

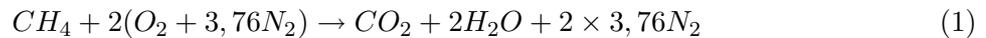
Corrigé

Benoît Fiorina

25 octobre 2011

1 Exercice 1

a) La température maximale sera atteinte dans la chambre de combustion pour des conditions stoechiométriques de mélange entre le méthane et l'air. C'est à dire lorsque la réaction globale suivante a lieu :



La fraction massique de CH_4 dans les gaz frais est :

$$Y_{CH_4}^{fr} = \frac{masse_{CH_4}}{masse_{mélange}} = \frac{16}{16 + 2(32 + 3,76 \times 28)} = 0,055 \quad (2)$$

La composition des autres espèces est indiquée dans le tableau 1

espèce	gaz frais	gaz brûlés
CH4	0.055	0
O2	0,22	0
N2	0,725	0,725
CO2	0	0,151
H2O	0	0,124

TABLE 1 – Composition des gaz frais et des gaz brûlés sous des conditions stoechiométriques

La conservation de l'enthalpie lors de la combustion permet d'écrire :

$$h_{frais} = h_{brûlés} \quad (3)$$

$$\int_{T_0}^{T_f} Cp_f dT + \sum_{Nsp}^{k=1} Y_k^f h_k^0 = \int_{T_0}^{T_b} Cp_b dT + \sum_{Nsp}^{k=1} Y_k^b h_k^0 \quad (4)$$

comme $T_f = T_0$, la température de fin de combustion est :

$$T_b = \frac{\sum_{Nsp}^{k=1} Y_k^f h_k^0 - \sum_{Nsp}^{k=1} Y_k^b h_k^0}{Cp} + T_f = 2270K \quad (5)$$

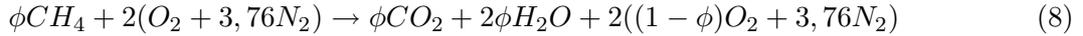
L'enthalpie de formation libérée par la réaction est :

$$\Delta h^0 = \sum_{Nsp}^{k=1} Y_k^f h_k^0 - \sum_{Nsp}^{k=1} Y_k^b h_k^0 = 2760kJ/kg \quad (6)$$

Ce qui signifie qu'un kilogramme de mélange combustible/comburant libère 2760 kJ. Ainsi un kilogramme de CH_4 libérera l'énergie :

$$PCI = \Delta h^0 / Y_{CH_4} = 50000kJ/kg \quad (7)$$

b) En régime pauvre la réaction globale suivante a lieu :



où ϕ est la richesse du mélange. Sous ces conditions, la composition des gaz frais et des gaz brûlés est indiquée dans le tableau 2 avec $m_t = 16\phi + 2(32 + 3,76 * 28) = 16\phi + 274,56$ la masse totale du mélange en grammes.

espèce	gaz frais	gaz brûlés
CH4	$\frac{16\phi}{m_t}$	0
O2	$\frac{2*32}{m_t}$	$\frac{2(1-\phi)*32}{m_t}$
N2	$\frac{7,52*28}{m_t}$	$\frac{7,52*28}{m_t}$
CO2	0	$\frac{44\phi}{m_t}$
H2O	0	$\frac{2*18\phi}{m_t}$

TABLE 2 – Composition des gaz frais et des gaz brûlés sous des conditions de mélange pauvre

Les enthalpies de formation des gaz frais et des gaz brûlés sont :

$$h^{0f} = \frac{16\phi h^0_{CH_4}}{16\phi + 274,56} \quad (9)$$

$$h^{0b} = \frac{44\phi h^0_{CO_2} + 36\phi h^0_{H_2O}}{16\phi + 274,56} \quad (10)$$

Ainsi en utilisant l'équation 4, nous obtenons l'expression de la richesse en fonction de la température de fin de combustion (pour $\phi < 1$) :

$$\phi = \frac{274,56 C_p (T_b - T_f)}{16h^0_{CH_4} - 36h^0_{H_2O} - 44h^0_{CO_2} - 16C_p (T_b - T_f)} \quad (11)$$

Pour $T_b = 1500K$, on obtient $\phi=0,6$

c) Diminuer la température permet de réduire la formation des oxydes d'azote

d) La combustion d'un mélange riche entraîne la présence d'hydrocarbures imbrûlés dans les gaz chauds (mauvais rendement énergétique + pollution). De plus, celle-ci est propice à la formation des suies et du CO.

2 exercice 2

a) La vitesse de flamme s'exprime à partir de l'angle du cône :

$$S_l = U_1 \sin(\alpha/2) \quad (12)$$

De plus, on a :

$$m = \rho U_1 S \quad (13)$$

avec m le débit massique des gaz frais et $S = \pi R^2$ la surface de sortie de l'injecteur, R étant son rayon. Ainsi, l'expression de la vitesse de flamme est :

$$S_l = \frac{m \sin(\alpha/2)}{\rho \pi R^2} = 30 \text{ cm/s} \quad (14)$$

b) Voir la figure 1 pour les notations

On a $u_1 = S_f$. La conservation de la masse au travers du front de flamme s'écrit :

$$\rho_1 u_1 = \rho_2 u_2 \quad (15)$$

Or d'après la loi d'état des gaz parfait, si on suppose la combustion isobare, il vient :

$$\rho_1/\rho_2 = T_2/T_1 \simeq 2300/300 \simeq 7,6 \quad (16)$$

Ainsi on en déduit $u_2 = 2,3m/s$. Comme la composante tangentielle de la vitesse est conservée au travers du front de flamme, on a $v_2 = v_1 = U_1 \cos(\alpha/2) = 0,82m/s$ D'après la figure 1 on a

$$\beta + \alpha/2 = \tan^{-1}(u_2/v_2) \quad (17)$$

$$\beta = 50^\circ \quad (18)$$

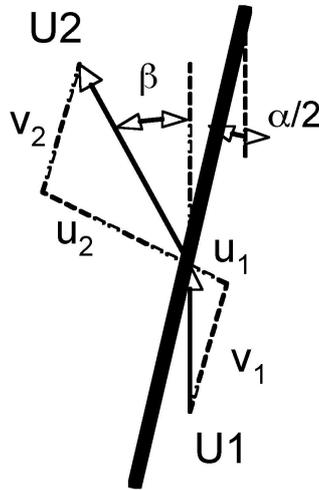


FIGURE 1 – Mesure de l'angle de déviation de l'écoulement