

Examen-type ING-160

Durée: 3 heures

QUESTION 1 (10 POINTS)

Un cycle de **réfrigération** de Carnot (pompe thermique) utilisant du fréon-134a opère entre les pressions de 100 kPa et 1 MPa. Dans le condenseur le fréon passe de l'état vapeur saturée à l'état liquide saturé.

- Représentez le cycle sur un diagramme T-s.
- Calculez le coefficient de performance.
- Calculez les chaleurs massiques absorbée et rejetée dans l'évaporateur et le condenseur.
- Calculez le travail net du cycle.

Réponses :

b) $\beta' = 4,75$

c) $q_H = -163,7 \text{ kJ/kg}$
 $q_B = 129,2 \text{ kJ/kg}$

d) $w_{net} = -34,4 \text{ kJ/kg}$

QUESTION 2 (10 POINTS)

3 kg d'azote (gaz parfait) subissent les évolutions apparaissant à la figure 1. L'évolution 1-2 est linéaire et l'évolution 2-3 est parabolique. Sachant qu'à l'état initial $T_1 = 200^\circ \text{C}$, déterminez :

- les pression, volume et température pour chaque état,
- le travail effectué entre 1 et 3,
- la chaleur échangée entre 1 et 3.

Réponses :

a) $V_1 = 0,702 \text{ m}^3$
 $V_3 = 1,559 \text{ m}^3$
 $T_1 = 473 \text{ K}$
 $T_3 = 700,1 \text{ K}$
 $V_2 = 1,102 \text{ m}^3$
 $T_2 = 247,5 \text{ K}$

b) $W_{13} = 294,3 \text{ kJ}$

c) $Q_{13} = 801,8 \text{ kJ}$

QUESTION 3 (10 POINTS)

Un réservoir de 2 m^3 est fermé à une de ses extrémités par un piston (figure 2), l'ensemble étant **thermiquement isolé**. Le réservoir est initialement séparé en deux parties (A et B) par une membrane. Le volume A de $0,5 \text{ m}^3$ est à l'origine occupé par de l'air à 500 kPa et 300 K (état 1), alors que le volume B est vide. La membrane se rompt, l'air emplissant tout le réservoir (état 2). Le piston comprime alors le gaz de façon réversible jusqu'à ce que le volume soit de $0,1 \text{ m}^3$ (état 3).

- Déterminez la température du gaz à l'état 2.
- Calculez le travail effectué pour l'ensemble du processus.
- Calculez la variation d'entropie du système pour l'ensemble du processus.

Réponses :

- $T_2 = 300 \text{ K}$
- $W_{13} = -1446,5 \text{ kJ}$
- $\Delta S_{\text{sys}} = 1,155 \text{ kJ/K}$

QUESTION 4 (15 POINTS)

Le cycle thermique de Rankine à régénération de la figure 3 produit de la vapeur d'eau à 3 MPa à la sortie de la chaudière (évaporateur). Une partie de la substance est extraite de la turbine à 150 kPa , le restant se détendant jusqu'à 10 kPa et un titre de $0,7852$.

- quelle est la température T_5 à l'entrée de la turbine.
- représentez le cycle sur un diagramme T-s.
- calculez les enthalpies massiques partout (vous pouvez utiliser le tableau ci-joint, si vous le désirez).
- calculez le travail massique produit par la turbine.
- calculez la chaleur massique rejetée dans le condenseur

Réponses :

- $T_5 = 299,3^\circ \text{C}$
- $h_1 = 191,81 \text{ kJ/kg}$
 $h_2 = 191,95 \text{ kJ/kg}$
 $h_3 = 467,08 \text{ kJ/kg}$
 $h_4 = 470,06 \text{ kJ/kg}$
 $h_5 = 2992,5 \text{ kJ/kg}$
 $h_6 = 2429,74 \text{ kJ/kg}$
 $h_7 = 2070,07 \text{ kJ/kg}$
- $w_{\text{tur}} = 878,2 \text{ kJ/kg}$
- $q_{\text{cond}} = -1647,4 \text{ kJ/kg}$

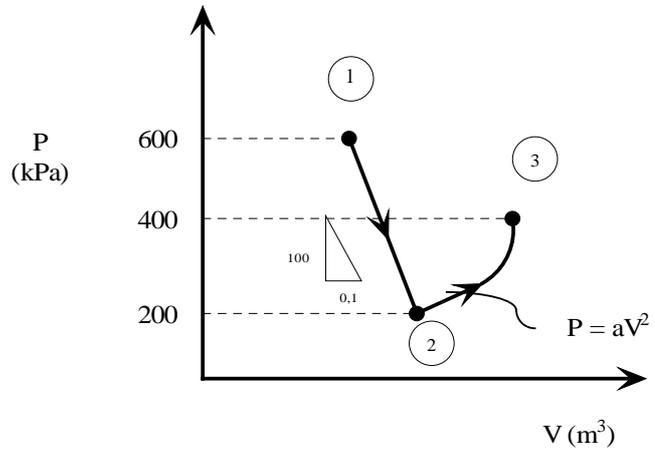


FIGURE 1

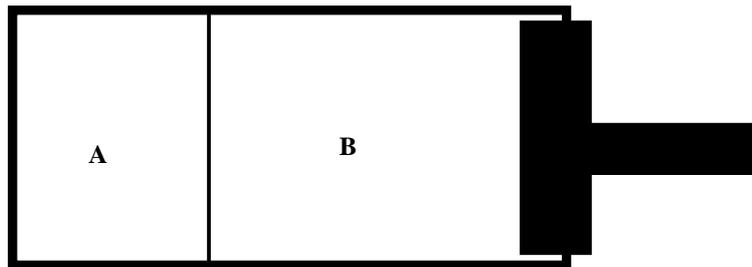


Figure 2

États	1	2	3	4	5	6	7
P					3 MPa	0,15 MPa	10 kPa
T							
s							
x							0,7852
h							

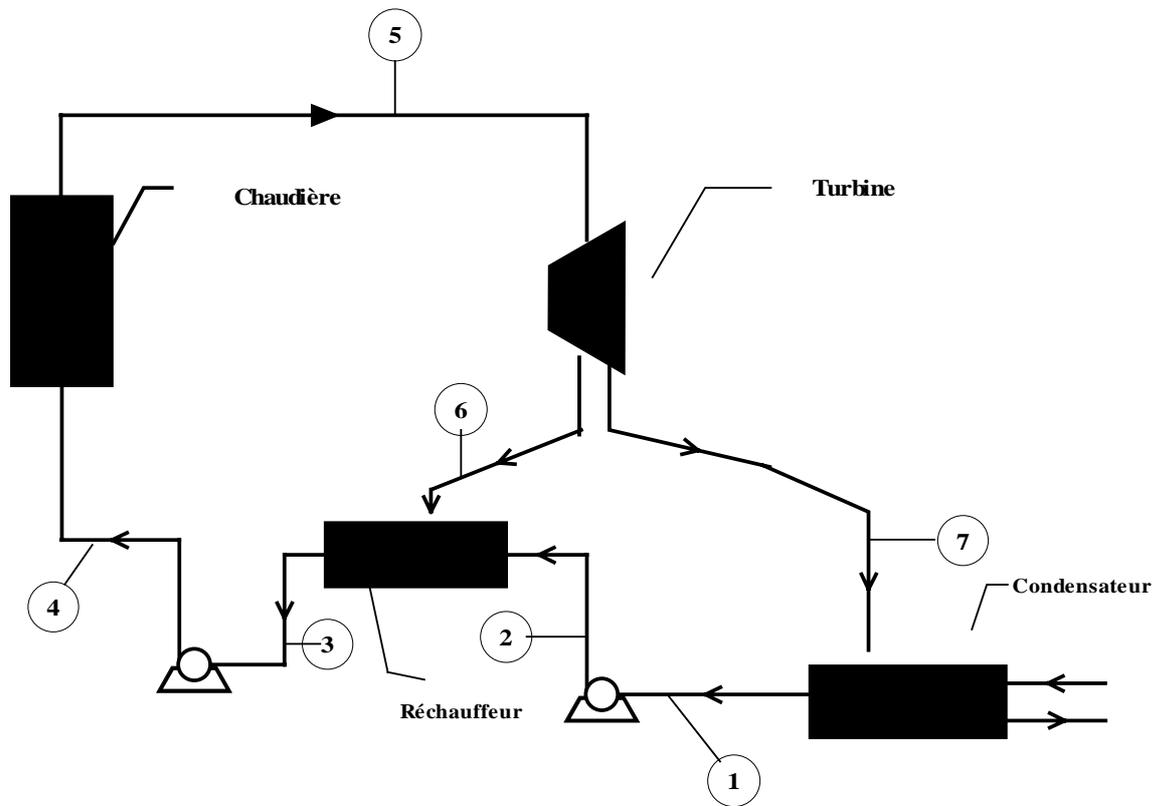


Figure 3