

12 -L - Etats de la matière

Bibliographie :

- Saenz j'intègre PCSI pour la machine frigorifique
- 1000 et 1 question : 1^{ère} année

Intro : CM.

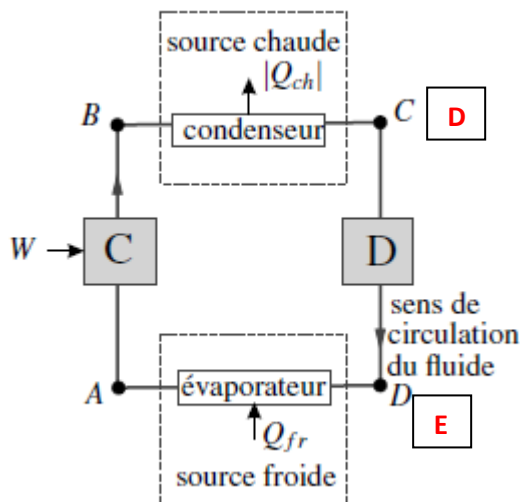
- Etats et les noms (cycle 4)
- Diagramme PV (de l'eau) et changement d'états
- Variance
- Variété allotropique

Post Bac : Utilisation dans la machine Frigorifique.

Les systèmes frigorifiques et les pompes à chaleur sont en général des systèmes à condensation dont le principe est représenté sur la figure 25.8. Un fluide, dit *frigorigène* ou *caloporteur* suivant l'utilisation, suit un circuit comportant :

- un compresseur C dans lequel il reçoit du travail et n'a pas d'échange thermique (dans le compresseur la température du fluide augmente),
- un condenseur dans lequel il est en contact avec la source chaude à laquelle il cède du transfert thermique,
- un détendeur D dans lequel il ne reçoit ni travail, ni transfert thermique (dans le détendeur la température du fluide diminue),
- un évaporateur dans lequel il est en contact avec la source froide de laquelle il reçoit du transfert thermique.

Les transformations du fluide dans le condenseur et l'évaporateur sont isothermes, l'énergie perdue ou gagnée par le fluide correspondant à un changement d'état.



Attention il y a un décalage entre le schéma du j'intègre, le dessin du H-prépa et ce qui se passe réellement comme on peut le voir sur le 1001 questions

L'étape $B \rightarrow C$ est en réalité l'étape $B \rightarrow D$ comme décrit ci après

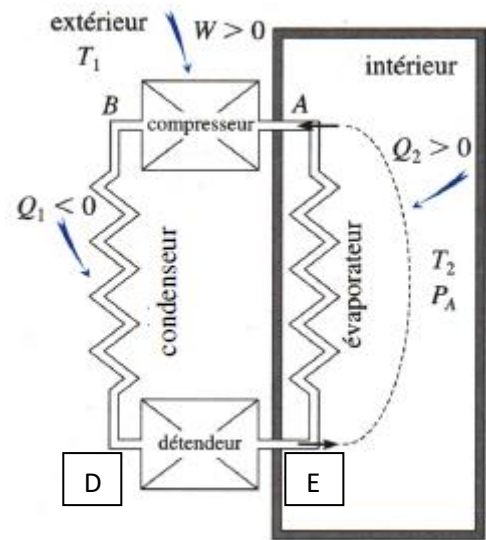
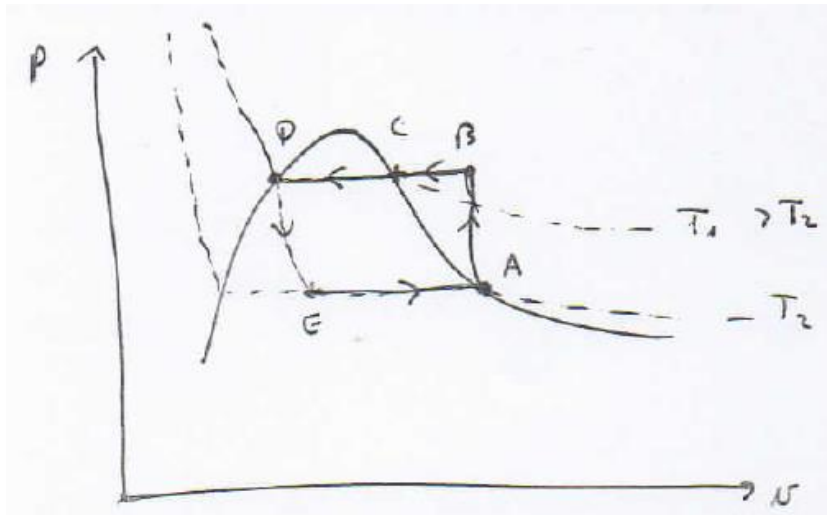
$A \rightarrow B$: compression adiabatique

$B \rightarrow C$: Refroidissement isobare (C : vapeur saturante)

$C \rightarrow D$: liquéfaction isobare et totale (D : état liquide saturant)

$D \rightarrow E$: Détente adiabatique

$E \rightarrow A$: Evaporateur isobare donc isotherme



Calcul de la variance pour justifier l'isotherme et isobare pour la condensation et l'évaporation

Corps pur sous 2 phases : $V = X - Y = (P, T, x_l, P_v) - (x_l = 1, P = P_v, K^\circ = \frac{P_{vap}}{P^\circ}) = 1$

Donc si on fixe la température, on fixe automatiquement la pression et inversement.

La pente DE correspond à une adiabatique réversible $PV^\gamma = \text{constante}$ alors qu'une isotherme serait moins pentu puisqu'on aurait $PV = nRT$ (dans l'hypothèse des gaz parfaits, mais ce n'est pas le cas ici vu certaine pression)

Calcul de l'efficacité à l'aide du diagramme des frigoristes.

L'indication R717 : pour l'ammoniac

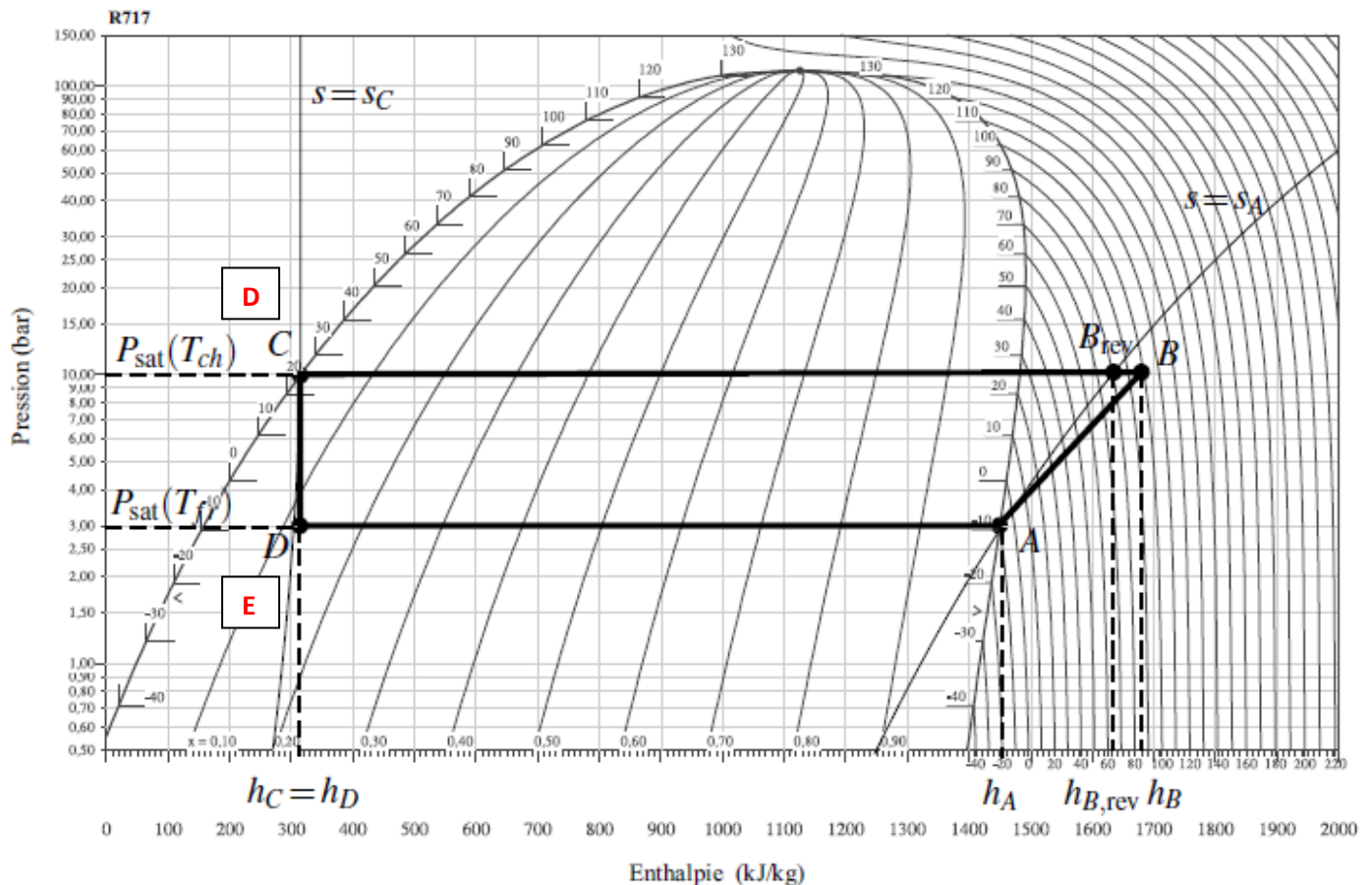


Figure 25.13 – Cycle d'une machine frigorifique : $T_{ch} = 298 \text{ K}$, $T_{fr} = 263 \text{ K}$.

Il faut en prendre un vierge et le faire devant eux.

De $A \rightarrow B$: compression adiabatique si on prend le cas de la réversibilité elle est isenthalpique. Et donc on peut calculer $q_{AB} = h_B - h_A = 1680 - 1450 \text{ kJ/kg} < 0$ qui est égal au travail fourni par le compresseur.

$B \rightarrow C$: Refroidissement isobare (C : vapeur saturante)

$C \rightarrow D$: liquéfaction isobare et totale (D : état liquide saturant)

Il s'agit de l'énergie échangé avec la source chaude et elle est bien négative $q_2 = h_D - h_C$ on ne la calcul pas car elle ne nous interesse pas ici.

$D \rightarrow E$: Détente adiabatique

$E \rightarrow A$: Evaporateur isobare donc isotherme (c'est une réaction endothermique)

$q_1 = h_A - h_E = 1450 - 313 \text{ kJ/kg} > 0$ qui est l'énergie utile.

L'efficacité du frigo est alors donnée par : $e = \left| \frac{q_1}{w} \right| = 7,5$

On peut démontrer que pour une machine idéal réversible on a $e = \left| \frac{T_1}{T_1 - T_2} \right|$

On écrit pour le fluide, les deux principes des systèmes en écoulement sur le cycle réversible :

$$\begin{cases} q_1 + q_2 + w_u = \Delta h = 0 \\ \frac{q_1}{T_1} + \frac{q_2}{T_2} = \Delta s = 0 \end{cases}$$

(q_1 et q_2 sont les transferts thermiques massiques reçues par le fluide des sources à T_1 et T_2 , et w_u le travail massique mécanique total à fournir à l'ensemble turbine + compresseur (on récupère donc la puissance de la turbine).

L'efficacité de Carnot est : $\eta_c = \frac{q_2}{w_u}$.

Avec les deux équations, on trouve : $\boxed{\eta_c = \frac{T_2}{T_1 - T_2}}$ Numériquement, $\underline{\eta_c = 4,2}$.

Ce qui signifie qu'on extrait 4,2 fois plus de chaleur de la source froide qu'on n'injecte de travail. Cette valeur théorique n'est évidemment jamais atteinte.

Conclusion :

Il existe d'autres états. Condensat de Bose Einstein (état supra conducteur) et l'état plasma dont on a pas parler. On utilise beaucoup les changements d'état dans les machines thermiques (frigo, pompe à chaleur, etc)

I. Transition de phases

Rappels théoriques :

Equilibre d'un corps pur sous deux phases:

Deux corps sont en équilibre si:

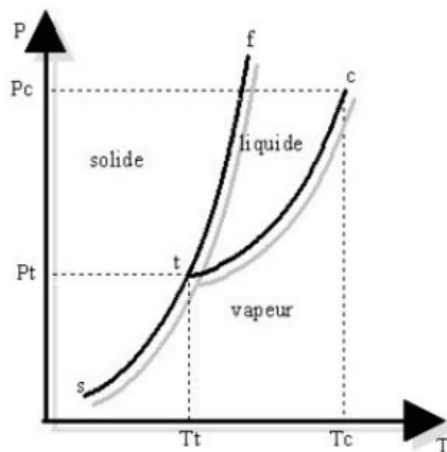
- leurs températures sont égales $T_1 = T_2 = T$
- leurs pressions sont égales: $P_1 = P_2 = P$
- leurs potentiels chimiques sont égaux: $\mu_1(T, P) = \mu_2(T, P)$

P est donc uniquement fonction de T: le système est dit monovariant.

Courbes d'équilibre d'un corps pur sous deux phases:

Les courbes d'équilibre représentées ci-contre sont:

- t-f courbe de fusion
- t-c courbe de vaporisation
- t-s courbe de sublimation
- Au point t, point triple, les trois phases sont présentes en équilibre.
- Le point C est le point critique que l'on définira dans le paragraphe suivant.



Si le point représentatif d'un corps pur $M(T, P)$ appartient à l'une des trois courbes, on aura un équilibre entre deux phases du corps sinon le corps existe sous une seule phase.

Le passage d'une phase à l'autre est un processus réversible qui s'effectue à température et pression constantes.

La fusion (solide $\rightarrow$ liquide), la vaporisation (liquide $\rightarrow$ vapeur) et la sublimation (solide $\rightarrow$ vapeur) s'accompagnent d'une absorption de chaleur (transformation endothermique); la transformation inverse s'accompagne d'une libération de chaleur (transformation exothermique).

Cette chaleur est la chaleur latente L de changement d'état.

Equilibre liquide-vapeur. Point critique.

Nous avons représenté ci-contre, dans le diagramme (P,V) trois isothermes.

Si l'on suit, par exemple, l'isotherme T_1 dans le sens des V décroissant, on a d'abord une phase de compression du gaz (vapeur sèche), puis au point G on atteint le palier de liquéfaction.

Sur ce palier GL, on a deux phases: liquide et vapeur dite "saturante"; quand on passe de G à L, la température et la pression restent constantes, la proportion du corps sous forme vapeur diminue, celle sous forme liquide augmente.

En L, on n'a plus que la forme liquide. Le liquide étant peu compressible, P augmente alors très vite quand V diminue.

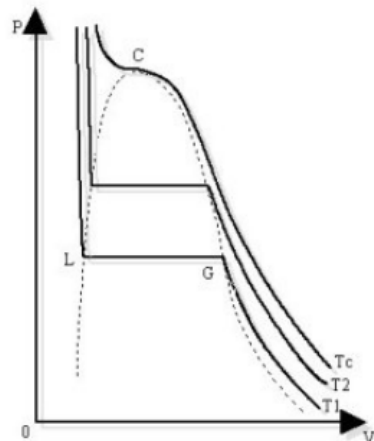
Pour $T_2 > T_1$ le palier de liquéfaction est plus petit.

A la température critique T_c , ce palier se réduit au point C. Quand on évolue vers ce point C les propriétés des deux phases deviennent progressivement identiques.

Le lieu des points G est la courbe de rosée. Le lieu des points L est la courbe d'ébullition. Ces courbes sont représentées en pointillés.

La chaleur latente de ce changement d'état liquide $\rightarrow$ vapeur est donnée par la formule de Clapeyron: $L = T_c(V_2 - V_1) \frac{dP_s}{dT}$

où V_1 est le volume initial, V_2 le volume final, P_s la pression de vapeur saturante.



Questions :