III.B.2) Diagramme des frigoristes

Q 35. Annexe :

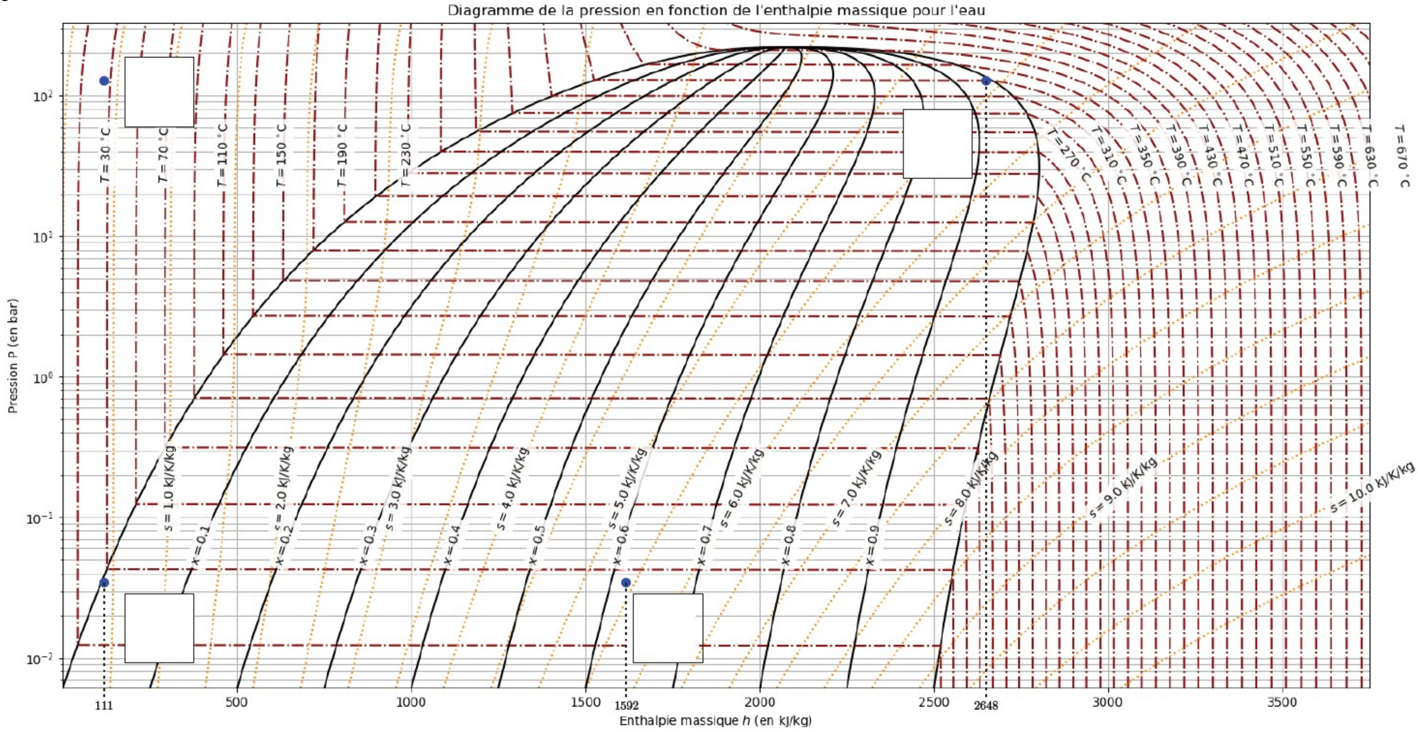

Figure A

Q 36. En utilisant le premier principe industriel, en négligeant les variations d'énergies cinétique et potentielles, on a dans la chaudière (sans partie mobile) :

$$\Delta h = q \Rightarrow \Delta h_{23} = q_c = h_3 - h_2$$

Par lecture graphique avec$h_2 \approx h_1 = 111\,kJ\,.\,kg^{-1}$ et $h_3 = 2648\,kJ\,.\,kg^{-1}$:

$$q_c = 2648 - 111 = 2537\,kJ\,.\,kg^{-1}$$

Q 37. De la même façon que précédemment, dans la turbine adiabatique :

$$\Delta h = w \Rightarrow \Delta h_{34} = w_t = h_4 - h_3 = 1592 - 2648 = -1056\,kJ\,.\,kg^{-1}$$

Q 38. On a graphiquement $h_2 \approx h_1$ soit $\Delta h_{12} \approx 0$ et $\Delta h_{12} = w_p$ soit $\left|w_p\right| \ll \vee w_t \vee$.

Q 39. La transformation 4 → 1 est une condensation isobare. Elle sert à récupérer l'eau à l'état liquide. De plus la liquéfaction permet de céder une plus grande énergie thermique dans le condenseur, réutilisable ensuite.

Q 40. En utilisant le théorème des moments :

$$x_{v4} = \frac{h_4 - h_1}{h_v(T_f) - h_l(T_f)} = \frac{h_4 - h_1}{\Delta h_v(T_f)}$$

Application numérique :

$$x_{v4} = \frac{1592 - 111}{2530 - 111} = 0{,}61$$

Q 41. Variation d'entropie 1→2, transformation isotherme de l'eau liquide : $\Delta S_{1\rightarrow 2} = C_{eau} \ln(1) = 0$

Variation d'entropie 2→3, réchauffement de l'eau liquide de T_f àT_c puis vaporisation totale à T_c :

$$\Delta S_{2\rightarrow 3} = m\,c_{eau} \ln\left(\frac{T_c}{T_f}\right) + m\frac{\Delta h_v(T_c)}{T_c}$$

Variation d'entropie 3→4, transformation adiabatique et réversible : $\Delta S_{3\rightarrow 4} = 0$ d'après le 2nd principe.

Variation d'entropie 4→1, liquéfaction partielle à T_f :

$$\Delta S_{4\to1}=m\,x_{v4}\frac{-\Delta h_v(T_f)}{T_f}$$

Q 42. En considérant le cycle dans sa totalité, $\Delta S_{cycle}=0$,

$$m\,c_{eau}\ln\left(\frac{T_c}{T_f}\right)+m\frac{\Delta h_v(T_c)}{T_c}+m\,x_{v4}\frac{\Delta h_v(T_f)}{T_f}=0\Longleftrightarrow x_{v4}=\frac{T_f}{\Delta h_v(T_f)}\left(c_{eau}\ln\left(\frac{T_c}{T_f}\right)+\frac{\Delta h_v(T_c)}{T_c}\right)$$

Q 43. Puissance mécanique P_t reçu par la turbine :

$$P_t=-w_t\times D_{m1}=1056\,kW\approx1\,MW$$

L'ordre de grandeur est cohérent avec le type de machine.

III.B.3) Récupération de l'énergie thermique

Q 44 Sachant que le condenseur est calorifugé, on peut considéré que toute la puissance thermique cédée par l'eau de la machine est récupérée. Calcul de la puissance cédée (à l'aide d'un premier principe industriel et de la lecture graphique à nouveau) :

$$P_f=q_f\times D_{m1}=\Delta h_{41}\times D_{m1}=(h_1-h_4)\times D_{m1}=(111-1592)\times1{,}0=-1481\,kW$$

Soit $P_d=1481\,kW$.

Q 45. On en déduit le débit massique D_d :

$$P_d=D_d\times q_d=D_d\times\Delta h_d=D_d\times c_{eau}(T(L)-T(0))\Longleftrightarrow D_d=\frac{P_d}{c_{eau}(T(L)-T(0))}$$

Application numérique :

$$D_d=\frac{1481.10^3}{4180(60-5)}=6{,}4\,kg.s^{-1}$$

Q 46. Efficacité de la machine utilisant le principe de cogénération : il y a maintenant deux grandeurs valorisables.

$$e_{cogen}=\left|\frac{q_f+w_t}{q_c}\right|=1$$

Résultat cohérent car à présent on estime qu'il n'y a plus aucune perte.