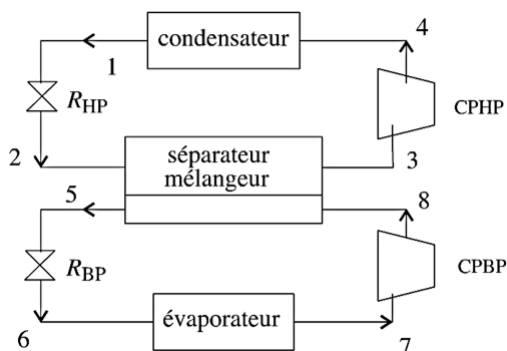


CYCLE DE RÉFRIGÉRATION EN 8 ÉTAPES

Dans cette exercice on étudie un cycle de réfrigération en 8 étapes.



Le condensateur et l'évaporateur sont des échangeurs permettant respectivement la condensation et l'évaporation totale du fluide qui les traverse. Dans les états 1 et 7, le fluide est respectivement à l'état liquide saturant et de vapeur saturante sèche. Les évolutions du fluide dans les échangeurs sont supposées isobares.

R_{HP} et R_{BP} sont des robinets de laminage, respectivement haute et basse pression, qui assurent, sans partie mobile, des détentes supposées adiabatiques. Le fluide pénètre dans R_{HP} sous une haute pression égale à P_1 (état 1) et en ressort sous une pression intermédiaire P_2 (état 2).

Le fluide pénètre dans R_{BP} sous la pression intermédiaire égale à P_5 (état 5) et en ressort sous une basse pression P_6 (état 6).

CPHP et CPBP sont des compresseurs, respectivement haute et basse pression, qui assurent des compressions également supposées adiabatiques et réversibles du fluide à l'état gazeux.

Le fluide pénètre dans CPHP sous une pression intermédiaire P_3 (état 3) et en ressort sous la haute basse pression P_4 (état 4).

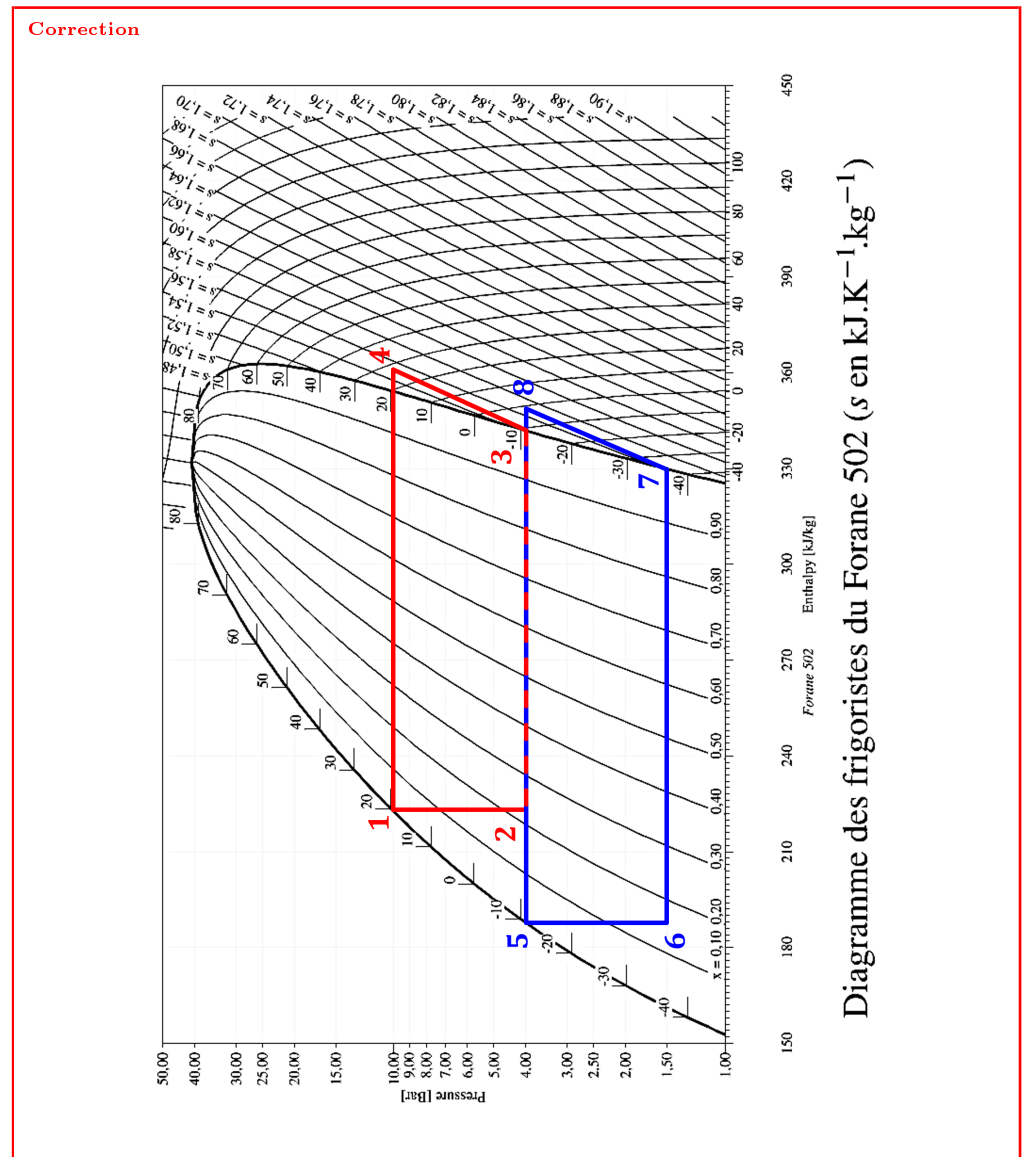
Le fluide pénètre dans CPBP sous basse pression P_7 (état 7) et en ressort sous la pression intermédiaire P_8 (état 8)

À la sortie de R_{HP} (état 2), et à la sortie de CPBP (état 8), le fluide pénètre dans le mélangeur-séparateur (MS) et ressort à l'état de vapeur sèche saturante (état 3) vers CPHP et à l'état de liquide saturant (état 5) vers R_{BP} . L'échangeur MS est parfaitement calorifugé, dépourvu de partie mobile, et les évolutions du fluide y sont supposées réversibles.

Données : $P_1 = 10$ bar ; $P_2 = P_3 = P_5 = P_8 = 4,0$ bar ; $P_6 = 1,5$ bar. Débit du cycle

basse pression $D_{BP} = 1,50$ kg · s⁻¹. Débit du cycle haute pression $D_{HP} = 2,34$ kg · s⁻¹.

1) Tracer les deux cycles complet sur le diagramme fourni en fin d'exercice.



2) Présenter sous forme de tableau, les caractéristiques (h, P, T, x) de chacun des états pour chacune des étapes des cycles.

Correction

Par lecture graphique :

État	h (kJ · kg ⁻¹)	P (bar)	T (°C)	x
1	225	10,0	20	0
2	225	4,0	-12	0,23
3	340	4,0	-12	1
4	360	10,0	27	1
5	190	4,0	-12	0
6	190	1,5	-37	0,15
7	330	1,5	-37	1
8	350	4,0	0	1

3) Retrouver le titre massique en vapeur x du fluide dans l'état 2 avec le théorème des moments.

Correction

Théorème des moments :

$$x_2 = \frac{h_2 - h_5}{h_3 - h_5} = 0,23$$

4) Calculer la puissance mécanique échangée dans CPHP et CPBP.

Correction

Le premier principe industriel donne que la variation d'enthalpie massique est égale au travail massique utile dans les compresseurs. Ainsi :

$$\mathcal{P}_{\text{C PHP}} = D_{\text{HP}} (h_4 - h_3) = 46,8 \text{ kW} \quad \text{et} \quad \mathcal{P}_{\text{C P BP}} = D_{\text{BP}} (h_8 - h_7) = 30,0 \text{ kW}$$

5) Calculer la puissance thermique échangée dans l'évaporateur et dans le condenseur.

Correction

Dans ces composants sans partie mobile, le transfert thermique est égal à la variation d'enthalpie, soit :

$$\mathcal{P}_{\text{th,e}} = D_{\text{BP}} (h_7 - h_6) = 210 \text{ kW} \quad \text{et} \quad \mathcal{P}_{\text{th,c}} = D_{\text{HP}} (h_1 - h_4) = -316 \text{ kW}$$

6) Calculer le COP de l'installation frigorifique étudié.

Correction

Par définition :

$$\text{COP} = \frac{\text{utile}}{\text{coût}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{th,e}}}{\mathcal{P}_{\text{C PHP}} + \mathcal{P}_{\text{C P BP}}} = 2,73$$

7) Calculer le COP du cycle réfrigérant idéal de Carnot avec une température de la source froide $T_f = T_7$ et une température de la source chaude $T_c = T_1$. Commenter.

Correction

Pour un cycle de Carnot :

$$\text{COP}_c = \frac{T_F}{\Delta T} = 4,14$$

La machine fonctionne donc à 66 % du rendement théorique de Carnot, ce qui est très correct !

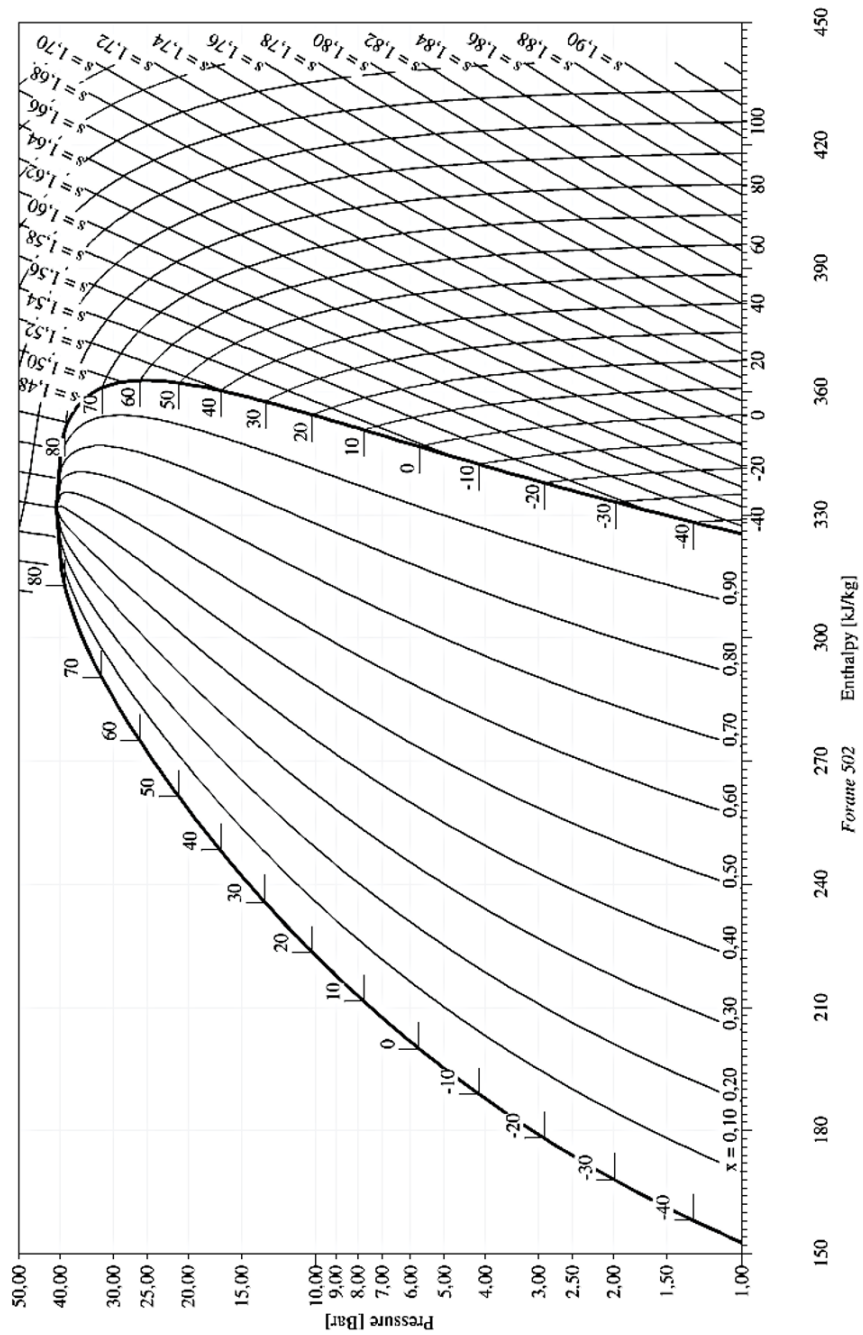


Diagramme des frigoristes du Forane 502 (s en $\text{kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)