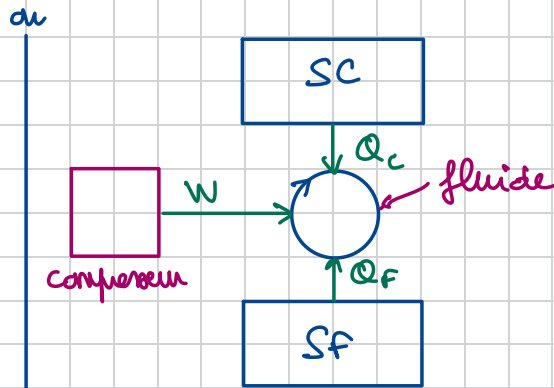
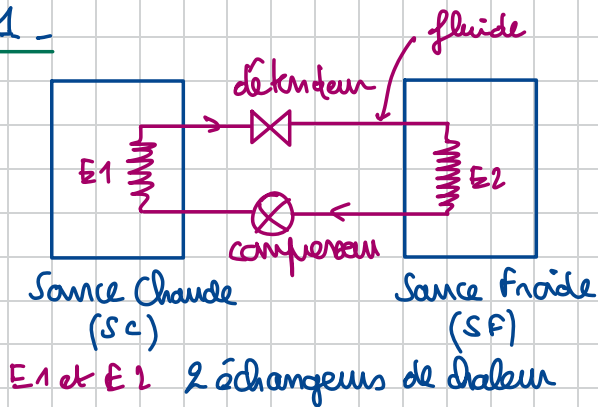


CORRECTION

PARTIE A: Modèle diltherme

1 -



2 - • $Q_c < 0$, le fluide de la pompe à chaleur permet de chauffer la source chaude.

• $Q_f > 0$, le fluide de la pompe à chaleur pélève de l'énergie thermique à la source froide.

• $W > 0$: le transfert thermique global va de la SF à la SC, dans le sens contre-nature, il faut fournir de l'énergie mécanique.

3 - •
$$COP = \frac{\text{Receite}}{\text{dépense}} = \left| \frac{Q_c}{W} \right| = - \frac{Q_c}{W}$$

• Appliquons le premier principe au fluide de la pompe à chaleur sur un cycle de fonctionnement:

$$\Delta U = W + Q_c + Q_f \quad \text{ou} \quad \Delta U = 0 \quad (\text{fonction d'état})$$

$$\Rightarrow W = -Q_c - Q_f$$

•
$$COP = \frac{+Q_c}{Q_c + Q_f}$$

4 - • Effectuons un bilan entropique au fluide de la pompe à chaleur sur un cycle de fonctionnement:

$$\Delta S = S_c + S_e \quad \text{avec} \quad S_e = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f}$$

$$\Delta S = 0 \quad (S \text{ fonction d'état})$$

$$\Rightarrow 0 = S_c + \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f}$$

$$COP = \frac{Q_c}{-W}$$

$$\text{avec} \quad Q_c = -T_c S_c - \frac{T_c}{T_f} Q_f$$

$$\text{et} \quad Q_f = -Q_c - W$$

$$\Rightarrow Q_c = -T_c S_c - \frac{T_c}{T_f} (-Q_c - W)$$

CORRECTION

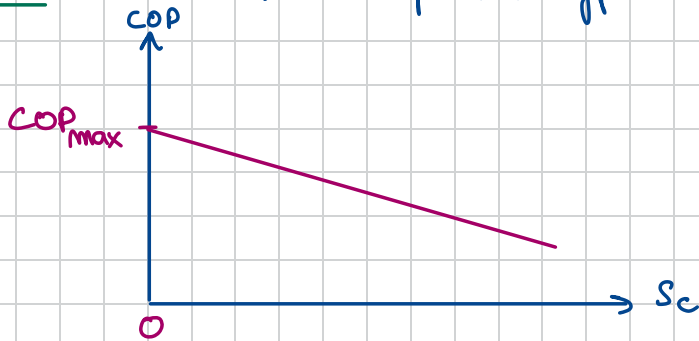
$$\Rightarrow Q_c \left(1 - \frac{T_c}{T_f}\right) = -T_c S_c + \frac{T_c}{T_f} W \Rightarrow Q_c = \left(-S_c + \frac{W}{T_f}\right) \frac{T_c}{1 - \frac{T_c}{T_f}}$$

$$\Rightarrow \text{COP} = \frac{T_c}{1 - \frac{T_c}{T_f}} \left(\frac{S_c}{W} - \frac{1}{T_f}\right) = \frac{T_c}{T_f - T_c} \left(\frac{T_f S_c}{W} - 1\right)$$

$$\Rightarrow \text{COP} = \frac{T_c}{T_f - T_c} \left(1 - \frac{T_f}{W} S_c\right)$$

ordre de grandeur pour une machine réelle : $2 \leq \text{COP} \leq 5$

5- le COP est une fonction affine de S_c avec pente négative



6- On remarque que le COP est maximal pour $S_c = 0$ c'est-à-dire pour un fonctionnement réversible.

PARTIE B : Fonctionnement de la pompe à chaleur à fluide R410A

7- La source chaude est l'eau contenue dans le module hydraulique.

- La source froide est l'air extérieur.
- le système mécanique est le compresseur.

8- le fluide en traversant le condenseur y subit une liquéfaction, transformation exothermique, il libère donc de l'énergie thermique à l'extérieur, il faut placer le condenseur au contact de la source chaude.

- le condenseur est représenté par l'échangeur 2 sur le document 1.

9- le fluide en traversant l'évaporateur y subit une transformation endothermique, on le place au contact de la source froide afin d'y puiser de l'énergie.

- L'évaporateur est représenté par l'échangeur 1 sur le document 1

10- $\Delta_{sc} h = w_{sc} + q_{sc}$ avec $w_{sc} = 0$ car pas de pièces mécaniques mobiles

avec $q_{sc} = 0$ car la transformation subie est adiabatique.

$\Rightarrow \Delta_{sc} h = 0 \Rightarrow$ la transformation est isenthalpique.

CORRECTION

11. - Dans un premier temps on considère la transformation idéale, donc sans source d'irréversibilité $\Rightarrow$ on fait l'hypothèse d'une transformation réversible.

- À la traversée du compresseur, on peut supposer que le fluide n'a pas le temps d'échanger de transfert thermique (qui sont longs à s'établir) avec le milieu extérieur $\Rightarrow$ on fait l'hypothèse d'une transformation adiabatique.

Conclusion: la transformation subie par le fluide dans le compresseur est adiabatique et réversible ($ds = \delta s_e + \delta s_c = 0$) donc on peut la supposer isentropique.

12. cf Document annexe.

13. - $h_G = \alpha_L h_L + \alpha_G h_G = (1 - \alpha) h_L + \alpha h_G$ (h fonction extensive)

$$\Rightarrow \alpha = \frac{h_G - h_L}{h_G - h_L} = \frac{ML}{LG}$$

• AN: $\alpha = \frac{41,2}{13,5}$ $\begin{array}{r} 42 \\ 41,5 \\ \hline 95 \end{array} \begin{array}{r} 13,5 \\ 3,1 \end{array}$ $\alpha = 0,31$

• on retrouve bien l'ordre de grandeur obtenu à la lecture des isotopies.

14. - Appliquons le premier principe industriel entre l'entrée et la sortie des différents organes thermodynamiques traversés:

• À travers le compresseur: $\Delta h_{12} = w_{12} + q_{12}$ avec $q_{12} = 0$ (cf question 11)

$$\Rightarrow w_{12} = h_2 - h_1 = 470 - 422 = \underline{48 \text{ kJ.kg}^{-1}} = w_{12} > 0$$

• À travers le condenseur: $\Delta h_{25} = w_{25} + q_{25}$ avec $w_{25} = 0$ car pas de pièce mécanique mobile.

$$\Rightarrow q_{25} = h_5 - h_2 = 248 - 470 = \underline{-222 \text{ kJ.kg}^{-1}} = q_{25} < 0$$

• À travers l'évaporateur: $\Delta h_{61} = w_{61} + q_{61}$ avec $w_{61} = 0$ pour les mêmes raisons.

$$\Rightarrow q_{61} = h_1 - h_6 = h_1 - h_5 = 422 - 248 = \underline{174 \text{ kJ.kg}^{-1}} = q_{61} > 0$$

15. Avec la surchauffe, on évite à d'éventuelles gouttelettes de liquide d'entrer dans le compresseur qui pourraient endommager les pâles (point d'impact puis cavitation).

16. $\text{COP} = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie dépensée}} = \frac{-q_{25}}{w_{12}} = \text{COP}$

AN: $\text{COP} = \frac{222}{48}$ $\begin{array}{r} 222 \\ 192 \\ \hline 30 \end{array} \begin{array}{r} 48 \\ 4,58 \end{array}$ $\text{COP} = 4,6$

CORRECTION

- l'efficacité d'un radiateur électrique est de 1, en effet toute l'énergie électrique fournie est transformée par effet Joule en énergie thermique

→ la pompe à chaleur ici est 4,6 fois plus efficace.

17. • $w_{12}^{\text{idéal}} = 0,90 w_{12}^{\text{réel}} \rightarrow w_{12}^{\text{réel}} = \frac{w_{12}^{\text{idéal}}}{0,9}$

• AN: $w_{12}^{\text{réel}} = \frac{48}{0,9} = 53 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

• on $w_{12}^{\text{réel}} = h_2^{\text{réel}} - h_1 \rightarrow h_2^{\text{réel}} = w_{12}^{\text{réel}} + h_1$

AN: $h_2^{\text{réel}} = 53 + 422 = 475 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Conclusion: • le point 2 du cycle est déplacé vers la droite.

- par simple lecture graphique on trouve que la température en sortie de compresseur passe à

$T_2 = 76^\circ\text{C}$

PARTIE C: Remplacement du fluide R410A par le fluide R32

18. • $\text{COP} = - \frac{q_{25}}{w_{12}} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 - h_c} = \frac{588 - 254}{588 - 518} = \frac{334}{70} = 4,8$

$$\begin{array}{r} 334 \\ 250 \overline{) 334} \\ \underline{250} \\ 84 \\ 70 \overline{) 84} \\ \underline{70} \\ 14 \\ 14 \\ \underline{14} \\ 0 \end{array}$$

$\text{COP} = 4,8$

• gain: $\frac{0,2}{4,6} = \frac{2}{46} \approx 4\%$ on retrouve l'ordre de grandeur proposé par l'énoncé.

