



Devoir de contrôle de physique
1^{ère} année de préparation au concours de technologie
Durée 1h30mn

Données utiles et notations

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,32 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$.
- Accélération du pesanteur : $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.
- $\gamma = \frac{c_{pm}}{c_{vm}}$: rapport des capacités calorifiques molaires à pression et à volume constants.
- n : nombre de moles.

Exercice 1 : Premier et deuxième principe de la thermodynamique.

Une mole d'un gaz parfait de capacité calorifique molaire à volume constant $C_{vm} = 5R/2$ est contenue dans un cylindre vertical calorifugé comportant un piston mobile calorifugé de section $S = 0,01 \text{ m}^2$ en contact avec une atmosphère extérieure à pression constante $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

Initialement le gaz est en équilibre (0). Sa température est $T_0 = 300\text{K}$ et son volume est V_0 .

- 1- Calculer la valeur de γ .
- 2- Exprimer V_0 en fonction de T_0 , P_0 et R . Calculer sa valeur.

On pose brutalement sur le piston une masse $M = 100 \text{ Kg}$ et on laisse le système évoluer jusqu'à un nouvel état d'équilibre (1).

- 3- Exprimer sa pression P_1 en fonction de P_0 , son volume V_1 en fonction de V_0 et sa température T_1 en fonction de T_0 .
- 4- Calculer P_1 , V_1 et T_1 .
- 5- Exprimer la variation d'entropie ΔS_{01} en fonction de R , γ , T_0 , T_1 , P_0 et P_1 . Calculer sa valeur.
- 6- Que vaut l'entropie créée ? Déduire la nature de la transformation.

L'état d'équilibre (1) est atteint. On supprime, de manière quasi-statique, la masse M , le système évolue jusqu'à un nouvel état d'équilibre (2).

- 7- Exprimer sa pression P_2 en fonction de P_0 , son volume V_2 en fonction de V_0 et sa température T_2 en fonction de T_0 .
- 8- Calculer P_2 , V_2 et T_2 .
- 9- Exprimer la variation d'entropie ΔS_{12} en fonction de R , γ , T_0 , T_2 , P_0 et P_2 . Calculer sa valeur.
- 10- Que vaut l'entropie créée ? Déduire la nature de la transformation.

Exercice 2 : Machine de Baryton.

Soit un moteur thermique fonctionnant suivant le cycle réversible de Baryton. Ce cycle se compose des quatre transformations suivantes :

- une compression isentropique de l'état 1 à l'état 2 faisant passer la pression de P_1 à P_2 ,
- un échauffement isobare de l'état 2 à l'état 3 faisant passer la température de T_2 à T_3 ,
- une détente isentropique de l'état 3 à l'état 4 faisant passer la pression de P_3 à P_4 ,
- un refroidissement isobare de l'état 4 à l'état 1 faisant passer la température de T_4 à T_1 .

On définit le rendement du cycle par : $\eta = -\frac{W_{cycle}}{Q_{reçu}}$.

- 11- Représenter le cycle des transformations dans le diagramme de Clapeyron.
- 12- Exprimer les quantités de chaleurs Q_{12} , Q_{23} , Q_{34} , Q_{41} , échangées aux cours des transformations en fonction de n , R , γ , T_1 , T_2 , T_3 et T_4 .
- 13- Déduire les expressions de la quantité de chaleur Q_{cycle} et du travail W_{cycle} , échangés au cours d'un cycle.
- 14- Déduire l'expression du rendement du cycle η en fonction de T_1 , T_2 , T_3 et T_4 .
- 15- Exprimer les rapports $\frac{T_1}{T_2}$ et $\frac{T_4}{T_3}$ en fonction du taux de compression $\psi = \frac{P_2}{P_1}$ et de γ .
- 16- Déduire, des questions 3 et 4, l'expression du rendement du cycle en fonction de ψ et de γ .
- 17- Exprimer le travail effectué durant un cycle de transformations W_{cycle} en fonction de n , R , γ , T_1 , T_3 et ψ .
- 18- On fixe les valeurs de T_1 et T_3 . Exprimer le taux de compression optimal ψ_{opt} en fonction de T_1 , T_3 et γ rendant le travail du cycle maximal.
- 19- Dans le cas du taux de compression optimal ψ_{opt} , montrer que :
 - le travail maximal du cycle est $W_{max} = -\frac{nR\gamma}{\gamma-1}(\sqrt{T_1} - \sqrt{T_3})^2$,
 - le rendement du moteur thermique est $\eta = 1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}$.