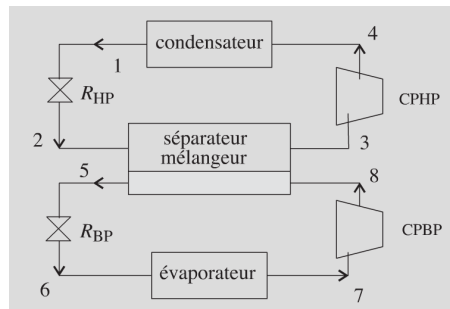


DM 4 : Thermodynamique des systèmes ouverts

Pour Mardi 15 Octobre

Cycle de réfrigération



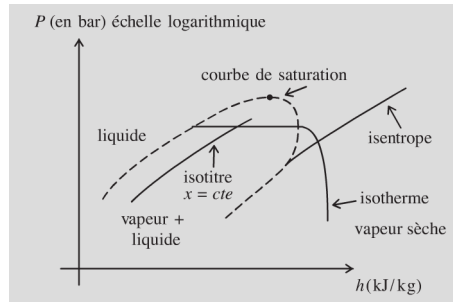
Le condensateur et l'évaporateur sont des échangeurs permettant respectivement la condensation et l'évaporation totale du fluide qui les traverse ; dans les états 1 et 7, le fluide est respectivement à l'état liquide saturant et de vapeur saturante sèche. Les évolutions du fluide dans les échangeurs sont supposées isobares. R_{HP} et R_{BP} sont des robinets de laminage, respectivement haute et basse pression, qui assurent, sans partie mobile, des détenteurs 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). C PHP et C PBP 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 C PHP sous une pression intermédiaire p_3 (état 3) et en ressort sous la haute basse pression p_4 (état 4).
- Le fluide pénètre dans C PBP sous basse pression p_7 (état 7) et en ressort sous la pression intermédiaire p_8 (état 8)

A la sortie de R_{HP} (état 2), et à la sortie de C PBP (état 8), le fluide pénètre dans le mélangeur-séparateur (MS) et ressort à l'état de vapeur sèche saturante (état 3) vers C PHP 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 : $p_1 = 15$ 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.

Etude du diagramme des frigoristes



L'abscisse est l'enthalpie massique h du fluide étudié, exprimé en kJ.kg^{-1} , avec une échelle linéaire. L'ordonnée est la pression p , exprimée en bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$), avec une échelle logarithmique. On note x le titre massique en vapeur dans un état donné.

1. Quelle est la forme des isothermes à l'intérieur de la courbe de saturation ?
2. Trouver l'équation d'une isotherme d'un gaz parfait dans le diagramme étudié, y-a-t-il accord avec les isothermes du diagramme réel du fluide Forane 502, représenté en annexe ?

Étude du cycle haute pression $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$

Le fluide frigorigène étudié ici est le Forane 502.

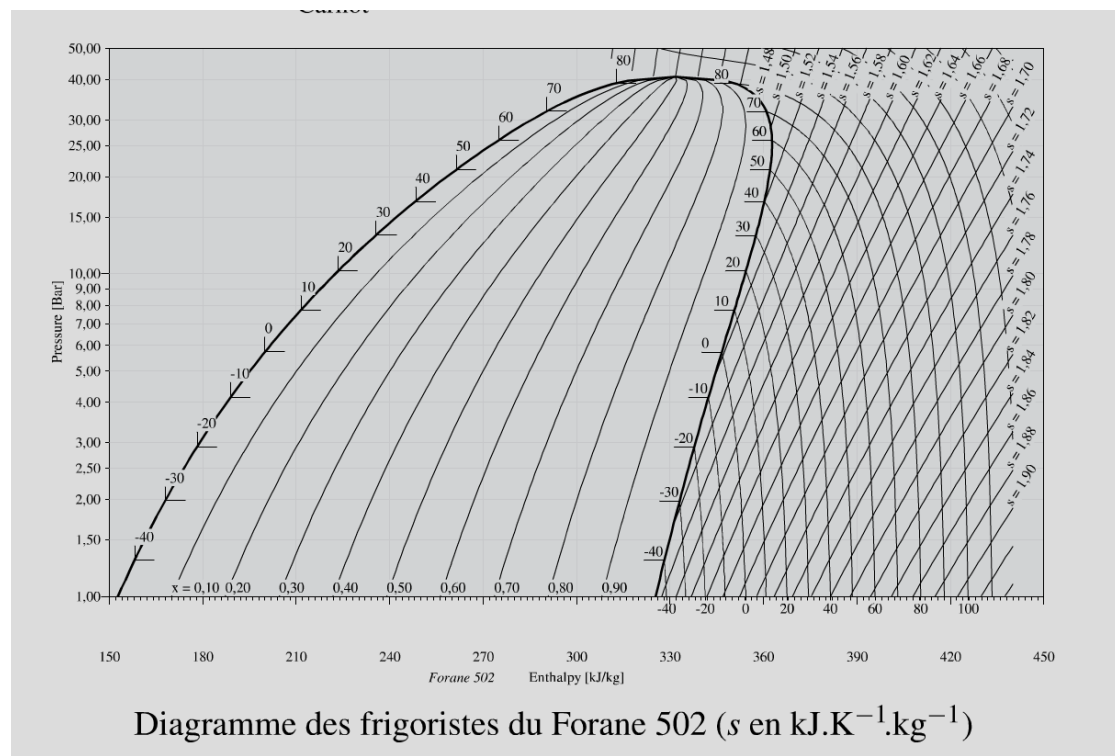
3. Tracer le cycle $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ sur le diagramme fourni en annexe.
4. Présenter sous forme de tableau, les caractéristiques (h , p , T , x) de chacun des états 1, 2, 3, et 4 par lecture directe sur ce diagramme ainsi complété.
5. Retrouver le titre massique en vapeur x du fluide dans l'état 2 avec le théorème des moments.

Étude du cycle haute pression $5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8$

6. Tracer le cycle 5-6-7-8 sur le diagramme fourni en annexe.
7. Déterminer les valeurs de p , T , x , et h pour les états 5, 6, 7, et 8 du fluide.

Bilan énergétique

8. Calculer la puissance mécanique échangée dans CPHP et CPBP.
9. Calculer la puissance thermique échangée dans l'évaporateur et dans le condenseur.
10. Calculer le COP (coefficient de performance) de l'installation frigorifique étudié : $\text{COP} = \frac{\text{utile}}{\text{coût}} = \frac{\Phi_{\text{evap}}}{P_{\text{CPHP}} + P_{\text{CPBP}}}$
11. 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 $T_c = T_1$. En déduire le rendement du cycle étudié par rapport au cycle de Carnot $\eta = \frac{\text{COP}}{\text{COP}_{\text{Carnot}}}$. Commenter.



En bonus :

N'importe quel(s) exos(s) des précédents TD non corrigé en classe dont vous voulez la correction