

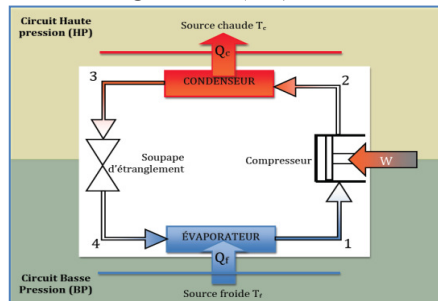
TD de thermodynamique appliquée

Série N° 4

Exercice 1 :

Un réfrigérant R-134a entre dans le compresseur d'une machine frigorifique à l'état vapeur surchauffée à une pression de 0,14 MPa , à une température de -10°C et avec un débit massique de 0.05 kg/s. A la sortie du compresseur la pression et la température du réfrigérant sont respectivement de 0.8 MPa et de 50°C. Dans le condenseur le réfrigérant est refroidi à 0,72 MPa et à 26°C et est détendu dans le détendeur jusqu'à une pression de 0.15 MPa. En négligeant la perte de chaleur et la chute de pression dans différents tuyauteries de la machine, déterminer :

- Le flux de chaleur extrait du milieu froid ;
- La puissance fournie au compresseur ;
- Le flux de chaleur rejeté dans l'environnement ;
- Le coefficient de performance de la machine ;
- Représenter le cycle étudié dans le diagramme (T,s).



Exercice 2 :

Une pompe à chaleur, qui fonctionne selon le cycle idéal (figure 2), utilise le réfrigérant R-134a comme le fluide de travail pour chauffer de l'eau sanitaire. Cette eau de débit massique $\dot{m}_e = 0,12 \text{ kg/s}$ et de chaleur massique $C_p = 4,18 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$ est chauffée de 15°C jusqu' à 45°C. Les pressions à l'entrée de l'évaporateur et à la sortie du condenseur sont respectivement de $P_4=0,32 \text{ MPa}$ et de $P_3=1,4 \text{ MPa}$. En régime permanent la variation de l'énergie cinétique et l'énergie potentielle sont négligeables.

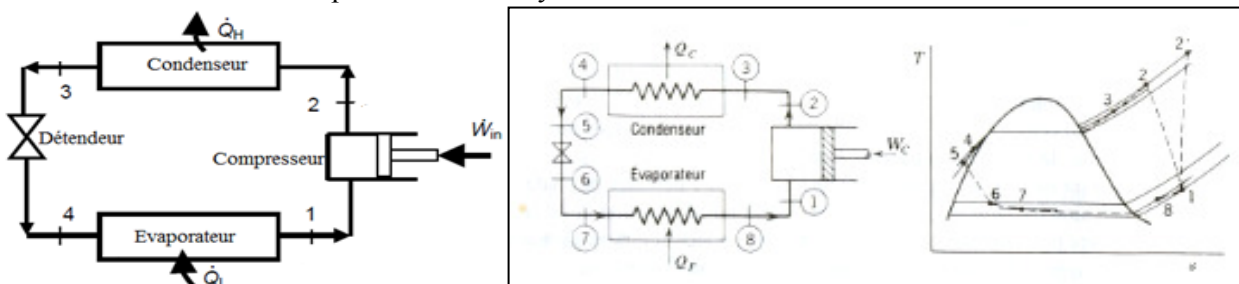
- Pourquoi le cycle de Carnot n'est pas pratique pour une machine frigorifique.
- Déterminer le débit massique du réfrigérant R-134a ;
- Déterminer la puissance fournie au compresseur de la pompe à chaleur ;
- Déterminer la puissance thermique reçue par l'eau chauffée ;
- Si on remplace la pompe à chaleur par une résistance électrique chauffante, qu'elle est la puissance électrique qui sera consommée par cette résistance électrique, dans les mêmes conditions ? Dédurre.

Exercice 3 :

Un cycle de réfrigération utilise le fréon 12 comme fluide moteur. Les variables en différents points du cycle illustré à la figure 3 sont les suivantes :

$P_1=125 \text{ kPa}$	$T_1=-10^\circ\text{C}$	$P_4=1,16 \text{ MPa}$	$T_5=40^\circ\text{C}$
$P_2=1.2 \text{ MPa}$	$T_2=100^\circ\text{C}$	$P_5=1,15 \text{ MPa}$	$x_6=x_7$
$P_3=1,19 \text{ MPa}$	$T_3=80^\circ\text{C}$	$P_6=P_7=140 \text{ kPa}$	$T_8=-20^\circ\text{C}$
			$P_8=130 \text{ kPa}$

La chaleur perdue par le fréon 12 pendant la compression est de 4kJ/kg. Déterminer le coefficient de performance du cycle.



Serie 3

EX 1

a) Etat 1 : $p = 0,1417 \text{ Pa}$ $T = -10^\circ\text{C}$ $T_{\text{sat}} < T$

\Rightarrow vapeur surchauffée

$$\Rightarrow h_1 = 246,4 \text{ kJ/kg}$$

Etat 2 : $p = 0,177 \text{ Pa}$ $T = 50^\circ\text{C}$

vapeur surchauffée on trouve d'après la table.

$$\Rightarrow h_2 = 286,7 \text{ kJ/kg}$$


$$\Rightarrow x_2 = 0,98 \neq 1,$$

Etat 3 : $p = 0,72 \text{ Pa}$ $T = 26^\circ\text{C}$

$$p_{\text{sat}} = 685,4 < p$$

$$T_{\text{sat}} > T_{\text{liquide}}$$

$$\Rightarrow h_3 = h_f = 87,83 \text{ kJ/kg}$$

 attention
casse A.N.

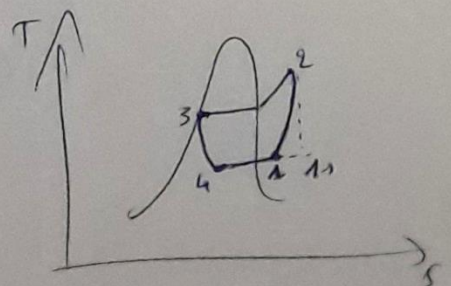
$$\dot{Q}_{\text{int}} = \dot{m} (h_1 - h_4) = 7,5 \text{ kW puissance compresseur}$$

b) puissance compresseur
 $\dot{w}_{\text{int}} = \dot{m} (h_2 - h_1) = 1,88 \text{ kW}$

c) flux de chaleur rejeté
 $\dot{Q}_{\text{out}} = \dot{m} (h_3 - h_2) = -9,816 \text{ kW}$

d) coefficient d'efficacité $\beta = \frac{\dot{Q}_{\text{int}}}{\dot{w}_{\text{int}}}$

e) représentation



EX 2

1)

réfrigérant R-134a perte en chaleur 60 W/h
le cycle de Carnot n'est pas pratique pour une machine
frigorigère

- Dans le compresseur le mélange liquide vapeur va endommager le compresseur (effet de corrosion)
- Au niveau de la turbine une transformation isentropique n'est pas intéressante car le rendement est faible on utilise un détendeur à surface (transformation isenthalpique)

2) Les enthalpies de 1 \rightarrow 4

h_1 : vapeur saturée $P_1 = 0,32 \text{ MPa}$

$$h_1 = 251,9 \text{ KJ/Kg} \quad \gamma_1 = 0,9301 \text{ KJ/Kg.K}$$

h_2 : vapeur surchauffée $\gamma_2 = \gamma_1 = 0,9301 \text{ KJ/Kg.K}$?

$$\frac{h_2 - 289,6}{271,3 - 289,6} = \frac{0,9301 - 0,961}{0,927 - 0,961} \Rightarrow h_2 = 279,33 \text{ KJ/Kg}$$

h_3 : liquide saturé $P_3 = 1,4 \text{ MPa}$

$$h_3 = h_f = 127,3 \text{ KJ/Kg}$$

h_4 : Transformations isenthalpique

$$h_3 = h_4 = 127,3 \text{ KJ/Kg}$$

2) puissance reçue par l'eau chauffée.

$$\dot{\phi} = \dot{m} c_p \Delta T \Rightarrow \dot{\phi} = 0,12 \times 4,18 \times (45-15)$$
$$\dot{\phi} = 15,04 \text{ kJ/s}$$

3) Débit massique du réfrigérant (Bilan d'énergie)

$$\dot{\phi}_f + \dot{\phi}_{\text{eau}} = 0 \Rightarrow \dot{m} (h_3 - h_2) = -\dot{\phi}_{\text{eau}}$$
$$\Rightarrow \dot{m}_r = -\frac{\dot{\phi}_{\text{eau}}}{h_3 - h_2} = 0,096 \text{ kg/s}$$

4) puissance fournie au compresseur.

$$\dot{w}_c = \dot{m}_r (h_c - h_a) \Rightarrow \dot{w}_c = 2,94 \text{ kW}$$

5) on remplace la pompe par une résistance électrique.

$$\text{on a } \eta = 1 \Rightarrow \dot{w} = \dot{\phi}_{\text{tot}}$$

il est préférable d'utiliser la pompe à chaleur au lieu des résistances électriques (très idéal)

Dans le cas réel la pompe consomme plus d'énergie à cause des pertes.

EX 3

coefficient de performance

$$\beta = \frac{\dot{\phi}_{\text{int}}}{\dot{w}_c}$$

$$\dot{w}_{in} = \dot{m}(h_2 - h_1) - \dot{q} \leftarrow \text{perdue durant la compression}$$

$$\dot{q}_{int} = \dot{m}(h_8 - h_7)$$

$$\underline{h_1}: p_1 = 195 \text{ kPa} \quad T_1 = -10^\circ\text{C} \quad p_{sat} = 0,2191 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow T_{sat} < T$$

$$\Rightarrow \text{vapeur surchauffée} \quad h_2 = 185,1634 \text{ kJ/kg}$$

$$\gamma_1 =$$

$$\underline{h_2}: \text{on a } T_2 = 100^\circ\text{C} \quad p_2 = 1,2 \text{ MPa}$$

$$p_{sat} = 3,34 \text{ MPa} > p_2 \Rightarrow T_{sat} < T \text{ vapeur surchauffée}$$

$$\Rightarrow h_2 = 245,51 \text{ kJ/kg}$$

$$\underline{h_3}: p_3 = 130 \text{ kPa} \quad T_3 = -20^\circ\text{C}$$

on a vapeur surchauffée mais par -20°C on prend état saturé

$$h_3 = h(0,13 \text{ MPa}, -20^\circ\text{C})$$

$$\underline{h_4}: p_4 = 140 \text{ kPa} \quad \gamma_6 = \gamma_7$$

(si on a $\gamma_6 \neq \gamma_7 \Rightarrow$ échange d'énergie thermique)

\hookrightarrow détenteur: transformation isenthalpique $h_5 = h_6 = h_7$

$$h_5(1,15 \text{ MPa}, 40^\circ\text{C}) \quad p_{sat} = 0,9607$$

$$\hookrightarrow \text{entraîne avec } h_4 \quad h_5 = 74,527 \text{ kJ/kg}$$

$$P_F = \frac{h_8 - h_7}{(h_2 - h_4) - q} = 1,62$$