

Fiche d'exercices – Correction

LES RÉPONSES AUX QUESTIONS SERONT RÉDIGÉES SI BESOIN SUR LA FEUILLE DOUBLE DU CHAPITRE, EN RELEVANT BIEN LE NUMÉRO DE LA QUESTION CORRESPONDANTE.

Exercice n°1 : Comment déterminer un bilan carbone dans la cuisine ?

Lorsque l'on utilise une gazinière pour préparer un plat, une réaction de combustion est mise en œuvre, et du CO_2 est produit. Quelle quantité de dioxyde de carbone la cuisson de riz émet-elle ?

On donne les caractéristiques techniques d'une gazinière alimentée en gaz propane ou butane (Doc.1). Pour obtenir la cuisson de 100 g de riz, on utilise le brûleur rapide de type G30 alimenté en propane pendant une durée de 20 min.



▼ Doc.1 : Données constructeurs : Caractéristiques des brûleurs et injecteurs

Brûleur	Puissance thermique nominale (kW)	GAZ BUTANE-PROPANE – G30/G31 28/37 mbar				
		Diamètre injecteur 1/100 mm	By-pass mm 1/100	Puissance réduite (W)	Puissance g/h G30	Puissance g/h G31
Auxiliaire	1	50	30	350	73	71
Semi-Rapide	1.8	65	33	450	131	129
Rapide	3	85	45	800	218	214
Ultra-rapide (4)	3.2	91	85	1500	233	229
Ultra-rapide (8)	3.5	94	85	1500	255	250
Poissonnière	1.9	88	45	800	138	138
Four	3.2	87	50	900	233	229
Grand four	5.2	110	59	1300	378	372
Grill	2.9	87	//	//	211	207
Grand grill	4.0	100	//	//	291	288

Données : $M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{CO}_2} = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Q1. Déterminer le nombre de moles de propane qui ont réagi lors de la cuisson.

Une cuisson de 20 minutes correspond à un mode de cuisson « auxiliaire » ; la masse de propane qui a réagi lors de la cuisson est :

$$(m_{\text{propane}})_i = \frac{218}{3} = 72,7 \text{ g}$$

La quantité de matière correspondante est ni

$$(n_{\text{propane}})_i = \frac{(m_{\text{propane}})_i}{M_{\text{C}_3\text{H}_8}} = \frac{72,7}{44,0} = 1,65 \text{ mol}$$

Q2. Remplir le tableau d'avancement suivant (s'aider de la Fiche méthode n°5 « Calculer l'énergie libérée lors d'une combustion », première flèche).

	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	+	$5 \text{ O}_2(\text{g})$	→	$3 \text{ CO}_2(\text{g})$	+	$4 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$
État initial : $x = 0$ Quantités introduites à $t = 0$ (la transformation n'a pas débuté)	$(n_{\text{propane}})_i = 1,65 \text{ mol}$		Grand		0		0
État intermédiaire : x (au cours de la transformation)	$(n_{\text{propane}})_i - x$		Grand		$3x$		$4x$
État final $x = x_{\text{max}}$	$(n_{\text{propane}})_i - x_{\text{max}} = 0$		Grand		$3x_{\text{max}} = 4,95 \text{ mol}$		$4x_{\text{max}} = 6,60 \text{ mol}$

On nous indique ici qu'à l'état final il ne reste plus de propane, donc : $(n_{\text{propane}})_f = 0 \text{ mol}$, on a donc : $(n_{\text{propane}})_i - x_{\text{max}} = 0$ c'est-à-dire $x_{\text{max}} = (n_{\text{propane}})_i = 1,65 \text{ mol}$.

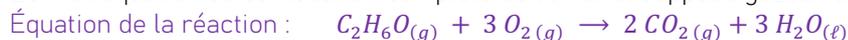
- Q3. En déduire les masses de dioxyde de carbone (CO_2) et d'eau (H_2O) produites lors de la cuisson.
La masse de dioxyde de carbone produite est :

$$(m_{CO_2})_f = (n_{CO_2})_f \times M_{CO_2} = 3 x_{max} \times M_{CO_2} = 3 \times 1,65 \times 44,0 = 218 \text{ g}$$
 La masse d'eau produite est : $(m_{H_2O})_f = 4 x_{max} \times M_{H_2O} = 4 \times 1,65 \times 18,0 = 119 \text{ g}$.
- Q4. Combien de kilomètres pouvez-vous parcourir avec une voiture dont l'émission de CO_2 est de $140 \text{ g} \cdot \text{km}^{-1}$ pour une quantité de dioxyde de carbone équivalente à la cuisson de votre riz ?
La masse de dioxyde de carbone produite lors de la combustion équivaut à celle produite par une automobile (dont l'émission en CO_2 est de 140 g/km) parcourant environ $1,56 \text{ km}$.
- Q5. Dans le cas de l'utilisation d'une plaque à induction, quelle serait la quantité de CO_2 produite ?
La cuisson par induction ne met pas en jeu une réaction de combustion : la quantité de CO_2 produite serait nulle.
- Q6. Comment déterminer la quantité de CO_2 produite lors d'une combustion ?
La détermination des quantités de matière des constituants mis en jeu lors d'une transformation chimique telle la combustion nécessite de calculer les quantités de matières à l'état initial afin de déterminer celles à l'état final. Il est préférable d'utiliser un tableau d'avancement.

Exercice n°2 : Véhicule Flex, acte I

Certains pays d'Amérique du Sud comme le Brésil sont pionniers dans l'emploi de l'éthanol (de formule brute C_2H_6O) comme biocarburant. On l'obtient là-bas à partir d'une plante à forte teneur en sucres : la canne à sucre.

- Q7. Écrire l'équation de combustion complète de l'éthanol supposé gazeux avec le dioxygène (l'eau formée est liquide).



On considère un véhicule Flex, nom donné aux véhicules conçus pour fonctionner indifféremment au carburant super sans plomb ou à l'« E85 » (85 % d'éthanol + 15 % d'essence).

Le réservoir contient une masse $m = 50 \text{ kg}$ de E85.

On suppose que la réaction de combustion du biocarburant se fait avec de l'éthanol pur.

- Q8. Faire un tableau d'avancement.

	$C_2H_6O_{(g)}$	+	$3 O_{2(g)}$	→	$2 CO_{2(g)}$	+	$3 H_2O_{(g)}$
État initial : $x = 0$ Quantités introduites à $t = 0$	$(n_{ethanol})_i = 1\,087 \text{ mol}$		Grand		0		0
État intermédiaire : x (au cours de la transformation)	$1\,087 - x$		Grand		$2x$		$3x$
État final $x = x_{max}$	$1\,087 - x_{max} = 0$		Grand		$2x_{max} = 2\,174 \text{ mol}$		$17x_{max} = 18\,479 \text{ mol}$

On considère que la combustion s'effectue avec de l'éthanol pur, on a donc $m_{ethanol} = 50 \text{ kg} = 50 \cdot 10^3 \text{ g}$

La quantité de matière initiale en éthanol est donc :

$$(n_{ethanol})_i = \frac{m_{ethanol}}{M_{ethanol}} = \frac{50 \cdot 10^3}{46} = 1\,087 \text{ mol}$$

- Q9. Montrer qu'une fois la combustion terminée, les quantités de matière formées en $H_2O_{(l)}$ et $CO_{2(g)}$ valent respectivement $3\,261 \text{ mol}$ et $2\,174 \text{ mol}$.

D'après le tableau d'avancement, les quantités de matière des produits formés en fin de réaction sont :

$$n_{CO_2} = 2 x_{max} = 2\,174 \text{ mol} \text{ et } n_{H_2O} = 3 x_{max} = 3\,261 \text{ mol}.$$

- Q10. En déduire la masse en CO_2 libérée par kilomètre, sachant que l'autonomie du véhicule est de 700 km .

Données : masse molaire de l'éthanol : $M_O = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

masse molaire du CO_2 : $M_C = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

La masse de dioxyde de carbone formé par combustion totale du réservoir (une autonomie de 700 km) est :

$$m_{CO_2} = n_{CO_2} \times M_{CO_2} = 2\,174 \times 44,0 = 9,56 \cdot 10^4 \text{ g} = 95,6 \text{ kg}$$

La masse de dioxyde de carbone libéré par km est donc : $9,56 \cdot 10^4 / 700 = 137 \text{ g/km}$

- Q11. Quelle est l'énergie thermique libérée à 25 °C par la réaction de combustion des 50 kg d'éthanol ?

Donnée : L'enthalpie de combustion à 25 °C de l'éthanol gazeux vaut $\Delta_C H^0 = -1,41 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$

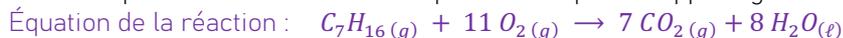
À 25 °C , l'énergie libérée par la combustion de 50 kg d'éthanol est :

$$Q_C = \Delta_C H^0 \times n_{ethanol} = -1,41 \cdot 10^6 \times 1087 = -1,53 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Exercice n°3 : Véhicule Flex, acte II

On reprend l'exercice n°2. Le véhicule Flex fonctionne maintenant avec du carburant super sans plomb (principal constituant : l'heptane, un hydrocarbure de formule brute C_7H_{16}). Le réservoir contient maintenant une masse de 45 kg d'heptane.

Q12. Écrire l'équation de combustion complète de l'heptane supposé gazeux avec le dioxygène (l'eau formée est liquide).



Q13. Pour simplifier, on supposera que le biocarburant est de l'heptane pur. Faire un tableau d'avancement. Calculer, une fois la combustion terminée, les quantités de matière formées en H_2O liquide et CO_2 gazeux.

Tableau d'avancement :

	$C_7H_{16(g)}$	+	$11 O_{2(g)}$	→	$7 CO_{2(g)}$	+	$8 H_2O_{(g)}$
État initial : $x = 0$ Quantités introduites à $t = 0$	$(n_{heptane})_i = 450 \text{ mol}$		Grand		0		0
État intermédiaire : x (au cours de la transformation)	$450 - x$		Grand		$7x$		$8x$
État final $x = x_{max}$	$450 - x_{max} = 0$		Grand		$7x_{max} = 3\,150 \text{ mol}$		$8x_{max} = 3\,600 \text{ mol}$

On a $m_{heptane} = 45 \text{ kg} = 45 \cdot 10^3 \text{ g}$

La quantité de matière initiale en heptane est donc :

$$(n_{heptane})_i = \frac{m_{heptane}}{M_{heptane}} = \frac{45 \cdot 10^3}{100} = 450 \text{ mol}$$

Q14. En déduire la masse en CO_2 libérée par kilomètre, sachant que l'autonomie du véhicule est maintenant de 800 km .

Données : masse molaire de l'heptane : $100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

masse molaire du CO_2 : $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

D'après le tableau d'avancement, les quantités de matière des produits formés en fin de réaction sont :

$n_{CO_2} = 7x_{max} = 3\,150 \text{ mol}$ et $n_{H_2O} = 8x_{max} = 3\,600 \text{ mol}$.

La masse de dioxyde de carbone formé par combustion totale du réservoir (autonomie de 800 km) est :

$$m_{CO_2} = n_{CO_2} \times M_{CO_2} = 3\,150 \times 44,0 = 1,39 \cdot 10^5 \text{ g} = 139 \text{ kg}$$

La masse de dioxyde de carbone libéré par km est donc : $\frac{1,39 \cdot 10^5}{800} = 173 \text{ g/km}$

Q15. Quelle est l'énergie thermique libérée à 25°C par la réaction de combustion des 45 kg d'heptane ?

Donnée :

L'enthalpie de combustion de l'heptane gazeux à 25°C sous une pression de 1 bar vaut : $\Delta_c H^0 = -4,85 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$

À 25°C , l'énergie libérée par la combustion de 45 kg d'heptane est :

$$Q_c = \Delta_c H^0 \times n_{heptane} = -4,85 \cdot 10^6 \times 450 = -2,18 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Q16. Un véhicule est dit écologique si son taux d'émission en CO_2/km est inférieur à 140 g/km . Le véhicule Flex étudié est-il un véhicule écologique en fonctionnant au bioéthanol ? À l'essence sans plomb ?

Le véhicule Flex n'est pas un véhicule écologique lorsqu'il fonctionne à l'essence sans plomb car la masse de dioxyde de carbone émis par km dépasse 140 g/km (173 g/km). En revanche, il est écologique en fonctionnant avec du bioéthanol (masse de dioxyde de carbone émis par km : 137 g/km d'après l'exercice précédent).