

THERMODYNAMIQUE APPLIQUEE AUX MACHINES THERMIQUES

Examen du 16 Décembre 2010

Durée : 2 heures

Documents (cours et notes personnelles) autorisés

PREMIERE PARTIE : Gaz réels et effets de compressibilité

On cherche à calculer les caractéristiques thermodynamiques de l'air contenu dans un réservoir sous haute pression. On écrira l'équation d'état thermique d'un kg de gaz sous la forme : $p v = z(p, T) r T$, où r désigne la constante universelle dans sa valeur spécifique massique.

1. Exprimer en fonction de z le terme de correction du coefficient de compressibilité isotherme

$$K_T = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T :$$

$$K_T^{ex} = K_T - K_T^{id}$$

où K_T^{id} désigne sa valeur dans les conditions idéales (gaz parfait) ,

2. Calculer cette correction à $p=1030$ atm et $T=240$ K, sachant que le long de cette isotherme, le coefficient de compressibilité de l'air est une fonction de la pression (exprimée en atm) de la forme :

$$z = 1,44 \cdot 10^{-3} (p - 930) + 2 \quad (\text{Relation valable à } T=240 \text{ K et } 30 < p < 1500 \text{ atm})$$

3. Calculer la masse d'air contenue dans un volume de 1 m^3 dans ces conditions de température et de pression et la comparer à la valeur que prendrait cette masse si le gaz était parfait.

DEUXIEME PARTIE: Turbine à gaz à cycle de Brayton

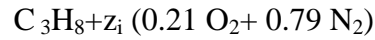
Dans une centrale thermique, de l'air, supposé parfait, décrit de façon irréversible un cycle moteur de Brayton dans le sens 1-2-3-4. Il entre dans la turbine, à la pression de 7 bar et à la température de 1227K, et sort à la pression de 1 bar. Un compresseur comprime l'air qu'il reçoit, à la température 288K, de 1 à 7 bar. Rendements isentropiques de compresseur et de turbine : $\eta_c = 0.9$; $\eta_t = 0.85$

1. Représenter le cycle dans le diagramme T-s.
2. Calculer l'efficacité de la machine.

TROISIEME PARTIE : THERMOCHIMIE

Une des solutions permettant de réduire les émissions polluantes dans les produits de combustion, est d'avoir recours à des mélanges pauvres. Toutefois, ce choix peut aboutir à la formation de NOx. C'est pourquoi des études sont actuellement menées sur des moteurs

fonctionnant au gaz naturel. La composante majeure de ce combustible est le méthane qui sera donc l'objet de ce problème. On considèrera ici un mélange de cet hydrocarbure dans l'air selon la composition :



On fixera la richesse $r=0.8$.

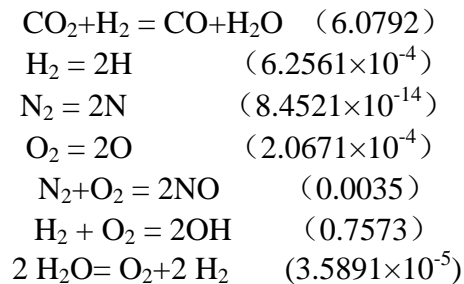
A : On considère le mélange frais et les gaz brûlés à la température T^*

- 1) Calculer z_{ist} .
- 2) Calculer la composition des gaz brûlés à T^* pour la richesse considérée.
- 3) En déduire l'enthalpie de réaction $\Delta_R H^*$ à T^* .

i	C_2H_4	C_3H_8	CO_2	CO	$\text{H}_2\text{O(g)}$
$H_{F,i}^*$ (kcal/mole)	12.5	-24.8	-94.05	-26.42	-57.8

B : On porte les gaz brûlés à la température $T=2500 \text{ K}$.

- 1) Les gaz brûlés peuvent maintenant être le siège de réactions de dissociation. Parmi celles qui sont proposées ci-après, on indiquera les réactions de dissociation susceptibles d'être prises en compte :



- 2) On gardera LA réaction de dissociation majoritaire, et on justifiera ce choix.
- 3) Déterminer la composition de gaz brûlés à $T=2500 \text{ K}$.