

Concours commun INA-ENSA 1995

PHYSIQUE PROBLÈME I

Option générale - option agronomie

Pour les applications numériques relatives au gaz envisagé, on prendra:

- R (constante des gaz parfaits) = $8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- C_p (resp C_v) capacité calorifique molaire à pression (resp. volume) constant
grandeurs supposées invariables de rapport
- M (masse molaire) = 29 g mol^{-1} .

A. 1. Donner pour une mole de gaz parfait passant de l'état (P_1, T_1) à l'état (P_2, T_2) les variations:

- a) d'énergie interne ΔU .
- b) d'enthalpie ΔH .
- c) d'entropie ΔS .

A. 2. On réalise une compression isotherme et réversible d'une mole de gaz parfait de (P_1, T_1) à (P_2, T_2) .

- a) Donner les expressions des travaux W et chaleur Q reçus par le gaz.
- b) Application numérique : $P_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $P_2 = 10^6 \text{ Pa}$, $T_1 = 300 \text{ K}$. Calculer W et Q .

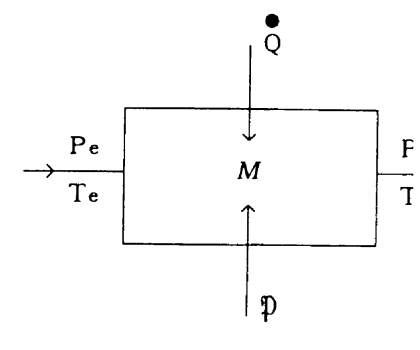
A.3. On envisage maintenant une compression adiabatique d'une mole de gaz parfait de l'état initial (P_1, T_1) à un état final de pression P_2 .

- a) On suppose la compression réversible. Exprimer le travail W' reçu par le gaz en fonction de R , γ , T_1 et
- b) On suppose maintenant que la compression s'effectue à pression extérieure constante ($P_{\text{ext}} = P_2$).
 - b.1) Quelle est la valeur de la température finale T'_2 atteinte par le gaz ?
Application numérique : $P_2 = 10 P_1$ et $T_1 = 300 \text{ K}$.
 - b.2) Quelle est la nouvelle expression du travail W'' reçu par le gaz ?
Comparer W'' et W' pour $P_1 = 10^5 \text{ Pa}$ et $T_1 = 300 \text{ K}$.
 - b.3) Déterminer la variation d'entropie $\Delta S''$ en fonction de R , γ et
Application numérique : Étudier son signe et commenter.

B. On désire établir les relations générales pouvant s'appliquer aussi bien à une turbine qu'à un échangeur de chaleur ou à un compresseur. A cet effet on considère une machine M qui échange avec l'extérieur :

- : quantité de chaleur "fournie", par l'extérieur, par unité de temps
(Q est positive si elle est effectivement reçue par M)
- : quantité de travail "fourni" par l'extérieur à la machine par unité de temps
(puissance utile)
- un fluide (par exemple un gaz) entrant dans M dans les conditions P_e , T_e à raison de moles par seconde et en sortant dans les conditions P_s , T_s à raison de moles par seconde.

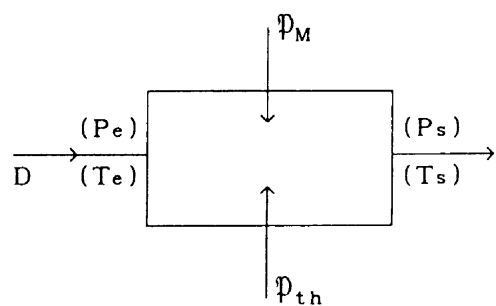
On néglige les énergies cinétiques. Le système fonctionne en RÉGIME PERMANENT (le système M n'est pas modifié au cours du temps). On suppose de plus l'absence de réactions chimiques dans M .



1. Généralités

- Justifier rapidement que l'on a $\approx$ quantité que l'on notera D par la suite, et qui représente le débit molaire du fluide à travers M .
- On note h_e et h_s les enthalpies molaires du fluide à l'entrée et à la sortie de M . Exprimer la variation d'enthalpie des Δn moles de fluide entrant pendant Δt dans M .
En déduire la relation .
- On note S_e et S_s les entropies molaires du fluide à l'entrée et à la sortie de M .
On suppose en outre que les échanges de chaleur se font avec une source à température T_0 constante.
En déduire la relation .
On pourra admettre ces deux relations pour traiter la suite du problème.
- Appliquer ces résultats à la détente de Joule-Thomson d'un gaz parfait:
En déduire les propriétés remarquables de $(h_s - h_e)$ et de $(S_s - S_e)$.
Déterminer la "création d'entropie par unité de temps" dans la machine M en fonction de D , P_e et P_s .
Application numérique : et le débit massique est $D_m = 100$ g/s.

2) Étude d'un compresseur simple :



La machine fait passer réversiblement un gaz parfait de l'état (P_e, T_e) à l'état (P_s, T_s) . Le débit molaire est D .

On donne: $T_e = 550$ K, $P_e = 15 \cdot 10^5$ Pa, $T_s = 450$ K, $P_s = 150 \cdot 10^5$ Pa

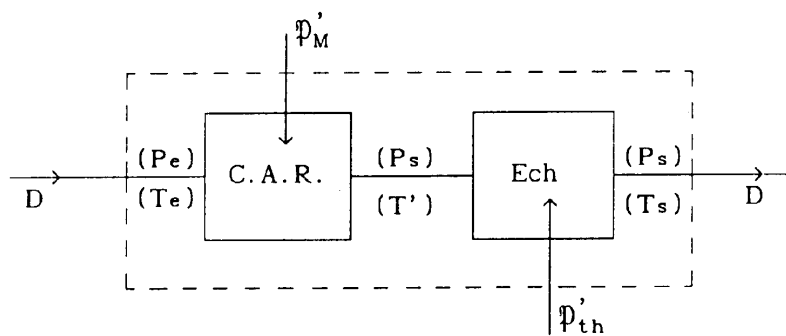
Débit massique: 100 g/s.

Déterminer la puissance P_M du moteur ainsi que la puissance thermique $P_{th} =$ échangée avec la source à la température T_0 .

On exprimera ces grandeurs en fonction de D , γ , R , T_e , T_s , T_0 et de .

Application numérique : Calculer P_M et P_{th} . On prendra $T_0 = 300$ K

3) Étude d'un compresseur avec échangeur de chaleur:



La machine est constituée d'un compresseur adiabatique réversible (C.A.R.) suivi d'un échangeur de chaleur isobare (Ech).

Les grandeurs en entrée (P_e, T_e) et en sortie (P_s, T_s) de la machine sont inchangées par rapport à B. 2 ainsi que le débit du gaz, qui est toujours supposé parfait.

- Donner l'expression de T' .
Effectuer l'application numérique.
- Déterminer P'_M .
Effectuer l'application numérique.
- Déterminer la puissance thermique P'_{th} échangée.
Effectuer l'application numérique.