

Examen de CombustionLes trois parties a), b) et c) sont indépendantes.

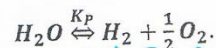
a) Le biogaz est un combustible gazeux qui se compose d'un mélange de méthane et de dioxyde de carbone, on choisit la composition suivante : $0.8 \text{ CH}_4 + 0.2 \text{ CO}_2$.

1. Ecrire la réaction stœchiométrique complète du biogaz avec l'air. (2,0 pts)
2. Calculer la masse molaire du biogaz. (1 pt)
3. Calculer le pouvoir calorifique inférieur de ce biogaz. (3 pts)

b) On alimente un moteur à combustion interne par le mélange pauvre biogaz-air de richesse $\phi = 0.8$.

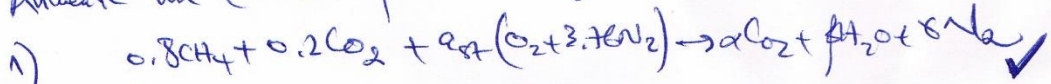
1. Réécrire la réaction pour la richesse donnée. (1,5 pts)
2. Calculer le nombre de moles des réactifs N_R et des produits N_P . (1 pt)
3. Calculer la température adiabatique de la flamme dans le moteur si le pouvoir calorifique du biogaz est $P_{ci} = 29720 \text{ kJ/kg-biogaz}$, on injecte les réactifs à la température de référence et on évalue les chaleurs spécifiques des produits à 1800K . (3,5 pts)
4. Trouver la pression en fin de combustion si celle d'injection est 1 atm . (2 pts)

c) Une quantité de 1.6 moles de la vapeur d'eau H_2O produite dans le moteur se dissocie en H_2 et O_2 et se trouve en équilibre sous la température $T = 2200 \text{ K}$ et pression $P = 7.5 \text{ atm}$ suivant la réaction :



1. Calculer la constante d'équilibre K_p . (1,5 pts)
2. Calculer K_p en fonction des fractions molaires de H_2O , H_2 et O_2 . (1,5 pts)
3. Trouver l'équation qui donne les fractions molaires en fonction de la fraction dissociée x à l'équilibre. (2,5 pts)

a) Allume un moteur par le brazier-ai.

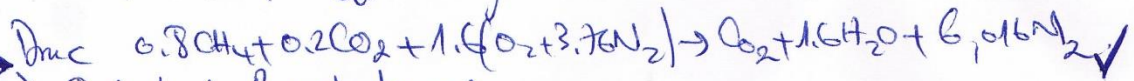


Bilans atomiques

$$\text{C} : 0.8 + 0.2 = \alpha = 1 \quad \checkmark$$

$$\text{H} : 0.8 \times 4 = 2\beta \rightarrow \beta = 1.6 \quad \checkmark$$

$$\text{O} : 0.2 \times 2 + 2a_{\text{st}} = 2\alpha + \beta = 3.6 \Rightarrow a_{\text{st}} = 1.6 \quad \checkmark$$



3) Calcul du PCI du brazier.

$$\Delta H_P = H_P - H_R \text{ à } 298\text{K}$$

$$H_P = \bar{h}_{f,\text{CO}_2} + 1.6\bar{h}_{f,\text{H}_2\text{O}} \quad \text{et} \quad H_R = 0.8\bar{h}_{f,\text{CH}_4} + 0.2\bar{h}_{f,\text{CO}_2} \quad \checkmark \checkmark$$

$$\text{Donc } \Delta H_P = 0.8\bar{h}_{f,\text{CO}_2} + 1.6\bar{h}_{f,\text{H}_2\text{O}} - 0.8\bar{h}_{f,\text{CH}_4} \quad \checkmark$$

Des tables \checkmark $\bar{h}_{f,\text{CO}_2} = -393546$ $\bar{h}_{f,\text{H}_2\text{O}} = -241845$ $\bar{h}_{f,\text{CH}_4} = -74831 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$

$$\Delta H_P = 0.8(-393546) + 1.6(-241845) - (0.8(-74831)) = -641924 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \quad \checkmark$$

2) Calcul de la masse molaire du brazier

$$M_{\text{mél}} = \sum x_i M_i = 0.8 \times 16 + 0.2 \times 44 = 21.6 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \quad \checkmark \checkmark$$

$$\text{Donc } \text{PCI} = \frac{-\Delta H_P}{M_{\text{mél}}} = \frac{641924}{21.6} = 29718.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg fuel}} \quad \checkmark$$

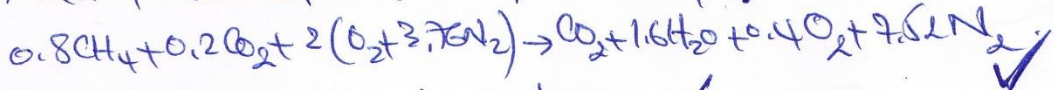
$$\Sigma = 6 \text{pts}$$

5) $\phi = 0.8$, $T_{ij} = T_{ref}$ et $T_{ex} = 1800 \text{ K}$.

1) Réécrire la réaction par la portée donnée



$$0: 2 \times 0.2 + 2 \times 2 = 2 + 1.6 + 2\alpha \Rightarrow \alpha = 0.4 \quad \checkmark$$



2) $N_R = 0.8 + 0.2 + 2 \times 4.76 = 10.52 \text{ kmol}$ \checkmark

$N_P = 1 + 1.6 + 0.4 + 7.52 = 10.52 \text{ kmol}$ \checkmark

3) Calcul de la température adiabatique de la combustion.

Si de $P_{ci} = 29720 \text{ kJ/kg}$ boya

on $N_R = N_P$ et $T_{ij} = T_{ref}$ \checkmark

$$\rightarrow T_{ad} = T_{ref} + \frac{P_{ci} M_{fuel}}{\sum N_i \bar{c}_{p,i} - R_u N_P} \quad \checkmark \checkmark$$

$$\sum N_i \bar{c}_{p,i} = N_{\text{CO}_2} \bar{c}_{p,\text{CO}_2} + N_{\text{H}_2\text{O}} \bar{c}_{p,\text{H}_2\text{O}} + N_{\text{O}_2} \bar{c}_{p,\text{O}_2} + N_{\text{N}_2} \bar{c}_{p,\text{N}_2} \text{ à } 1800 \text{ K} \quad \checkmark$$

$$= 1(59.738) + 1.6(49.725) + 0.4(37.296) + 7.52(35.595) = 421.86 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \quad \checkmark \checkmark$$

$$\text{Donc } T_{ad} = 298 + \frac{29720 \times 21.6}{421.86 - 8.314 \times 10.52} = 2218 \text{ K} \quad \checkmark$$

4) Pression au fin de combustion

$$P_{ij} V = N_R R_u T_{ij} \text{ et } P_{fin} V = N_P R_u T_{ad} \quad \checkmark \checkmark$$

$$\rightarrow P_{fin} = P_{ij} \cdot \frac{T_{ad}}{T_{ij}} = 1 \text{ atm} \times \frac{2218}{298} = 7.44 \text{ atm} \quad \checkmark$$

$\Sigma = 8 \text{ pts}$

c) $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$. $T = 2200\text{K}$ et $P = 7.5 \text{ atm}$.

1) Calcul de K_p

$$K_p = \exp\left(\frac{-\Delta G_T^\circ}{P_{atm}}\right)$$

avec $\Delta G_T^\circ = \sum \nu_i \bar{g}_i^\circ$
 $\Delta G_{T=2200}^\circ = +124030 \frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$ ✓

Donc $K_p = \exp\left(\frac{-124030}{8.314 \times 2200}\right) = 1,135 \cdot 10^{-3}$ ✓

2) Calcul de K_p en fonction des x_i

on a $K_p = \frac{(P_{\text{H}_2}/p^\circ)(P_{\text{O}_2}/p^\circ)^{1/2}}{(P_{\text{H}_2\text{O}}/p^\circ)}$ et $P_i = x_i P$ ✓

→ $K_p = \frac{x_{\text{H}_2} x_{\text{O}_2}^{1/2}}{x_{\text{H}_2\text{O}}} (P/p^\circ)^{1/2}$ ✓

3) Trouver l'équation qui donne les x_i en fonction de x

	H_2O	H_2	O_2	
$t=0$	1.6	0	0	
$t=t_{eq}$	$1.6-x$	x	$\frac{x}{2}$	$\frac{1.6+x}{2}$
$n_{i,eq}$	$\frac{1.6-x}{2}$	$\frac{x}{2}$	$\frac{x}{2}$	$\frac{1.6+x}{2}$
ou bien	$\frac{2(1.6-x)}{3.2+x}$	$\frac{2x}{3.2+x}$	$\frac{x}{3.2+x}$	

⇒ $K_p = \frac{\frac{2x}{3.2+x} \cdot \left[\frac{x}{3.2+x}\right]^{1/2}}{\frac{2(1.6-x)}{3.2+x}} (P/p^\circ)^{1/2}$ ✓

$K_p = \frac{x \left(\frac{x}{3.2+x}\right)^{1/2}}{(1.6-x)} (P/p^\circ)^{1/2} \Rightarrow 1,135 \cdot 10^{-3} (1.6-x) - x \left(\frac{x}{3.2+x}\right)^{1/2} = 0$

→ $x = 1,29 \cdot 10^{-2}$ ✓

5/5 AB

2/3