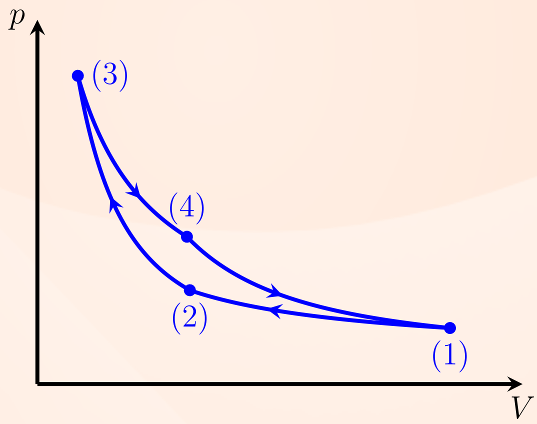
Université Ibn Zohr
Faculté Polydisciplinaire
Ouarzazate, Maroc

جامعة ابن زهر
الكلية متعددة التخصصات
ورزازات، المغرب

Épreuve de Thermodynamique II *
Responsable : H. Chaib
Filière : SMP, **Semestre** : 3, **Année** : 2016/2017
Date : 19-01-2017 à 10:15, **Durée** : 90 min

Problème 1

Le cycle de Carnot est un cycle moteur ditherme idéal constitué de deux transformations isothermes et deux transformations isentropes. C'est le cycle le plus efficace pour obtenir du travail à partir de deux sources de chaleur de températures constantes. Considérons un cycle de Carnot qui utilise une quantité de matière n d'un gaz parfait (figure ci-dessous).



1. Quand est ce qu'on dit qu'un cycle thermodynamique est ditherme ?
2. Déterminer la nature de chacune des transformations constituant ce cycle. Justifier.
3. Exprimer, en fonction des grandeurs thermiques des différents états du cycle :
   (a) les quantités de chaleur échangées lors des deux transformations isothermes.
   (b) la variation d'entropie pour chacune des deux transformations isothermes.
   (c) la variation d'entropie ΔS sur tout le cycle.
4. En déduire la relation entre $\frac{V_2}{V_1}$ et $\frac{V_4}{V_3}$.
5. Trouver l'expression de l'efficacité thermique η de ce cycle en fonction de T_1 et T_3.

*. La version électronique de l'énoncé et celle de la correction de cette épreuve seront publiés en ligne, quelques heures après la date affichée ci-dessus, sur le site Web : http://www.fpo.ma/chaib/teaching/.

Problème 2

On considère un machine thermique motrice qui utilise de l'air comme fluide de travail et qui fonctionne réversiblement selon un cycle de Stirling constitué de deux transformations isothermes et deux transformations isochores. L'état ayant la plus basse pression est l'état (1) dont la pression est $p_1 = 1\,\text{bar}$ et la température est $T_1 = 300\,\text{K}$. En revanche, l'état ayant la plus haute pression est l'état (3) qui a une pression $p_3 = 16\,\text{bar}$ et une température $T_3 = 675\,\text{K}$. Le nombre de moles d'air utilisé par cette machine est $n = 0{,}25\,\text{mol}$. Ce gaz est considéré comme étant un gaz parfait diatomique.

1. Représenter ce cycle sur le diagramme de Clapeyron.
2. Calculer la capacité calorifique à volume constant C_V de ce gaz ainsi que les volumes V_1 et V_3.
3. Calculer les quantités de chaleur Q_{12}, Q_{23}, Q_{34} et Q_{41} échangées au cours des différentes transformations constituant le cycle.
4. Calculer le travail utile W_u de ce cycle.
5. Calculer l'efficacité thermique η de cette machine.

Problème 3

L'énergie interne U et l'entropie S d'un système monophasé sont des fonctions d'état dont les formes différentielles s'écrivent :

$$\text{d}U = C_\text{V}\text{d}T + (l - p)\text{d}V \quad \text{et} \quad \text{d}S = \frac{C_\text{V}}{T}\text{d}T + \frac{l}{T}\text{d}V$$

où C_V est la capacité thermique isochore du système et l sa chaleur latente de dilatation. Ces deux coefficients calorimétriques dépendent des variables d'état p, V, T et n.

1. Expliciter les relations imposées par le fait que dU et dS sont des différentielles totales exactes.
2. En déduire les relations donnant l et $\left(\frac{\partial C_\text{V}}{\partial V}\right)_T$ en fonction des grandeurs thermiques et éventuellement leurs drivées partielles.

On considère un système fermé constitué de n moles d'un gaz parfait.

3. Déterminer l'expression de l pour ce système.
4. Montrer que la capacité thermique isochore C_V de ce gaz ne dépend pas de V.
5. Trouver les expressions des fonctions d'état U et S de ce gaz en supposant que C_V ne dépend pas de T.

Considérons maintenant un système fermé constitué de n moles d'un gaz de Van der Waals dont l'équation d'état s'écrit $\left(p + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ où a et b sont des constantes dites de Van der Waals et R est la constante universelle des gaz parfaits.

6. Déterminer, pour ce gaz, l'expression de l.
7. La capacité calorifique à volume constant C_V de ce gaz dépend-elle de V ? Justifier.
8. Trouver, pour ce gaz, les expressions des fonctions d'état U et S en supposant que C_V ne dépend pas de T.

On donne : la constante universelle des gaz parfaits est $R = 8{,}314\,\text{J}\,\text{mol}^{-1}\,\text{K}^{-1}$.