



Matière : Machines Frigorifiques et Pompes à Chaleur

TD 04

Exercice 1 :

Une installation frigorifique fonctionne entre deux températures, l'évaporateur est à -10°C et le condenseur est à 40°C , la surchauffe est de 10°C , et le sous refroidissement est de 5°C ; le débit massique circulant est de $0,15\text{ kg/s}$ et le rendement isentropique du compresseur est de $0,85$; Le rendement mécanique du compresseur est de $0,9$. Cette installation est mise en marche avec le R134a (tétrafluoroéthane CH_2FCF_3), ce fluide frigorigène est ensuite évacué et remplacé par un autre fluide frigorigène le R290 (Propane C_3H_8)

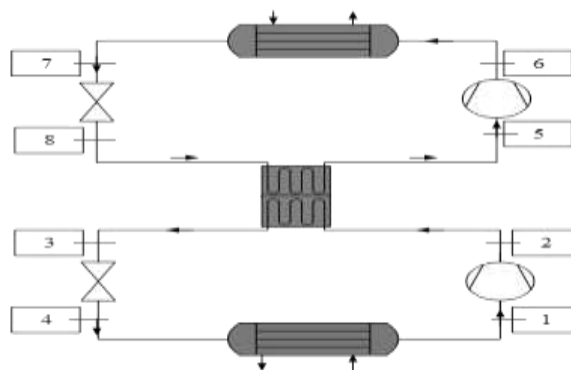
- Représenter le cycle de cette machine dans les deux diagrammes.
- Faire le bilan des puissances, Calculer le travail effectif du compresseur et le COP
- Comparer les deux résultats
- On désire maintenir la puissance de l'évaporateur, lors du changement du fluide frigorigène, que recommandez-vous

Exercice 2 :

On envisage un système de réfrigération en cascade à deux étages fonctionnants, comme indiqué dans la figure ci-dessous, l'échangeur entre les deux circuits est considéré comme adiabatique, dans le circuit supérieur circule le R134a et évolue entre 40 et -10°C ; dans le circuit inférieur circule le R290 et évolue entre 0 et -30°C .

Dans les deux cycles, le liquide à la sortie du condenseur est sous refroidi de 5°C , et la vapeur à l'entrée du compresseur est surchauffée de 10°C , le rendement isentropique des deux compresseurs est de $0,85$; Le débit du fluide du cycle inférieure est de $0,10\text{ kg/s}$.

- Représenter les cycles dans les diagrammes correspondants.
- Calculer le débit du circuit supérieur
- Faire le bilan des puissances, Calculer le COP de l'installation.



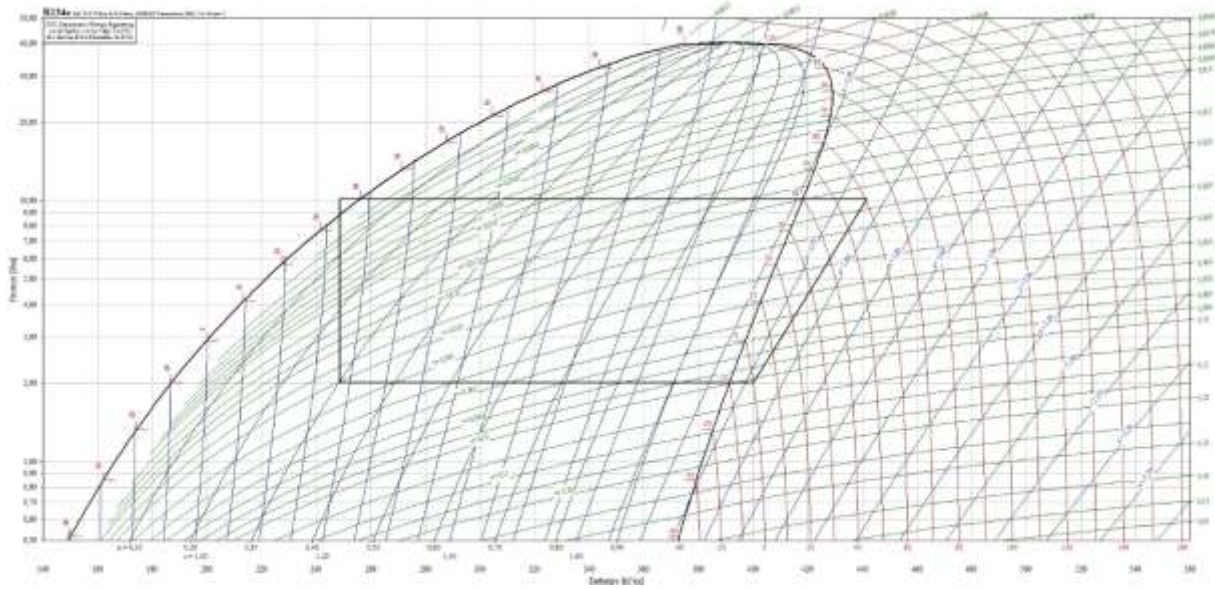
Exercice 3 :

Un cycle de réfrigération fonctionnant à l'air, à l'entrée du compresseur la température est à 20°C , et à l'entrée de la turbine est à 80°C , en supposant les rendements isentropiques du compresseur et de la turbine de 80% , les taux de compression et de détente sont égaux respectivement à 3 et $1/3$.

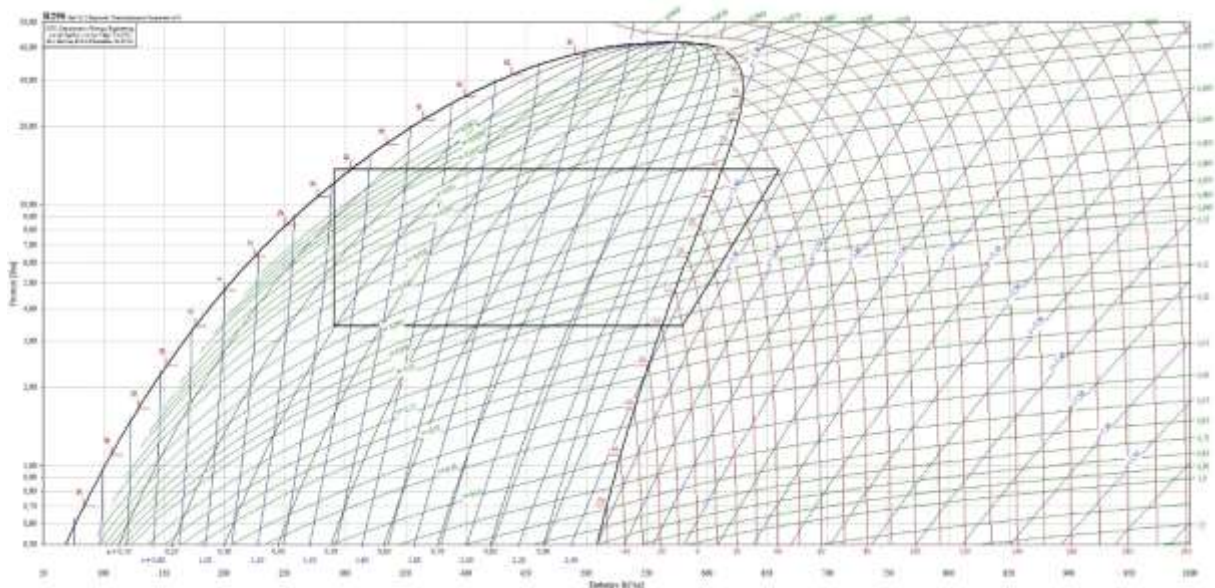
- Déterminer la température à la sortie du compresseur et de la turbine
- Le coefficient de performance
- Le débit massique de l'air pour une puissance de réfrigération de 18kW .

Exercice 1 :

a)
R134a



R290



Les données ont été relevées des deux diagrammes :

Données	h_1 (kJ/kg)	h_{2is} (kJ/kg)	h_{2r} (kJ/kg)	h_3 (kJ/kg)	h_4 (kJ/kg)	P_C (bar)	P_F (bar)
R134a	400	435	441	249	249	10,2	2
R290	579	648	659	291	291	13,6	3,4

b)
L'enthalpie réelle

$$h_{2r} = h_1 + \frac{h_{2is} - h_1}{\eta_{is}}$$

Le condenseur

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_r(h_{2r} - h_3)$$

L'évaporateur

$$\dot{Q}_F = \dot{m}_r(h_1 - h_4)$$

Le compresseur :

Le travail réel

$$\dot{W}_r = \dot{m}_r(h_{2r} - h_1)$$

On calcule le rendement volumique, qui égal au rendement indiqué :

$$\eta_i = \eta_{vol} = 1 - 0,05 \frac{P_C}{P_F}$$

Le travail effectif

$$\dot{W}_{eff} = \frac{\dot{W}_r}{\eta_i \eta_m}$$

Le coefficient de performance de la machine frigorifique.

$$COP_r = \frac{\dot{Q}_F}{\dot{W}_{eff}}$$

Le tableau des résultats

Données	\dot{W}_r (kW)	\dot{W}_{eff} (kW)	\dot{Q}_F (kW)	\dot{Q}_C (kW)	COP_r
R134a	6,15	9,20	23	29	2,50
R290	12	15	43	55	2,87

c)

Le COP du R290 est légèrement supérieur à celui du R134a, les puissances mise en jeu sont beaucoup plus importantes pour le R290.

d)

\dot{Q}_F du R134a vera être égale à \dot{Q}_F du R290, comme la variation de l'enthalpie ne change pas, c'est le débit massique qui change.

Le débit massique du fluide frigorigène R290 est :

$$\dot{m}_r = \frac{\dot{Q}_F}{(h_1 - h_4)}$$

Les nouvelles puissances

Données	\dot{m}_r (kg/s)	\dot{W}_r (kW)	\dot{W}_{eff} (kW)	\dot{Q}_F (kW)	\dot{Q}_C (kW)	COP_r
R134a	0,15	6,15	9,20	23	29	2,50
R290	0,08	6,4	8	23	30	2,88

Exercice 2 :

a)
diagramme du R134a

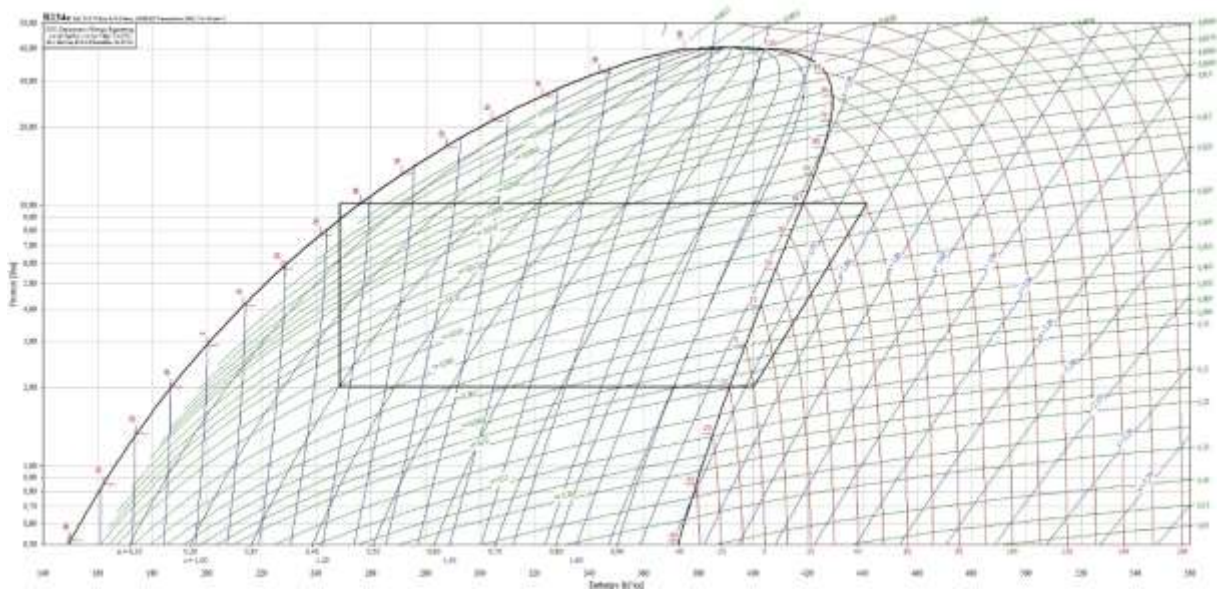
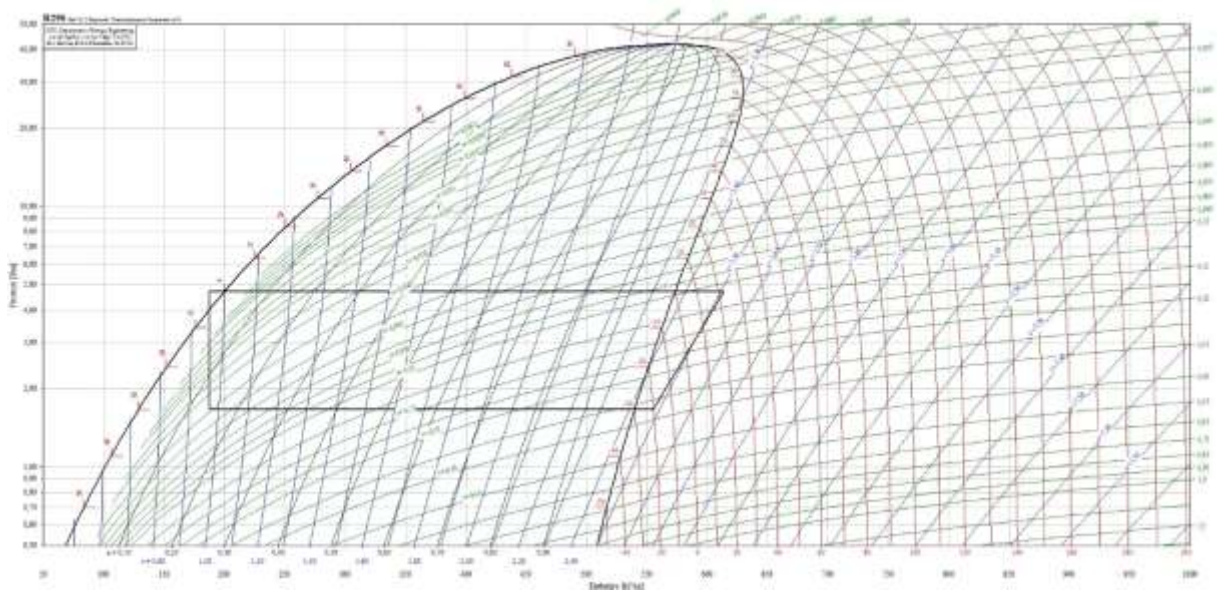


Diagramme du R290



Les données ont été relevées de l'abaque :

Données	h_1 (kJ/kg)	h_{2is} (kJ/kg)	h_{2r} (kJ/kg)	h_3 (kJ/kg)	h_4 (kJ/kg)	h_5 (kJ/kg)	h_{6is} (kJ/kg)	h_{6r} (kJ/kg)	h_7 (kJ/kg)	h_8 (kJ/kg)
Installation	557	604	613	188	188	400	435	441	249	249

L'enthalpie réelle sortie compresseur circuit inférieur

$$h_{2r} = h_1 + \frac{h_{2is} - h_1}{\eta_{is}}$$

L'enthalpie réelle sortie compresseur circuit supérieur

$$h_{6r} = h_5 + \frac{h_{6is} - h_5}{\eta_{is}}$$

b)

Calcul du débit du circuit supérieur

On fait le bilan des entrées et des sorties au niveau de l'échangeur de l'évapo-condenseur.

$$\dot{m}_{rinf}h_{2r} - \dot{m}_{rsup}h_5 + \dot{m}_{rsup}h_8 - \dot{m}_{rinf}h_3 = 0$$

L'équation de vient

$$\dot{m}_{rinf}(h_{2r} - h_3) = \dot{m}_{rsup}(h_5 - h_8)$$

D'où

$$\dot{m}_{rsup} = \dot{m}_{rinf} \frac{(h_{2r} - h_3)}{(h_5 - h_8)}$$

c) le bilan des puissances

Le condenseur

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_{rsup}(h_{6r} - h_7)$$

L'évaporateur

$$\dot{Q}_F = \dot{m}_{rinf}(h_1 - h_4)$$

Le compresseur du circuit inférieur

$$\dot{W}_{inf} = \dot{m}_{rinf}(h_{2r} - h_1)$$

Le compresseur du circuit supérieur

$$\dot{W}_{sup} = \dot{m}_{rsup}(h_{6r} - h_5)$$

Les résultats

Résultats	\dot{m}_{rinf} (kg/s)	\dot{m}_{rsup} (kg/s)	\dot{W}_{inf} (kW)	\dot{W}_{sup} (kW)	\dot{Q}_F (kW)	\dot{Q}_C (kW)	COP
Installation	0,15	0,28	5,6	11,5	37	54	2,16

Exercice 3 :

a) Les températures

La température isentropique de sortie du compresseur

$$T_{2s} = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\gamma-1/\gamma} = 293 \cdot 3^{0.4/1.4} = 401K = 128^\circ C$$

La température isentropique de sortie de la turbine

$$T_{4s} = T_3 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\gamma-1/\gamma} = 323 \cdot \left(\frac{1}{3} \right)^{0.4/1.4} = 235K = -37^\circ C$$

La température réelle de sortie du compresseur

$$\eta_{isC} = \frac{h_{2is} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{T_{2is} - T_1}{T_2 - T_1}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{T_{2is} - T_1}{\eta_{isC}} = 293 + \frac{401 - 293}{0,8} = 428K = 155^\circ C$$

La température réelle de sortie de la turbine

$$\eta_{isT} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4is}} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4is}}$$

$$T_4 = T_3 - \eta_{isT} \cdot (T_3 - T_{4is}) = 323 - 0,8 \cdot (323 - 235) = 252K = -20^\circ C$$

b) Le COP

$$COP = \frac{QF}{WC - WT} = \frac{h_1 - h_4}{(h_2 - h_1) - (h_3 - h_4)}$$

$$COP = \frac{T_1 - T_4}{(T_2 - T_1) - (T_3 - T_4)}$$

$$COP = \frac{293 - 252}{(428 - 293) - (323 - 252)} = 0,64$$

c) Le débit massique de l'air

$$QF = m\Delta h = m(h_1 - h_4) = mcp(T_1 - T_4)$$

$$m = \frac{QF}{cp(T_1 - T_4)} = \frac{18}{1(293 - 252)} = 0,44kg/s$$

