

Final

Exercice n°1 : Cycle de Beau de Rochas

A- Admission

La pression d'admission est $P_1 = 0.9 \cdot 10^5$ Pa et la température est $\theta_1 = 50$ °C. A la fin de l'admission le volume est de $V_1 = 436$ cm³. Le volume admis dans un cylindre est égal à la cylindrée. On raisonnera sur l'air ($\gamma = 1.4$).

1. Calculer le nombre de moles correspondant.

B- Compression

Pendant le 2ème temps, le volume est réduit dans le rapport $\rho = 7.2$ (rapport volumétrique de compression, égal au rapport du volume maximum et du volume mort, la différence entre ces deux volumes correspondant à la cylindrée), la compression est supposée adiabatique.

2. Calculer la température de fin de compression T_2 .
3. Calculer la pression de fin de compression P_2 .
4. Calculer l'énergie échangée sous forme de travail W_2 .

C- Combustion

La combustion est supposée instantanée donc isochore et la température théorique atteinte en fin de combustion est de $\theta_3 = 2000$ °C.

5. Calculer la pression P_3 en fin de combustion.

D- Détente

En supposant que, pendant le 3ème temps, les produits de combustion sont ramenés au volume initial par détente adiabatique:

6. Calculer la température finale T_4 .
7. Calculer la pression finale P_4 .
8. Calculer la quantité d'énergie échangée sous forme de travail W_4 .

Les gaz sont ensuite ramenés à la pression initiale à volume constant, puis refoulés lors de l'échappement.

Bilan

9. Calculer le rendement.

Exercice n°2 : Fonctionnement d'un turboréacteur

Un turboréacteur à simple flux comprend un compresseur, une chambre de combustion, une turbine et une tuyère. Le compresseur et la turbine sont montés sur un même arbre.

Données : $r = 287$ J.kg⁻¹.K⁻¹

capacité calorifique massique à pression constante $C_p = 10^3$ J.kg⁻¹.K⁻¹.

1. Montrer que le coefficient γ , rapport entre les capacités calorifiques massiques à pression constante et à volume constant est égal à 1,4.

Le compresseur aspire l'air à la pression atmosphérique $P_0 = 1$ bar à la température $T_0 = 298$ K avec un débit massique $D_m = 60$ kg/s et le comprime adiabatiquement jusqu'à la pression de $P_1 = 4$ bars. On assimile l'air à un gaz parfait et les transformations sont considérées réversibles.

Le compresseur :

2. Vérifier que la température T_1 à la sortie du compresseur est égale à 443 K.
3. Quelle est la puissance P_C du compresseur?

La chambre de combustion :

Le carburant est injecté dans l'air comprimé et brûle sous pression constante dans la chambre de combustion. La combustion s'effectue avec un important excès d'air et on admettra qu'il n'y a pas de modification de la nature et du nombre de moles de gaz. La température maximale admise à l'entrée de la turbine est $T_2 = 1173$ K.

4. Calculer la quantité de chaleur Q qu'il faut fournir à l'air en une seconde pour élever sa température de T_1 à T_2 .
5. En déduire la masse de carburant à injecter par seconde sachant que son pouvoir calorifique moyen est $P_{Ci} = 43 \cdot 10^3$ kJ/kg.

La turbine :

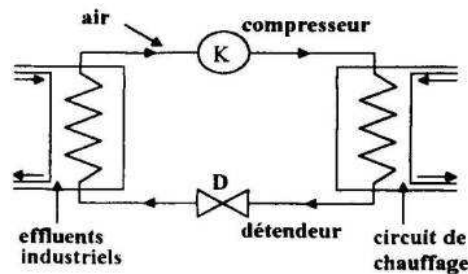
Les gaz se détendent adiabatiquement dans la turbine. Soit T_3 la température à sa sortie.

6. Donner l'expression de la puissance P_T de la turbine correspondant au travail échangé entre le gaz et le rotor de la turbine.
7. En admettant que la puissance P_T de la turbine est égale à la puissance P_C du compresseur, exprimer la température T_3 à la sortie de la turbine en fonction de T_0 , T_2 et T_1 . Calculer T_3 .
8. En déduire P_3 , la pression des gaz à la sortie de la turbine.

Exercice n°3 : Chauffage de locaux

On s'intéresse à une pompe à chaleur qui participe au chauffage de locaux, en prélevant de la chaleur aux effluents liquides à température élevée d'une installation industrielle, avant leur rejet dans une rivière qui recevra des effluents à température plus faible.

L'installation représentée ci-dessous comporte un compresseur, un détendeur et deux serpentins qui sont le siège des échanges thermiques, avec les effluents d'une part, et avec l'eau d'un circuit de chauffage d'autre part.



Le fluide frigorigène est de l'air, assimilé à un gaz parfait. On étudie les transformations réversibles de l'air qui décrit le cycle suivant :

1-2: dans le compresseur: compression isentropique, la pression passant de $P_1 = 10^5$ Pa à $P_2 = 2.10^5$ Pa et la température passant de $T_1 = 310$ K à T_2 .

2-3 : dans le serpentin au contact du circuit de chauffage : refroidissement isobare, la température passant de T_2 à $T_3 = 330$ K

3-4: dans le détendeur: détente isentropique, la pression passant de $P_3 = P_2$ à $P_4 = P_1$, la température passant de T_3 à T_4 .

4-1: dans un serpentin plongé dans les effluents industriels: échauffement isobare jusqu'à la température T_1 .

Données : capacité thermique massique de l'air à pression constante: $C_p = 10^3$ J.kg⁻¹. K⁻¹

1. Représenter l'allure du cycle décrit par l'air sur un diagramme de Clapeyron (P, V) puis dans le diagramme entropique (T, S) en fléchant le sens des transformations. Que représente l'aire du cycle dans chaque diagramme?
2. Montrer que $T_2 \neq 378$ K et $T_4 \neq 271$ K.
3. Calculer les quantités de chaleur échangées par une masse de 1 kg d'air au cours de chacune des 4 transformations.
4. En déduire le travail W reçu par la masse de 1 kilogramme d'air au cours du cycle.
5. On désigne par $(e_{th})_r$ l'efficacité thermique réelle de la pompe à chaleur. Calculer $(e_{th})_r$.
6. Calculer l'efficacité thermique e_{th} de cette machine qui fonctionnerait suivant un cycle de Carnot entre les températures T_1 et T_3 .

7. En déduire le rendement de l'installation défini par: $r = \frac{(e_{th})_r}{e_{th}}$