



Matière : Machines Frigorifiques et Pompes à Chaleur

Examen

Question de cours : (2 points)

Enumérer quatre types de compresseurs frigorifiques.

Exercice 1 : (8 points)

Une installation frigorifique fonctionne au R134a, est équipée de deux compresseurs et un seul détendeur, voir la figure 1, entre les deux compresseurs est installé un échangeur intermédiaire d'une puissance de 2,8 kW pour refroidir les gaz sortant du compresseur inférieur avant d'entrer dans le compresseur supérieur.

Données	1	2is	2r	3	4is	4r	5	6
p (bar)		3,7			10,2			
T (°C)	-10		26			50		-20
h (kJ/kg)				405			249	

- Représenter le cycle dans un diagramme (p, h).
- Compléter le tableau ci-dessus.
- Calculer le débit massique circulant.
- Faire le bilan des puissances, Calculer le COP
- Calculer les rendements isentropiques des deux compresseurs

Exercice 2 : (10 points)

Une installation frigorifique bi-étagée à injection totale, permet à l'évaporateur d'être maintenue à -15°C (1,64 bar) et le condenseur est à 40°C (10,17 bar), voir la Figure 2, la surchauffe après l'évaporateur est de 10°C , et le sous refroidissement après le condenseur est de 5°C ; la puissance du condenseur est de 88 kW, le rendement isentropique du compresseur inférieur est de 0,85 et celui du compresseur supérieur est de 0,83 ; le fluide frigorigène utilisé dans le circuit est le R134a.

- Représenter le cycle dans un diagramme (p, h).
- Représenter les paramètres p, T, h, v et x des points 1 à 8 dans un tableau.
- Calculer les débits des circuits supérieur et inférieur, Faire le bilan des puissances.
- Calculer le COP et les volumes horaires aspirés et refoulés par les compresseurs.
- L'évaporateur est installé dans une enceinte fermée, déterminer le débit volumique horaire de l'air à souffler, pour abaisser la température de 32°C à 24°C en deux heures.

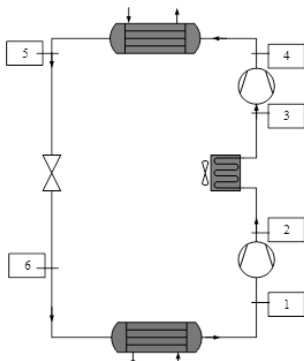


Figure 1

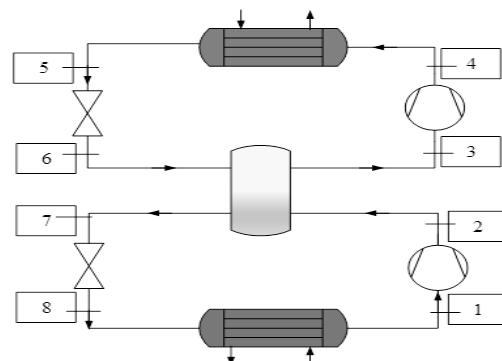


Figure 2

Question de cours : (2 points)

Enumérer quatre types de compresseurs frigorifiques.

- Compresseurs à piston
- Compresseurs rotatifs
- Compresseurs à spirales
- Compresseurs à vis

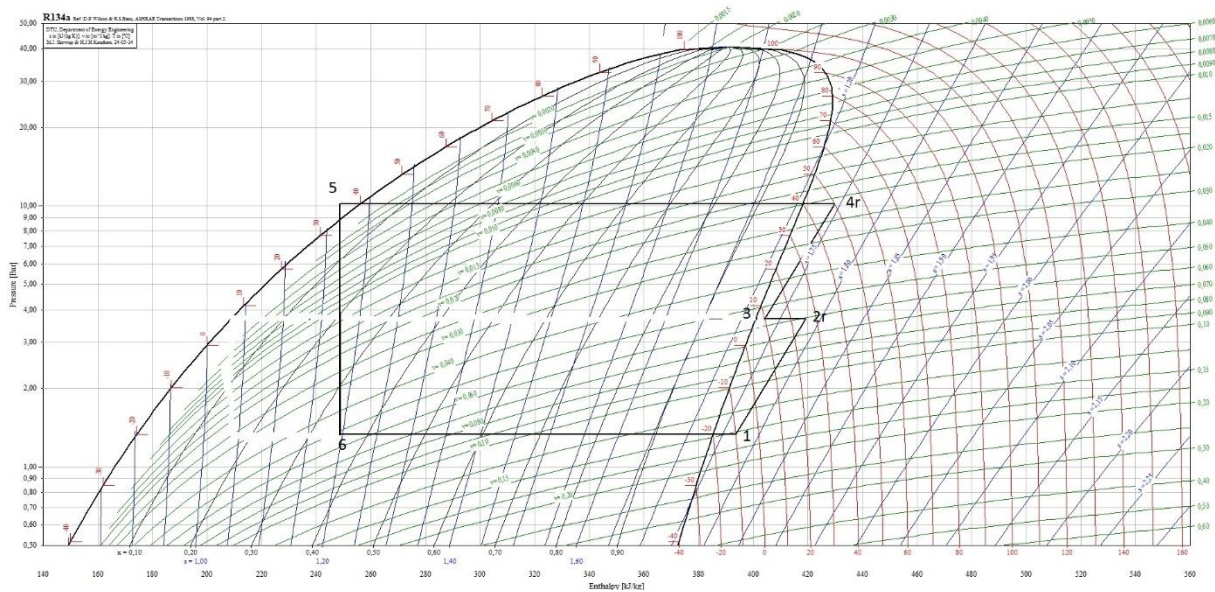
Exercice 1 : (8 points)

a) représentation du cycle

On calcule la pression inférieure **(1 point)**

$$P_F = \frac{P_I^2}{P_C} = \frac{3,7^2}{10,2} = 1,34 \text{ bar}$$

Le diagramme **(1 point)**



b) Compléter le tableau

Les paramètres des points de 1 à 6 : **(1 point)**

Données	1	2is	2r	3	4is	4r	5	6
p (bar)	1,33	3,7	3,7	3,7	10,2	10,2	10,2	1,33
T (°C)	-10	22	26	10	46	50	35	-20
h (kJ/kg)	394	416	419	405	425	430	249	249

Calcul du débit massique

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_e}{(h_{2r} - h_3)} = \frac{2,8}{(419 - 405)} = 0,2 \text{ kg/s} \text{ (0,5 point)}$$

Les formules **(1 point)**

Le bilan des puissances

L'évaporateur

$$\dot{Q}_F = \dot{m}(h_1 - h_6) = 0,2(394 - 249) = 29 \text{ kW} \text{ (0,5 point)}$$

Le condenseur

$$\dot{Q}_C = \dot{m}(h_{4r} - h_5) = 0,2(430 - 249) = 36,2kW \text{ (0,5 point)}$$

Le compresseur du circuit inférieur

$$\dot{W}_{inf} = \dot{m}(h_{2r} - h_1) = 0,2(419 - 394) = 5kW \text{ (0,5 point)}$$

Le compresseur du circuit supérieur

$$\dot{W}_{sup} = \dot{m}(h_{4r} - h_3) = 0,2(430 - 405) = 5kW \text{ (0,5 point)}$$

Le COP de l'installation

$$COP_r = \frac{\dot{Q}_F}{\dot{W}_{inf} + \dot{W}_{sup}} = \frac{29}{5+5} = 2,9 \text{ (0,5 point)}$$

Le rendement isentropique du compresseur inférieur

$$\eta_{is} = \frac{h_{2is} - h_1}{h_{2r} - h_1} = \frac{416 - 394}{419 - 394} = 0,84 \text{ (0,5 point)}$$

Le rendement isentropique du compresseur supérieur

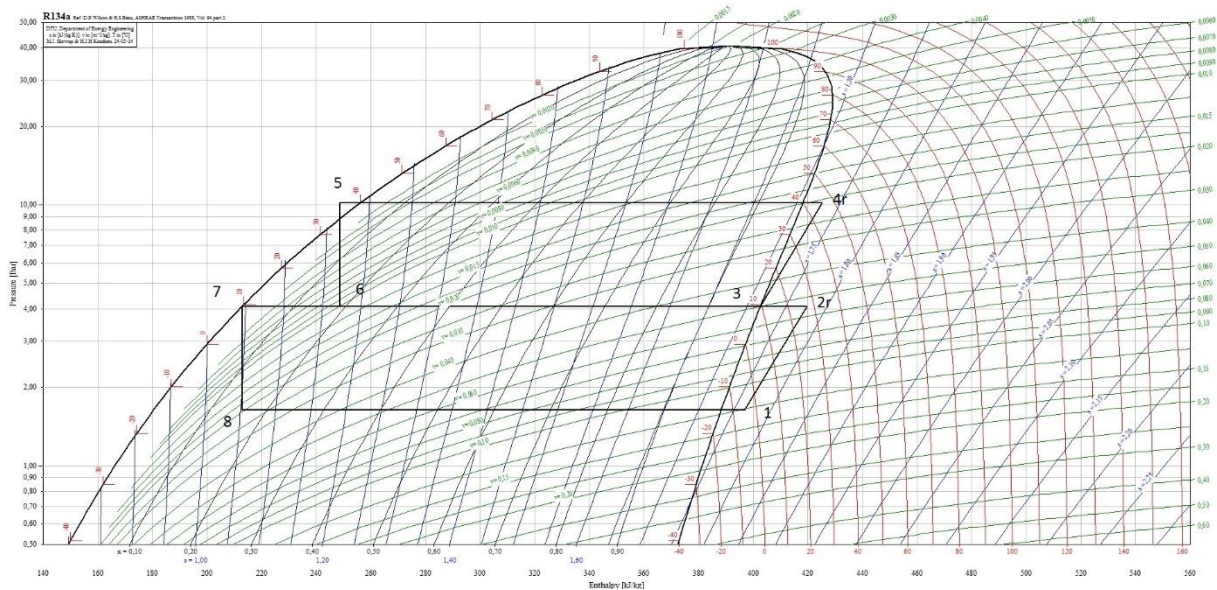
$$\eta_{is} = \frac{h_{4is} - h_3}{h_{4r} - h_3} = \frac{425 - 405}{430 - 405} = 0,8 \text{ (0,5 point)}$$

Exercice 2 : (10 points)

Calcul de la pression intermédiaire

$$P_l = \sqrt{P_F \cdot P_C} = \sqrt{1,64 \cdot 10,17} = 4,08bar \text{ (1 point)}$$

a) Le diagramme (1 point)



b) Représenter les paramètres p , T , h , v et x des points 1 à 8 dans un tableau. **(1 point)**

Données	1	2is	2r	3	4is	4r	5	6	7	8
p (bar)	1,64	4,1	4,1	4,1	10,17	10,17	10,17	10,17	4,1	1,64
T (°C)	-5	24	27	10	43	46	35	10	10	-20
h (kJ/kg)	397	416	420	403	421	425	249	249	213	213
x	1	1	1	1	1	1	0	0,19	0	0,16
v (m ³ /kg)	0,125	0,053	0,054	0,050	0,020	0,021	-	0,014	-	0,025

c) Calculer les débits des circuits supérieur et inférieur, Faire le bilan des puissances.

Calcul du débit supérieur

$$\dot{m}_{sup} = \frac{\dot{Q}_C}{(h_{4r} - h_5)} = \frac{88}{(425 - 249)} = 0,5 \text{ kg/s (1 point)}$$

Calcul du débit inférieur

Le bilan de la bouteille intermédiaire, nous donne

$$\dot{m}_{inf}(h_{2r} - h_7) = \dot{m}_{sup}(h_3 - h_6)$$

D'où

$$\dot{m}_{inf} = \dot{m}_{sup} \frac{(h_3 - h_6)}{(h_{2r} - h_7)} = 0,5 \frac{(403 - 249)}{(420 - 213)} = 0,37 \text{ kg/s (1 point)}$$

Le bilan des puissances

L'évaporateur

$$\dot{Q}_F = \dot{m}_{inf}(h_1 - h_8) = 0,37(397 - 213) = 68 \text{ kW (0,5 point)}$$

Le compresseur du circuit inférieur

$$\dot{W}_{inf} = \dot{m}_{inf}(h_{2r} - h_1) = 0,37(420 - 397) = 8,5 \text{ kW (0,5 point)}$$

Le compresseur du circuit supérieur

$$\dot{W}_{sup} = \dot{m}_{sup}(h_{4r} - h_3) = 0,5(425 - 403) = 11 \text{ kW (0,5 point)}$$

d) Calculer les volumes horaires aspirés et refoulés par les compresseurs.

Le COP de l'installation

$$COP = \frac{\dot{Q}_F}{\dot{W}_{inf} + \dot{W}_{sup}} = \frac{68}{8,5 + 11} = 3,48 \text{ (0,5 point)}$$

Compresseur inférieur

Volume horaire aspiré

$$\dot{V}_{asp} = 3600 \cdot v_1 \cdot \dot{m}_{inf} = 3600 \cdot 0,125 \cdot 0,37 = 166,5 \text{ m}^3/\text{h (0,5 point)}$$

Volume horaire refoulé

$$\dot{V}_{ref} = 3600 \cdot v_{2r} \cdot \dot{m}_{inf} = 3600 \cdot 0,054 \cdot 0,37 = 72 \text{ m}^3/\text{h (0,5 point)}$$

Compresseur supérieur

Volume horaire aspiré

$$\dot{V}_{asp} = 3600 \cdot v_3 \cdot \dot{m}_{sup} = 3600 \cdot 0,050 \cdot 0,5 = 90 m^3/h \text{ (0,5 point)}$$

Volume horaire refoulé

$$\dot{V}_{ref} = 3600 \cdot v_{4r} \cdot \dot{m}_{inf} = 3600 \cdot 0,021 \cdot 0,5 = 37,8 m^3/h \text{ (0,5 point)}$$

e) Le débit volumique horaire de l'air à souffler dans l'évaporateur

$$\frac{\dot{Q}_F}{2} = \rho \dot{V} c_p (T_s - T_e)$$

$$\dot{V} = \frac{3600 \cdot \dot{Q}_F}{2 \rho c_p (T_1 - T_2)} = \frac{3600 \cdot 68 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,3 \cdot 1005 (32 - 24)} = 11710 m^3/h \text{ (1 point)}$$