de liaison en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$: H-H : 436 ; O-H : 463 ; O=O : 498

- 3.1 Écrire les deux demi-équations électroniques, puis l'équation de la réaction. Identifier l'oxydant et le réducteur ; quelle espèce est oxydée ?
- 3.2 Déterminer le réactif limitant et le volume maximal de dihydrogène recueilli à 20°C .
- 3.3 Calculer les concentrations en ions Mg^{2+} et H^+ dans la solution à la fin de la transformation (volume inchangé).
- 3.4 On approche une flamme de l'éprouvette : on entend une légère détonation. Écrire l'équation de la combustion du dihydrogène. Montrer, à l'aide des énergies de liaison, que son énergie molaire de réaction vaut environ $-241 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ de dihydrogène, puis calculer l'énergie libérée par la combustion de tout le dihydrogène recueilli.
- 3.5 Le dihydrogène est présenté comme un carburant « propre ». Justifier cette affirmation, puis la nuancer en évoquant son mode de production industriel.