

1^e Spécialité Physique Chimie

CHAPITRE 8

CONVERSION DE L'ÉNERGIE STOCKÉE DANS LA MATIÈRE ORGANIQUE

EXERCICES

Wulfran Fortin

Liste des exercices

Exercice 1

Exercice 2

Exercice 3

Exercice 4

Exercice 5

Exercice 6

Exercice 7

Exercice 8

Exercice 9

Exercice 10

Exercice 11

Exercice 12

Exercice 13

Exercice 14

Exercice 15

Exercice 16

Exercice 1

Énoncé

D'après Hatier 2019.

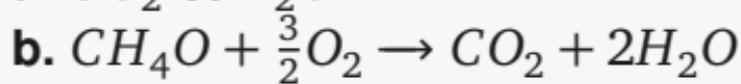
Le méthanol est le plus simple des alcools.

Sa formule brute est CH_4O .

- a.** Quels sont les produits formés lors de sa combustion complète ?
- b.** Écrire et ajuster l'équation de sa combustion.

Correction

a. CO_2 et H_2O .



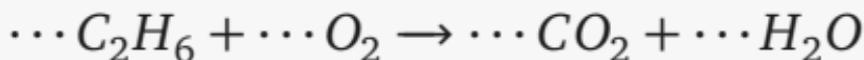
Exercice 2

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Recopier et ajuster les équations de réaction de combustion complète des alcanes suivants.

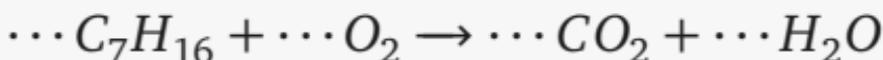
a.



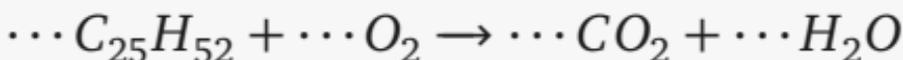
b.



c.

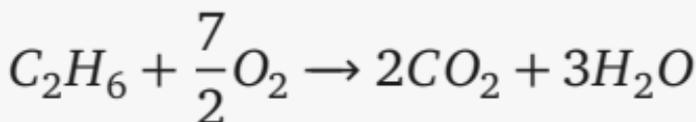


d.

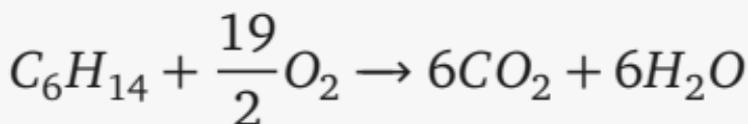


Correction

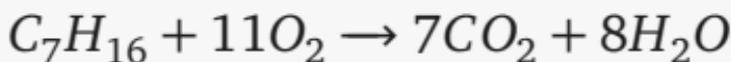
a.



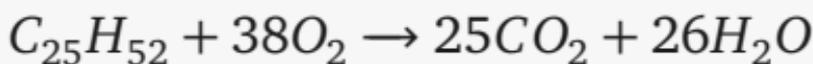
b.



c.



d.



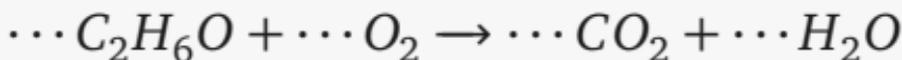
Exercice 3

Énoncé

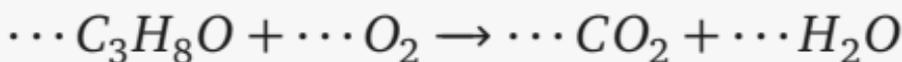
D'après Hatier 2019.

Recopier et ajuster les équations de réaction de combustion complète des alcools suivants.

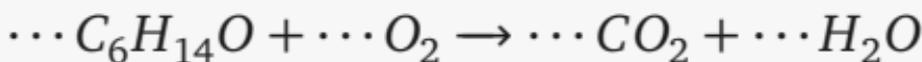
a.



b.



c.

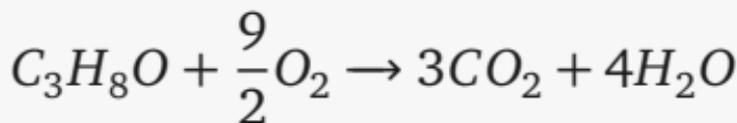


Correction

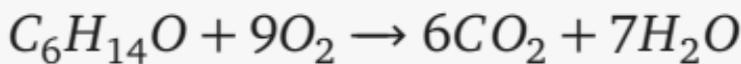
a.



b.



c.



Exercice 4

Énoncé

D'après Hatier 2019.

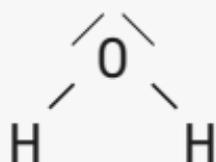
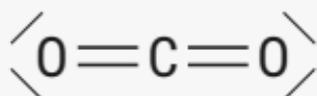
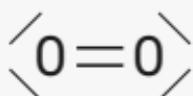
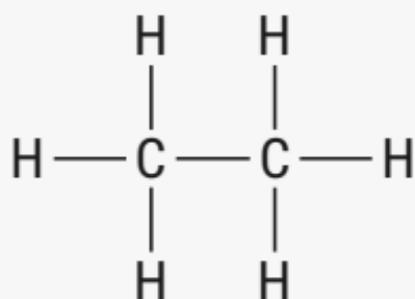
L'équation de combustion complète de l'éthane est



- Établir les schémas de Lewis des molécules mises en jeu dans cette équation.
- Indiquer la nature et le nombre de liaisons rompues pour les réactifs.
- Indiquer la nature et le nombre de liaisons rompues pour les produits.

Correction

a.



b. Il y a

- 6 liaisons H—C
- 1 liaison C—C
- 1 liaison O=O

c. Il y a

- 2 liaisons C=O
- 2 liaisons O—H

Exercice 5

Énoncé

D'après Hatier 2019.

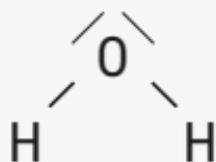
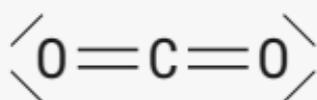
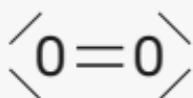
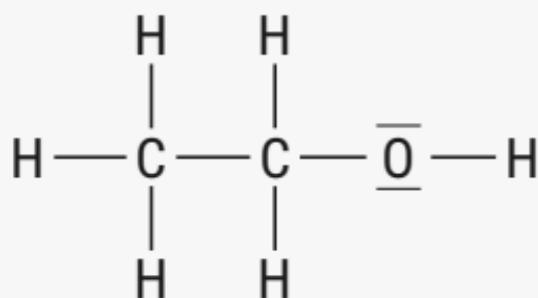
L'équation de combustion complète de l'éthanol est



- a.** Établir les schémas de Lewis des molécules mises en jeu dans cette équation.
- b.** Indiquer la nature et le nombre de liaisons rompues pour les réactifs.
- c.** Indiquer la nature et le nombre de liaisons rompues pour les produits.

Correction

a.



b. Il y a

- 5 liaisons H — C
- 1 liaison C — C
- 1 liaison C — O
- 1 liaison O — H
- 1 liaison O = O

c. Il y a

- 2 liaisons C = O
- 2 liaisons O — H

Exercice 6

Énoncé

D'après Hatier 2019.

On réalise la combustion complète de $m = 15.0 \text{ g}$ d'heptane C_7H_{16} de masse molaire $M = 100.0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

L'énergie molaire de la combustion de l'heptane vaut $E_r = -4.5 \text{ MJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- a.** Calculer la quantité de matière d'heptane mise en jeu.
- b.** Calculer l'énergie libérée par la combustion d'une masse $m = 15.0 \text{ g}$ d'heptane.

Correction

a.

$$\begin{aligned}n &= \frac{m}{M} \\ &= \frac{15.0 \text{ g}}{100.0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} \\ &= 0.15 \text{ mol}\end{aligned}$$

b.

$$\begin{aligned}E &= n \times E_r \\ &= 0.15 \text{ mol} \times (-4.5 \text{ MJ}\cdot\text{mol}^{-1}) \\ &= -0.675 \text{ MJ} \\ &= -675 \text{ kJ}\end{aligned}$$

Exercice 7

Énoncé

D'après Hatier 2019.

La combustion complète d'un volume $V = 780 \text{ mL}$ de butane libère une énergie $E = 92.1 \text{ kJ}$. La masse volumique du butane est $\rho = 2.48 \text{ g.L}^{-1}$.

- Calculer la masse de butane mise en jeu.
- En déduire le pouvoir calorifique du butane.

Correction

a.

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\&= 2.48 \text{ g.L}^{-1} \times 780 \text{ mL} \\&= 2.48 \text{ g.L}^{-1} \times 0.780 \text{ L} \\&= 1.93 \text{ g}\end{aligned}$$

b.

$$\begin{aligned}PC &= \frac{E}{m} \\&= \frac{92.1 \text{ kJ}}{1.93 \text{ g}} \\&= \frac{92.1 \text{ kJ}}{1.93 \times 10^{-3} \text{ kg}} \\&= 47.7 \times 10^3 \text{ kJ} \\&= 47.7 \text{ MJ}\end{aligned}$$

Exercice 8

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Le propan-1-ol est liquide à la température ambiante.

C'est un solvant très usuel en pharmacologie. Il est produit lors de la fermentation de la pomme de terre. Sa formule brute est C_3H_8O .

a. Écrire l'équation de sa combustion complète.

b. Calculer l'énergie molaire associée à cette réaction.

Données :

Énergies molaires de liaison en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

$\text{C} - \text{C} : 348$, $\text{O} = \text{O} : 498$

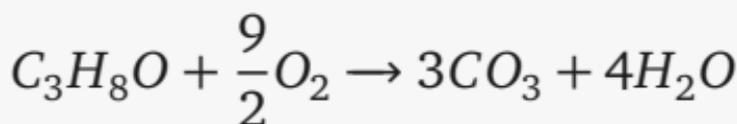
$\text{C} - \text{H} : 415$, $\text{C} = \text{O}$ dans CO_2 : 804

$\text{C} = \text{O} : 724$, $\text{O} - \text{H} : 463$

$\text{C} - \text{O} : 350$

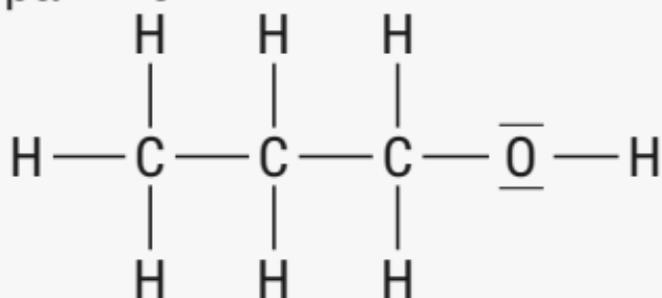
Correction

a.



b. On calcule l'énergie de liaison pour chaque molécule (réactifs et produits)

— propan-1-ol



$$\begin{aligned} E_{l_{\text{propan.}}} &= 7 \times D(C-H) \\ &+ 2 \times D(C-C) \\ &+ D(C-O) \\ &+ D(O-H) \\ &= 7 \times 415 \\ &+ 2 \times 348 \\ &+ 350 + 463 \\ &= 4414 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

— dioxygène

$$\begin{aligned} & \langle \text{O}=\text{O} \rangle \\ E_{l_{\text{diox.}}} &= D(\text{O}=\text{O}) \\ &= 498 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

— dioxyde de carbone

$$\begin{aligned} & \langle \text{O}=\text{C}=\text{O} \rangle \\ E_{l_{\text{carb.}}} &= 2 \times D(\text{C}=\text{O}) \\ &= 2 \times 804 \\ &= 1608 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

— eau

$$\begin{aligned} & \begin{array}{c} \langle \text{O} \rangle \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \\ E_{l_{\text{eau}}} &= 2 \times D(\text{O}-\text{H}) \\ &= 2 \times 463 \\ &= 926 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

On calcule la différence entre les énergies de liaison de tous les réactifs et celles de tous les produits, en tenant compte des coefficients stœchiométriques

$$\begin{aligned} E_r &= E_{l_{\text{diox.}}} + \frac{9}{2} \times E_{l_{\text{diox.}}} \\ &\quad - (3 \times E_{l_{\text{carb.}}} + 4 \times E_{l_{\text{eau}}}) \\ &= 4414 + \frac{9}{2} \times 498 \\ &\quad - (3 \times 1608 + 4 \times 926) \\ &= -1873 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

Exercice 9

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Pour chauffer la pièce principale d'une maison, les propriétaires hésitent entre une chaudière à fioul, une chaudière à gaz de ville (méthane) et une chaudière à bois. La chaudière devra produire une énergie moyenne de $E = 100 \text{ MJ}$ par jour pendant la saison de chauffe.

Le pouvoir calorifique PC des différents combustibles est

- fioul 44.5 MJ.kg^{-1}
- méthane 55.52 MJ.kg^{-1}
- bois 17.5 MJ.kg^{-1}

a. Quelle masse de combustible va-t-il falloir utiliser par jour pour chaque type de chaudière ?

b. Quelle est le combustible le plus intéressant du point de vu énergétique ?

c. Quelle est le combustible le plus intéressant du point de vu environnemental ?

Correction

a. On utilise la définition du pouvoir calorifique qui est l'énergie libérée par une certaine masse de combustible

$$PC = \frac{E}{m}$$

pour en déduire la masse de combustible nécessaire

$$m = \frac{E}{PC}$$

— pour le fioul

$$m_{\text{fioul}} = \frac{100 \text{ MJ}}{44.5 \text{ MJ.kg}^{-1}} = 2.25 \text{ kg}$$

— pour le méthane

$$m_{\text{gaz}} = \frac{100 \text{ MJ}}{55.2 \text{ MJ.kg}^{-1}} = 1.81 \text{ kg}$$

— pour le bois

$$m_{\text{fioul}} = \frac{100 \text{ MJ}}{17.5 \text{ MJ.kg}^{-1}} = 5.71 \text{ kg}$$

b. Le gaz possède le meilleur PC, de plus, sa combustion est totale, il ne libère que du CO_2 et H_2O contrairement au bois et au fioul dont les combustions sont imparfaites, ce qui libère des composés autres que l'eau et le dioxyde de carbone, qui sont nocifs pour les humains (goudrons, suies, poussières très fines).

L'intérêt du fioul est sa facilité de transport et de stockage comparé au gaz : c'est un liquide à température ambiante, le gaz doit lui être stocké dans des bouteilles sous pression ou transporté par gazoduc.

c. Le bois et éventuellement le méthane peuvent être produit de façon renouvelable par la biomasse : le dioxyde de carbone libéré par la combustion provient de l'atmosphère puis de la photosynthèse des plantes.

Le bois a pour inconvénient de produire de nombreuses micro particules (pollution de l'air) et la production de méthane peut augmenter l'effet de serre atmosphérique si ce méthane s'échappe accidentellement dans

l'air, il est en effet un puissant gaz à effet de serre, beaucoup plus efficace que le dioxyde de carbone.

Exercice 10

Énoncé

D'après Hatier 2019.

L'énergie de combustion de l'éthanol de formule brute C_2H_6O est

$$E_r = -1264 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- a.** Calculer l'énergie produite par 7.5 mol d'éthanol.
- b.** Calculer l'énergie produite par 1.0 kg d'éthanol.

Correction

a. Pour 1 mole, l'énergie produite est

$$E_r = -1264 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

dont pour n moles, l'énergie libérée sera

$$E = n \times E_r$$

et donc

$$\begin{aligned} E &= 7.5 \text{ mol} \times (-1264 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \\ &= -9480 \text{ kJ} \end{aligned}$$

b. On calcule la quantité de matière contenue dans une masse $m = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ d'éthanol

$$\begin{aligned} n &= \frac{m}{M} \\ &= \frac{1000 \text{ g}}{2 \times 12.0 + 6 \times 1.0 + 16.0} \\ &= 21.7 \text{ mol} \end{aligned}$$

L'énergie libérée sera alors

$$\begin{aligned} E &= 21.7 \text{ mol} \times (-1264 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \\ &= -27.4 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Exercice 11

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Le méthane appelé aussi «gaz de ville» peut être utilisé pour la cuisson des aliments ou le chauffage d'une habitation. Son pouvoir calorifique vaut

$$PC_{\text{méthane}} = 55.2 \text{ MJ.kg}^{-1}$$

a. Dans un chauffe-eau l'énergie thermique nécessaire pour faire passer une masse

$$m_e = 300 \text{ kg}$$

d'eau de $\theta_i = 20^\circ \text{C}$ à $\theta_f = 45^\circ \text{C}$ vaut

$$E = m_e \times 4185 \times (\theta_f - \theta_i)$$

Calculer la valeur de cette énergie.

b. Si le chauffe-eau fonctionne en brûlant du gaz de ville, quelle masse de méthane sera consommée ?

Correction

a.

$$\begin{aligned} E &= 300 \times 4185 \times (45 - 20) \\ &= 31.4 \times 10^6 \text{ J} \\ &= 31.4 \text{ MJ} \end{aligned}$$

b. Comme $E = m \times PC$, on a

$$m = \frac{E}{PC} = \frac{31.4 \text{ MJ}}{55.2 \text{ MJ.kg}^{-1}} = 0.569 \text{ kg}$$

Exercice 12

Énoncé

D'après Belin 2019.

Pour parcourir 100 km , la combustion du diesel dans le moteur d'un véhicule libère une énergie $E = 230 \text{ MJ}$.

La masse volumique du carburant est

$$\rho = 0.835 \text{ kg.L}^{-1}$$

et son pouvoir calorifique

$$PC = 44.8 \text{ MJ.kg}^{-1}$$

- Calculer la masse de diesel consommé par le véhicule pour parcourir 100 km .
- En déduire la consommation du véhicule exprimée en litre de diesel pour 100 km .

Correction

a. Comme $E = m \times PC$ alors

$$m = \frac{E}{PC} = \frac{230 \text{ MJ}}{44.8 \text{ MJ.kg}^{-1}} = 5.13 \text{ kg}$$

b. Comme $m = \rho \times V$ alors

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{5.13 \text{ kg}}{0.835 \text{ kg.L}^{-1}} = 6.15 \text{ L}$$

La consommation est de 6.15 L pour 100 km.

Exercice 13

Énoncé

D'après Belin 2019.

Un briquet contient 12.0 g de butane de formule brute C_4H_{10} .

Les énergies de liaisons sont

$$- D_{C-H} = 413 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{C-C} = 348 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{O=O} = 498 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{O-H} = 463 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{C=O} = 798 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

a. Montrer que l'énergie molaire de combustion du butane est évaluée à

$$-2603 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

b. Calculer l'énergie libérée par la combustion complète du butane contenu dans le briquet.

— butane

$$\begin{aligned}E_l &= 10 \times D_{C-H} + 3 \times D_{C-C} \\ &= 10 \times 413 \text{ kJ.mol}^{-1} \\ &\quad + 3 \times 348 \text{ kJ.mol}^{-1} \\ &= 5174 \text{ kJ.mol}^{-1}\end{aligned}$$

— dioxygène

$$\begin{aligned}E_l &= D_{O=O} \\ &= 498 \text{ kJ.mol}^{-1}\end{aligned}$$

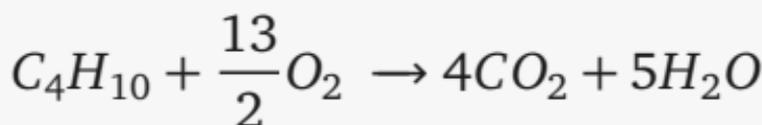
— dioxyde de carbone

$$\begin{aligned}E_l &= 2 \times D_{C=O} \\ &= 2 \times 798 \text{ kJ.mol}^{-1} \\ &= 1596 \text{ kJ.mol}^{-1}\end{aligned}$$

— eau

$$\begin{aligned}E_l &= 2 \times D_{O-H} \\ &= 2 \times 463 \text{ kJ.mol}^{-1} \\ &= 926 \text{ kJ.mol}^{-1}\end{aligned}$$

On écrit ensuite l'équation bilan de la réaction de combustion



et on calcule l'énergie de réaction à partir des énergies de liaison des molécules en tenant compte des coefficients stœchiométriques

$$\begin{aligned} E_r &= 5174 + \frac{13}{2} \times 498 \\ &\quad - (4 \times 1596 + 5 \times 926) \\ &= -2603 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

b. Le signe est négatif, car à la fin le système possède moins d'énergie, il l'a donné à l'extérieur.

c. On calcule le nombre de moles de gaz contenu dans le briquet

$$n = \frac{m}{M} = \frac{12.0}{4 \times 12 + 10 \times 1.0} = 0.21 \text{ mol}$$

ensuite on calcule l'énergie libérée

$$\begin{aligned} E &= n \times E_r \\ &= 0.21 \text{ mol} \times (-2603 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \\ &= -539 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Exercice 14

Énoncé

D'après Belin 2019.

Certains gaz de pétrole liquéfié (GPL) sont constitués à 90 % de propane C_3H_8 .

Stockés en citerne chez un particulier, leur combustion permet d'assurer le chauffage et la production d'eau chaude de l'habitation.

On donne les énergies de liaison suivantes

$$- D_{C-H} = 413 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{C-C} = 348 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{O=O} = 498 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{O-H} = 463 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$- D_{C=O} = 798 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

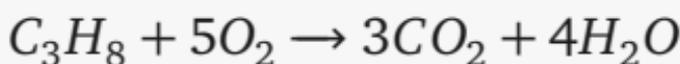
a. Écrire l'équation de la combustion complète du propane.

b. Écrire la formule développée des réactifs et des produits puis faire l'inventaire des liaisons rompues et formées au cours de la combustion.

c. À partir des énergies de liaisons, évaluer l'énergie molaire de combustion du propane.

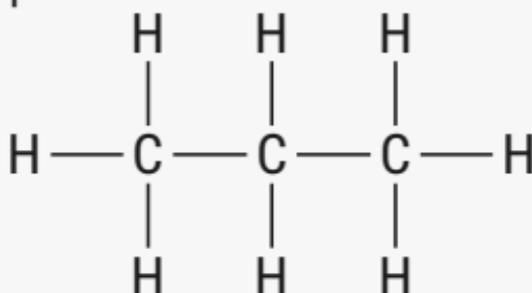
Correction

a.



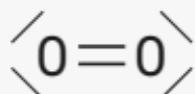
b.

— Le propane



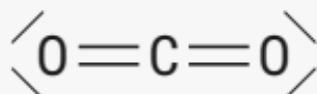
possède 8 liaisons C—H et 2 liaisons C—C

— Le dioxygène



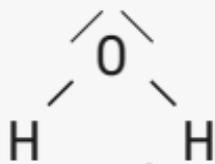
possède 1 liaison $O = O$

— Le dioxyde de carbone



possède 2 liaisons $C = O$

— L'eau



possède 2 liaisons $O - H$

Lors de la réaction de combustion, il y aura la rupture de 8 liaisons C—H , 2 liaisons C—C et 5 × 1 liaisons O=O, puis la formation de 3 × 2 liaisons C=O et 4 × 2 liaisons O—H.

c. On calcule l'énergie libérée lors de la réaction

$$\begin{aligned} E_r &= 8 \times 413 + 2 \times 348 + 5 \times 498 \\ &\quad - (6 \times 798 + 8 \times 463) \\ &= -2003 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

Exercice 15

Énoncé

D'après Belin 2019.

Les réservoirs de la fusée Ariane V contiennent 24.6 t de dihydrogène et 150 t de dioxygène.

Le moteur Vulcain propulse l'étage principal de la fusée, il est alimenté en dihydrogène et dioxygène, dont la combustion produit de la vapeur d'eau. Les énergies de liaisons sont

$$— D_{O=O} = 498 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$— D_{O-H} = 463 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$— D_{H-H} = 436 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

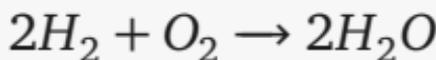
a. Écrire l'équation de la réaction se produisant dans le moteur Vulcain en partant d'une seule molécule de dihydrogène.

b. Déterminer la quantité de matière de dihydrogène consommée par le moteur Vulcain.

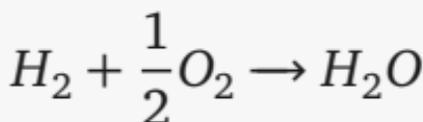
c. Calculer l'énergie libérée par le moteur Vulcain.

Correction

a.



donc pour une seule molécule de dihydrogène



b. $m = 24.6 \text{ t} = 24.6 \times 10^6 \text{ g}$ et $M(H_2) = 2 \text{ g.mol}^{-1}$ donc

$$n = \frac{m}{M} = 12.3 \times 10^6 \text{ mol}$$

c.

$$\begin{aligned} E_r &= 436 + \frac{1}{2}498 - 2 \times 463 \\ &= -241 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= n \times E_r \\ &= 12.3 \times 10^6 \text{ mol} \times (-241 \text{ kJ.mol}^{-1}) \\ &= -2900 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Exercice 16

Énoncé

D'après Belin 2019.

Correction