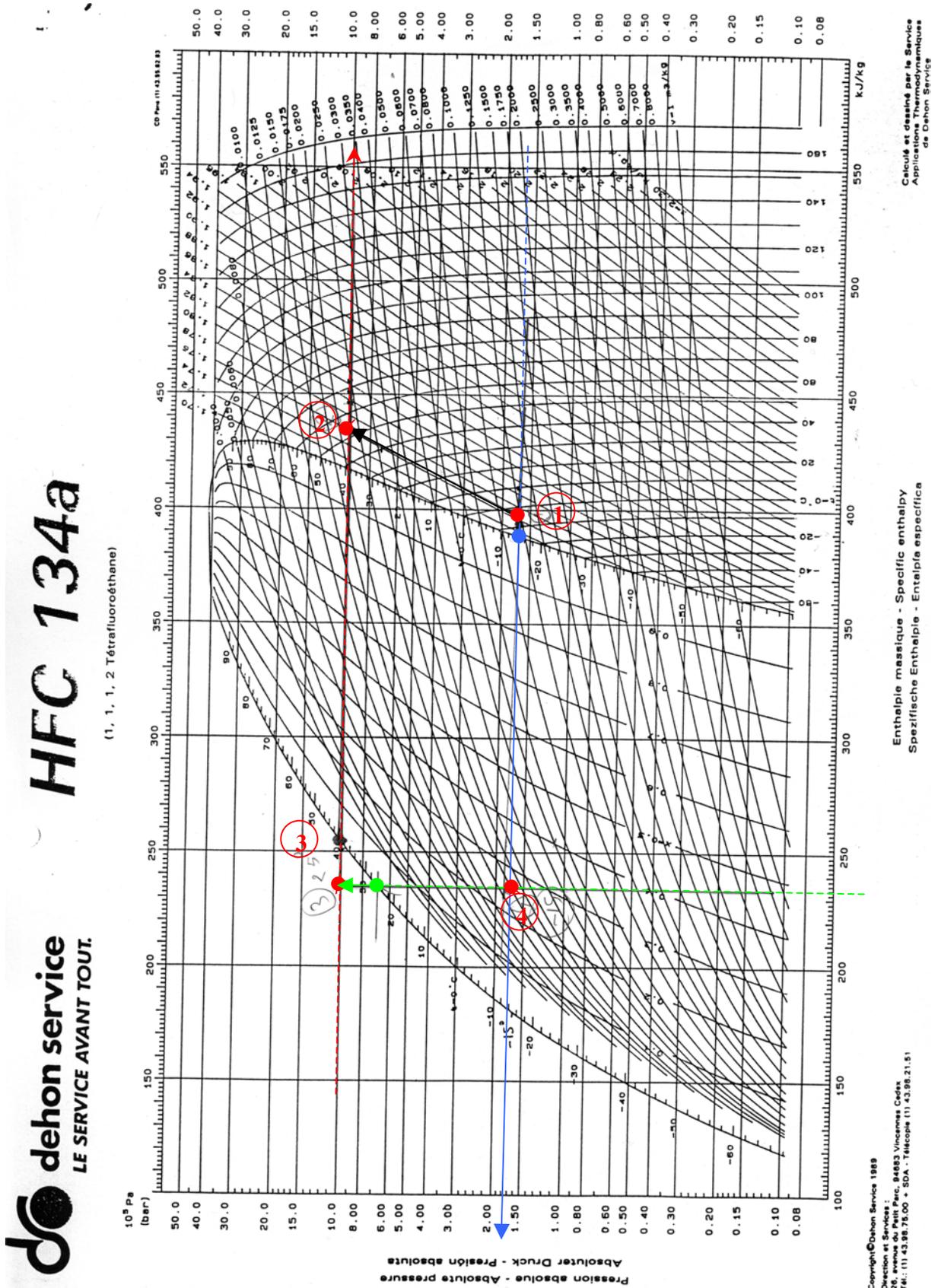


TP N° 1.2 Etude d'une production frigorifique avec système caloporteur – comparaison de cette solution avec celle du TP 1.1 :



Connaissant la température extérieure, il nous est possible de déterminer le point 3, de tracer l'axe rouge parti ou le gaz change d'état à la même température.

Connaissant la température au niveau évaporateur, il nous est possible de tracer l'axe bleu

Avec une surchauffe de 5°C (permettant de nous assurer que le gaz est bien vapeur pour l'entrée compresseur) nous pouvons déterminer le point 1.

En considérant le rendement compresseur égale à 1, par projection sur l'axe rouge suivant les iso entropies

Nous déterminons le point 2.

Le point 4 est placé suivant la projection sur l'axe bleu du point 3 suivant les iso enthalpies.

Pour connaître la puissance frigorifique, nous devons connaître le débit du gaz frigorifique.

Nous devons calculer le débit du Mono propylène glycol.

Débit C1 :

$$MC1 = 92,4 \times 0,233 = 21,5292$$

+

Débit C2 :

$$MC2 = 88,8 \times 0,233 = 20,6904$$

+

Débit C3 :

$$MC3 = 18,6 \times 0,233 = 4,3338$$

$$\text{Débit C1 + C2 + C3} = 46,5534 \text{ kg/s}$$

$$\text{Débit C4 + C5 :} \quad +$$

$$MC4C5 = (20,2 + 6,5) / 4 \times 4 = 1,66875 \text{ Kg /s}$$

$$= 48,22215 \text{ Kg/s soit } 0,04822 \text{ M3/s}$$

pour calculer Papport nous devons calculer l'apport de chaque pompe :

calculer pour chaque circuit (C1, C2, C3, C4, C5) le delta P du au coude raccords et longueur :

calculons les diamètres des tuyaux en fonction des débits sachant que la vitesse du fluide est 1,5 m/s :

$$q = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow D = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{V \cdot \pi}} \quad (q \text{ en M}^3/\text{s}, V \text{ en M/s}, D \text{ en M})$$

$$D_{C1} = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{V \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,02152}{1,5 \cdot 3,14}} = 0,1351M$$

$$D_{C2} = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{V \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,02069}{1,5 \cdot 3,14}} = 0,1325M$$

$$D_{C3} = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{V \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,00433}{1,5 \cdot 3,14}} = 0,0606M$$

$$D_{C4C5} = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{V \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,00166}{1,5 \cdot 3,14}} = 0,0748M$$

calcul des pertes de charges ($\mu = 110 \cdot 10^{-6}$)

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu}$$

$$Re_{C1} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,1351}{110 \cdot 10^{-6}} = 1842272 \Rightarrow \Lambda = \frac{0,316}{1842272^{0,25}} = \frac{0,316}{36,8415} = 0,008577$$

$$Re_{C2} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,1325}{110 \cdot 10^{-6}} = 1806818 \Rightarrow \Lambda = \frac{0,316}{1806818^{0,25}} = 0,008619$$

$$Re_{C3} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,0606}{110 \cdot 10^{-6}} = 826363 \Rightarrow \Lambda = \frac{0,316}{826363^{0,25}} = 0,01048$$

$$Re_{C4C5} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,0748}{110 \cdot 10^{-6}} = 1020000 \Rightarrow \Lambda = \frac{0,316}{826363^{0,25}} = 0,009943$$

delta P linéique :

$$\Delta P_f = \Lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

$$\Delta P_{fC1} = 0,008577 \cdot \frac{2}{0,1351} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1,5^2 = 142,84 \text{ Pascals}$$

$$\Delta P_{fC2} = 0,008619 \cdot \frac{2}{0,1325} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1,5^2 = 146,36 \text{ Pascals}$$

$$\Delta P_{fC3} = 0,01048 \cdot \frac{2}{0,0606} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1,5^2 = 389,1089 \text{ Pascals}$$

$$\Delta P_{fC4C5} = 0,009943 \cdot \frac{2}{0,0748} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1,5^2 = 299,08 \text{ Pascals}$$

delta P singulières :

$$\Delta P_s = \xi \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \quad \text{avec } \xi = 0,75 \text{ pour les coudes et } \xi = 0,04 \text{ pour les raccords :}$$

d'où :

$$\Delta P_{sC1} = \Delta P_{sC2} = \Delta P_{sC3} = \frac{\Delta P_{sC4C5}}{2} = 2 \cdot (0,75 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1,5^2) + 4 \cdot (0,04 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1,5^2) = 1687,5 + 180 = 1867,5 \text{ Pascals.}$$

Pour définir la puissance frigorifique de C6 nous avons besoin des pertes thermique de la pompe.

Pour choisir la puissance de la pompe il nous faut le besoin en débit, et en chute de pression.

Chute de pression = 0,5 + 0,1 + 0,1 + 0,3735 + 0,00300 = 1,0765 bars d'où Pabs pompe MPG = 9 kW.
(Réf : 48 L/s , PM100-160-9-2/14)

$$P_{ut} = q_v \cdot \Delta P_{tot}$$

$$\text{Pu pompe MPG} = 0,04822 \text{ M3/s} \times 10765 \text{ Pascals} = 5,190 \text{ kW}$$

$$\Rightarrow P_{\text{pertes}} = P_{\text{abs}} - P_u = 3,809 \text{ kW}$$

$$\Delta PC1_{\text{tot}} = 50000 + 1867,5 + 142,84 = 52010,34 \text{ Pascal} \Rightarrow 3 \text{ kW (20 L/s, Réf: PM80-250-2.2-4/20)}$$

$$\Delta PC2_{\text{tot}} = 50000 + 1867,5 + 146,36 = 52013,86 \text{ Pascal} \Rightarrow 3 \text{ kW (20 L/s, Réf: PM80-250-2.2-4/20)}$$

$$\Delta PC3_{\text{tot}} = 50000 + 1867,5 + 389,10 = 52256,6 \text{ Pascal} \Rightarrow 0,75 \text{ kW (4L/s, réf: PM50-160-0.7-4/17)}$$

$$P_{\text{ut}} = q_v \cdot \Delta P_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{uC1}} = 0,02152 \times 52010 = 1,119 \text{ kW}$$

$$\text{D'où } PC1_{\text{perte}} = 3 - 1,119 = 1,881 \text{ kW}$$

$$P_{\text{uC2}} = 0,02069 \times 52013 = 1,076 \text{ kW}$$

$$\text{D'où } PC2_{\text{perte}} = 3 - 1,076 = 1,924$$

$$P_{\text{uC3}} = 0,00433 \times 52256 = 0,226 \text{ kW}$$

$$\text{D'où } PC3_{\text{perte}} = 0,75 - 0,226 = 0,524 \text{ kW}$$

Ne connaissant pas la longueur de tuyau de l'installation, Nous négligerons Papport pour calculer la Pfrigi.

D'où :

$$(\dot{m}_b \cdot \Delta h_{\text{MPG}}) - P_{\text{pertepompe}} = P_{\text{frig}} \text{ avec } \Delta h_{\text{MPG}} = \text{chaleur massique} \times \Delta T_{\text{évaporateur}} \quad (4 \text{ kJ /kg.}^\circ\text{k})$$

$$P_{\text{frig}} = (48,22 \times (4 \times (278,5 - 261,5))) - (3,809 + 1,881 + 1,924 + 0,524) = 3278,96 - 8,138$$

$$P_{\text{frig}} = 3270,822 \text{ kW}$$

calculons le débit du frigorigène :

$$(\dot{m} \cdot \Delta h_{\text{MPG}}) = P_{\text{frig}} \text{ d'où } \dot{m} = \frac{P_{\text{frig}}}{\Delta h_{\text{MPG}}} \quad \dot{m} = \frac{3270}{395 - 235} = 20,4375 \text{ kg/s}$$

calculons la puissance du compresseur :

a) son rendement isentropique :

$$\tau = \frac{P_{\text{sat}}(T_{\text{cond}})}{P_{\text{sat}}(T_{\text{évap}})} = \frac{10}{1,6} = 6,25$$

$$\eta_{\text{is}} = 0,9 - 0,0004 \cdot (\tau - 5)^2 - \frac{0,5}{\tau - 0,3} = 0,81$$

$$\text{d'où } W_{f,r} = \frac{W_{f,is}}{\eta_{is}} = \frac{3270}{0,81} = 4037 \text{ kW}$$

caractéristique compresseur :

Te = -5°C taux compression : 6,25 Pe = 1,6 bars Ps = 10 bars

Ts = +40 °C

Puissance frigorifique = 4037 kW

Débit : 20,43 kg/s

Gaz R134a.

Calculons la perte de flux par la tuyauterie entre l'évaporateur et le compresseur,

$$\text{Sachant que sa longueur est de } 0,5M, \phi = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{th}} \text{ et } R_{th} = \frac{1}{h_e \cdot S_e} + \left[\frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot l}{\ln\left(\frac{d_e}{d_s}\right)} \right]^{-1}$$

Nous considérons l'épaisseur du tube à 0,002 M.

Calculons le diamètre intérieur : $V_{\text{évaporateur}} = 18M / s$,

masse volumique entrée compresseur = 0,125 M3/kg

$$q = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow D = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{V \cdot \pi}} \text{ d'où : } D = 2 \cdot \sqrt{\frac{20,43 \cdot 0,125}{18 \cdot \pi}} = 0,42M$$

$$d_e = 0,424M$$

$$d_i = 0,42M$$

$$\text{d'où } R_{th} = \frac{1}{8 \cdot (0,424 \cdot \pi \cdot 0,5)} + \left[\frac{2 \cdot \pi \cdot 0,035 \cdot 0,5}{\ln\left(\frac{0,424}{0,42}\right)} \right]^{-1} = 0,1876 + \frac{0,109955}{0,009478} = 0,01617$$

$$\text{d'où } \phi = \frac{298 - 268}{0,01617} = \frac{30}{0,01617} = 1855,28W$$