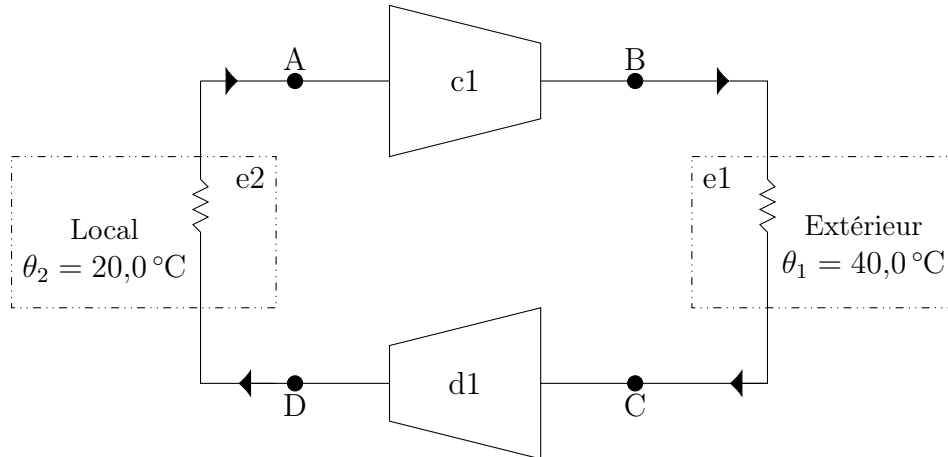


EXERCICE 1 : MACHINE FRIGORIFIQUE

Dans un local fermé, on souhaite maintenir la température $\theta_2 = 20,0^\circ\text{C}$ tandis que la température extérieure est $\theta_1 = 40,0^\circ\text{C}$.

Pour cela, on considère une machine frigorifique qui décrit un cycle comme celui du schéma ci-dessous :



Le fluide caloporteur qui décrit ce cycle est l'hélium. Il sera assimilé à un gaz parfait pour lequel :

$$\gamma = \frac{5}{3}$$

$$c_P = 5290 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Masse molaire de l'hélium} = 4,0 \text{ g mol}^{-1}$$

Le fluide traverse successivement :

- un compresseur (c1) où le fluide subit une compression adiabatique réversible qui l'amène de l'état A ($T_A = T_2, P_A$) à l'état B (T_B, P_B);
- un échangeur (e1) où la quantité de chaleur échangée entre le fluide et la source chaude est Q_1 , ce qui amène le fluide dans l'état C ($T_C = T_1, P_C = P_B$);
- un organe de détente (d1) où le fluide subit une détente adiabatique réversible qui l'amène dans l'état D ($T_D, P_D = P_A$);
- un échangeur (e2) où la quantité de chaleur échangée, entre le fluide et la source froide est Q_2 , ce qui ramène le fluide à son état initial A (P_A, T_A)

Données : $P_A = 2,0 \text{ bar}$; $P_B = 3,0 \text{ bar}$; $R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

1. Calculer les températures T_B et T_D .
2. Donner l'allure du diagramme de Clapeyron du cycle subit par l'hélium. Préciser le sens du parcours du cycle. S'agit-il dans cycle moteur ou d'un cycle récepteur ?
3. Calculer les quantités des chaleur Q_1 et Q_2 , échangées par une masse de 1,0 kg d'hélium, lors de la traversée des échangeurs (e1) et (e2).
4. Déterminer le travail W_{cycle} échangé au cours d'un cycle par une masse de 1,0 kg d'hélium.
5. Calculer le coefficient de performance de cette machine frigorifique.
6. Comparer le coefficient de performance de cette machine frigorifique avec celui d'un machine frigorifique de Carnot.

EXERCICE 2 : POMPE À CHALEUR

Le chauffage d'une école est assuré par une pompe à chaleur dans laquelle de l'air (assimilable à un gaz parfait) décrit le cycle ABCDA constitué par les transformations réversibles suivantes :

- chauffage isochore : état A ($\theta_A = \theta_{ext} = -10,0^\circ\text{C}$, $P_A = 1,0\text{ bar}$, $V_A = 1,4\text{ m}^3$) \rightarrow état B ($\theta_B = \theta_1 = 20,0^\circ\text{C}$);
- compression isotherme : état B \rightarrow état C ($V_C = 380\text{ L}$);
- refroidissement isochore : état C \rightarrow état D;
- détente isotherme : état D \rightarrow état A.

1. Exprimer puis calculer numériquement les quantités de chaleur reçues par l'air au cours de chacune des transformations.
2. Exprimer puis calculer numériquement les travaux reçus par l'air au cours de chacune des transformations. En déduire le travail total W_{cycle} reçu par l'air au cours du cycle.
3. Un dispositif appelé régénérateur accumule la chaleur dégagée par l'air au cours de l'évolution CD et la restitue pendant la transformation AB au cours du cycle de sorte que l'on a : $Q_{CD} + Q_{AB} = 0$.

Montrer, alors que le coefficient de performance de cette pompe à chaleur s'écrit :

$$COP_{PAC} = \frac{-Q_{BC}}{W_{cycle}}$$

L'exprimer en fonction des températures T_1 et T_{ext} uniquement avant de la calculer numériquement.

Données : Capacité thermique molaire à volume constant de l'air $c_V = 20,8\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$; $R = 8,3145\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$

EXERCICE 3 : ENTROPIE D'UN GAZ PARFAIT EN FONCTION DE P ET V

1. Exprimer la variation élémentaire d'entropie dS d'un gaz parfait en fonction des variables P , V et le coefficient γ . En déduire la fonction d'état entropie S à une constante additive près.
2. Calculer la variation d'entropie d'une mole de gaz parfait lorsqu'elle subit :
 - (a) une transformation adiabatique réversible,
 - (b) une transformation isotherme de $P_0 = 1\text{ bar}$, $V_0 = 22,4\text{ L}$ à $P_1 = 5\text{ bar}$

Données : $R = 8,3145\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$

EXERCICE 4 : ENTROPIE DU GAZ PARFAIT EN FONCTION DE T ET V

Le dioxyde de carbone a une capacité thermique molaire à volume constant entre 273 et 500 K donnée par la relation :

$$c_V = 23,83 + 22,15 \times 10^{-3} T \quad (\text{J mol}^{-1}\text{ K}^{-1})$$

1. Exprimer la variation élémentaire de l'entropie du gaz parfait en fonction des variables T et V
2. En déduire la variation d'entropie pour un échauffement isochore de cinq moles de CO_2 (considéré comme gaz parfait) de 298 à 400 K

EXERCICE 5 : VARIATION D'ENTROPIE LORS D'UNE DÉTENTE ADIABATIQUE IRRÉVERSIBLE

Un système fermé, constitué par 100 moles de gaz parfait idéal, initialement à 30°C et 1,5 bar, est détendu de façon adiabatique contre la pression de l'environnement ($P_e = 1\text{ bar}$). On considère que l'état final est un état d'équilibre mécanique.

1. Calculer la température T_1 du système dans l'état final.
2. Calculer la variation d'entropie du système entre son état initial et son état final.

Données : $c_P = (5/2)R$; $R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

| |
|--|
| EXERCICE 6 : PRODUCTION D'ENTROPIE LORS D'UN ÉCHANGE DE CHALEUR |
|--|

Un système fermé constitué par 2 kg de méthanol liquide est chauffé à pression constante au moyen d'une source extérieure à 55 °C. La température initiale du système est 20 °C et sa température finale est 55 °C.

1. Calculer la variation d'entropie du système entre son état initial et son état final.
2. Calculer la production d'entropie associée à cette transformation.
3. Calculer la production d'entropie associée à cette transformation lorsque l'échange de chaleur est réalisé avec une source extérieure à 75 °C. Comparer le résultat obtenu avec celui de la question précédente et commenter.

Données : Capacité thermique molaire à pression constante du méthanol

$$c_P = 52,8 + 0,09T \quad (\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})$$

Masse molaire du méthanol : $3,2042 \times 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}$

| |
|---|
| EXERCICE 7 : TRANSFORMATION CYCLIQUE |
|---|

Une masse de 25 g d'air sec occupe un volume $V_0 = 20 \text{ L}$ à 7 °C et sous la pression $P_0 = 1 \text{ bar}$. On considère l'air comme un gaz parfait. On lui fait subir les transformations suivantes :

- une compression isotherme jusqu'à la pression $P_1 = 4 \text{ bar}$;
- une transformation isobare pour revenir au volume initial ;
- une transformation isochore pour revenir à la température initiale.

1. Représenter sur un diagramme de Clapeyron (diagramme PV), les trois transformations considérées.
2. Calculer la variation d'entropie de l'air pour chacune des transformations.
3. En déduire la variation totale d'entropie au cours du cycle.

Données : Masse molaire de l'air sec : $2,8965 \times 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}$; $c_P = (7/2)R$; $c_V = (5/2)R$; $R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$