

## TD 4.1 Application du premier principe

### Etude du biogaz de décharge

Le bio gaz est le gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en l'absence de dioxygène. C'est un mélange composé essentiellement de méthane  $\text{CH}_4$  et de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ . Le biogaz est composé à 95% de méthane et à 5% de dioxyde de carbone (composition molaire) qui peut être injecté dans le réseau de gaz naturel.

On cherche maintenant à déterminer la température de flamme obtenue à partir d'un tel gaz lors de sa combustion dans l'air. On rappelle que l'air est constitué de 80% de diazote et 20% de dioxygène en quantité de matière. On suppose que la combustion dans l'air est totale et suffisamment rapide pour être adiabatique, que le méthane  $\text{CH}_4(\text{g})$  et le dioxygène  $\text{O}_2(\text{g})$  sont en proportions stoechiométriques et que les gaz entrent à la température de  $T_0 = 300 \text{ K}$ .

- Ecrire l'équation de la réaction de combustion du méthane et calculer son enthalpie standard de réaction à  $T_0 = 300 \text{ K}$ . On considèrera que la réaction entre  $\text{CH}_4(\text{g})$  et le dioxygène  $\text{O}_2(\text{g})$  conduit à de l'eau sous forme gaz, ainsi qu'à du dioxyde de carbone (gaz).
- Pour une quantité de matière  $n_0$  de biogaz, dresser un bilan des quantités de matière avant la combustion et après la combustion. Attention à la composition initiale du biogaz.
- En déduire l'expression littérale de la température finale atteinte  $T_f$ . En donner une valeur numérique approchée.

Données :

Enthalpies standard de formation à 300K :

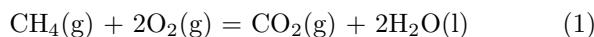
Substance (gaz)	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$
$\Delta_f H^\circ (\text{kJ.mol}^{-1})$	-240	-390	-110

Capacités thermiques molaires à pression constante à 300 K considérées comme constantes dans l'intervalle de température étudié :

Substance (gaz)	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2$	$\text{O}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$
$C_{p,m}^\circ (\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1})$	30	30	30	30	45

### Combustion du gaz naturel

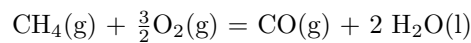
On s'intéresse dans cet exercice à la réaction de combustion du gaz naturel (assimilé à du méthane pur) dans le dioxygène, d'équation (1) :



On donne dans le tableau ci-dessous les enthalpies standard de formation à 298 K, notées  $\Delta_f H^\circ(298 \text{ K})$  des constituants physico-chimiques impliqués dans la réaction (1), exprimées en  $\text{kJ.mol}^{-1}$  :

Espèce	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$\Delta_f H^\circ (\text{kJ.mol}^{-1})$	-74,4	0	-393,5	-285,8

- Calculer la valeur de l'enthalpie standard de la réaction (1) à 298 K, notée  $\Delta_r H_1^\circ$  (298 K).
- On considère une enceinte de volume  $V = 1,00 \text{ m}^3$  de gaz naturel, assimilé à du méthane pur, gaz parfait, sous une pression  $p = p^\circ = 1,00 \text{ bar}$ , pris à  $T = 298 \text{ K}$ . Calculer la quantité  $n$  de méthane contenu dans cette enceinte.
- Calculer le transfert thermique libéré par la combustion totale de cette quantité  $n$  de méthane à  $T = 298 \text{ K}$  fixée, sous pression  $p = p^\circ = 1,00 \text{ bar}$  fixée.
- Rappeler les trois principaux (en proportions molaires) constituants de l'air atmosphérique sec, par ordre décroissant de quantité.
- Calculer le volume d'air (considéré comme un mélange de gaz parfaits contenant 20% de dioxygène) nécessaire à la combustion de cette quantité  $n$  de méthane, à température  $T = 298 \text{ K}$  et sous pression  $p = p^\circ = 1,00 \text{ bar}$ .
- On appelle tep (tonne équivalent pétrole) l'unité correspondant à l'énergie libérée (variation d'enthalpie) par la combustion d'une tonne de pétrole à  $T = 298 \text{ K}$  sous  $p = p^\circ = 1,00 \text{ bar}$ . On mesure :  $1 \text{ tep} = 42.10^9 \text{ J}$ . Calculer la masse  $m$  de méthane dont la combustion dans les mêmes conditions peut occasionner un transfert thermique (chaleur) de 1 tep.
- A masse égale, le méthane est-il un combustile plus ou moins efficace que le pétrole ?
- La réaction de combustion du méthane peut également s'effectuer selon la réaction de combustion incomplète traduite par l'équation (2) :



On donne l'enthalpie standard  $\Delta_r H_2^\circ$  (298 K) de cette réaction (2) à 298 K :  $\Delta_r H_2^\circ$  (298 K) =  $-533,3 \text{ kJ.mol}^{-1}$ . Citer deux inconvénients importants de cette réaction par rapport à la réaction (1).