Concours d'entrée au 2nd cycle de la formation d'ingénieur

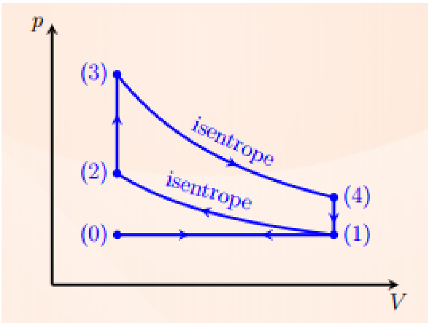
Epreuve de thermodynamique

Durée 3h

Documents non autorisés

<u>Problème 1</u>

Les moteurs à combustion interne à allumage commandé, tels que les moteurs à essence utilisés dans les automobiles, ont un cycle thermodynamique qui peut être représente de manière approchée par le cycle d'Otto. Ce cycle a quatre temps est constitué de deux isentropes et deux isochores (figure ci-dessous)



On considère un moteur qui fonctionne, d'une manière réversible, selon ce cycle en utilisant une quantité de matière n d'un mélange assimilable à un gaz parfait diatomique d'indice Adiabatique γ. Le rapport volumétrique de compression de ce moteur est noté $\tau_{12} = \frac{V_1}{V_2}$.

1. Exprimer les quantités de chaleur mises en jeu au cours de ce cycle en fonction des capacités calorifiques du gaz et des températures des différents états.

2. Exprimer, en fonction des quantités de chaleur mises en jeu au cours du cycle :

(a) la quantité de chaleur fournie Q_f.

(b) le travail utile W_u.

(c) l'efficacité thermique η

3. Exprimer l'efficacité thermique η de ce cycle en fonction des températures des différents états.

4. Montrer que l'efficacité thermique η peut s'écrire sous la forme $\eta = 1 - \frac{1}{\tau_{12}^{\gamma-1}}$

5. Représenter l'allure de l'évolution de l'efficacité thermique η en fonction du rapport volumétrique de compression τ_{12}.

6. Pour quelle valeur de τ_{12}, on obtient une efficacité thermique η = 0;6 ?

Problème 2

Pour un système thermodynamique sous une seule phase, la quantité de chaleur δQ échangée lors d'une transformation élémentaire réversible peut s'écrire de la manière suivante :

$\delta Q = C_V\, dT + l\, dV$ ou CV et l sont des coefficients calorimétriques qui dépendent des variables d'état.

1. En exploitant l'expression de δQ citée ci-dessus, déterminer les expressions des formes différentielles dU et dS , respectivement, de l'énergie interne U (T; V) et de l'entropie S (T; V).

2. Sachant que dU est une différentielle totale, exprimer $\left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T$ en fonction des dérivées partielles de p et l.

3. Sachant que dS est une différentielle totale, exprimer $\left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T$ en fonction de l et T et éventuellement leurs dérivées partielles.

4. En faisant la comparaison des expressions trouvées dans les deux dernières questions, retrouver la première relation de Clapeyron.

Dans ce qui suit, on considère un gaz réel dont l'équation d'état s'écrit : $p(V - nb) = nRT$ où n, b et R sont des constantes. Pour ce gaz, on suppose que C_V ne dépend pas de T .

5. Exprimer l en fonction de p.

6. Déterminer $\left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T$. Que peut-on conclure ?

7. Trouver l'expression de l'énergie interne U.

8. Trouver l'expression de l'entropie S.

Problème 3

On réalise une détente de Joule-Gay-Lussac dans un récipient rigide calorifuge constitue de deux compartiments (1) et (2) de volumes respectifs $V_1 = 6X10^{-4}$ m^3 et V_2 reliés par un tube obture par un robinet étanche. Le compartiment (1) contient initialement une quantité de vapeur d'eau à la température T = 773 K et sous une pression p = 100 bar.

Dans cet état, le gaz est caractérise par une énergie interne U = 55 kJ et une entropie

$S = 6{,}59$ kJ K^{-1}. Le compartiment (2) est vide.

Apres l'ouverture du robinet, la vapeur d'eau se détend en occupant les deux compartiments au même temps. A l'équilibre, la vapeur d'eau est caractérisée par la température

$T' = 758$ K, la pression $p' = 60$ bar, le volume $V' = 1{,}2 \times 10^{-3}$ m^3 et l'entropie $S' = 6;76$ kJ K^{-1}.

1. La vapeur d'eau est-elle assimilable à un gaz parfait au cours de cette détente ?

Justifier.

2. Déterminer l'énergie interne U' de la vapeur après la détente.

3. Calculer l'entropie échangée S_e au cours de cette transformation.

4. Déterminer l'entropie créée S_c lors de cette détente.