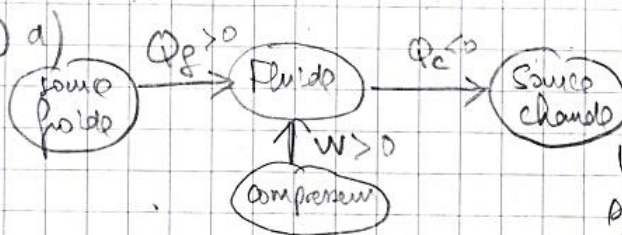


I.A.1) a)



système : fluide opérant

$$\Delta U = Q_f + Q_c + W \quad \text{sur un cycle}$$

U est une fonction d'état donc
sur un cycle $\Delta U = 0$

$$0 = Q_f + Q_c + W$$

relation indépendante du caractère
réversible des évolutions.

I.A.1) b)

$$\Delta S = \frac{Q_f}{T_f} + \frac{Q_c}{T_c} + S^{(c)}$$

avec $S^{(c)} \geq 0$: entropie
créée sur un cycle

S est une fonction d'état donc sur un cycle $\Delta S = 0$

$$0 = \frac{Q_f}{T_f} + \frac{Q_c}{T_c} + S^{(c)}$$

relation qui dépend du caractère
réversible ($S^{(c)} = 0$) ou non ($S^{(c)} > 0$)
des évolutions.

I.A.2) a)

Q_f : transfert thermique reçu de la source froide ($Q_f > 0$)

le fluide fournit du transfert thermique à la source chaude ($Q_c < 0$)

Enfin le compresseur fournit du travail au fluide : $W > 0$

I.A.2) b)

$$0 = |Q_f| - |Q_c| + W$$

$$|Q_c| = |Q_f| + W$$

$$|Q_c| > |Q_f|$$

la différence $|Q_c| - |Q_f|$
correspond au travail reçu de
la part du compresseur.

I.A.3) a)

Dans un réfrigérateur le transfert thermique utile est $Q_f > 0$

(on refroidit la source froide) donc

$$\eta = \frac{Q_f}{W}$$

énergie qui
nous coûte

$$0 = Q_f + Q_c + W \rightarrow W = -Q_f - Q_c$$

$$0 = \frac{Q_f}{T_f} + \frac{Q_c}{T_c} \quad (\text{évolutions réversibles : } S^{(c)} = 0) \rightarrow 0 = \frac{1}{T_f} + \frac{1}{T_c} \frac{Q_c}{Q_f}$$

$$\eta_{fc} = -\frac{+Q_f}{Q_f + Q_c} = -\frac{1}{1 + \frac{Q_c}{Q_f}} = -\frac{1}{1 - \frac{T_c}{T_f}} ; \quad \boxed{\eta_{fc} = \frac{T_f}{T_c - T_f}}$$

$$\text{I.A.3)b)} \quad \eta_{fc} = \frac{273,15 + 0^\circ}{26^\circ} = 10,5$$

I.A.3.c) cette valeur majora les efficacités réelles (voisines des 3,4 ou 5) car le cycle a été supposé réversible.

I.A.4.a) Pour un dispositif de chauffage, le transfert thermique utile est $Q_c < 0$ (on chauffe la source chaude) donc $\eta_{cc} = \frac{-Q_c}{W}$

$$\eta_{cc} = \frac{-Q_c}{-Q_f - Q_c} = \frac{1}{1 + \frac{Q_f}{Q_c}} = \frac{1}{1 - \frac{T_f}{T_c}}$$

$$\eta_{cc} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

$$\text{I.A.4.b)} \quad \eta_{cc} = \frac{273,15^\circ + 26^\circ}{26^\circ} = 11,5$$

même remarque qu'en I.A.3.c.

$$\text{I.B.1)a)} \quad 0 = \delta Q_f + \delta Q_c + \delta W$$

$$\text{I.B.1.b)} \quad 0 = \frac{\delta Q_f}{T_f} + \frac{\delta Q_c}{T_c}$$

I.B.2.a) On suppose le transfert thermique parfait entre le fluide caloporteur et la source froide. Ainsi $\delta Q_f = -m_c c_e dT_f$

Il suffit de faire un bilan d'entropie en prenant comme système la source froide

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{pour la source froide} \quad dH_{\text{source froide}} = \delta Q \\ \text{pour le fluide} \quad m_c c_e dT_f = -\delta Q_f \end{array} \right.$$

$$\text{I.B.2.b)} \quad \text{Même raisonnement pour la source chaude d'où} \quad \delta Q_c = -m_c c_e dT_c$$

I.B.2.c) On utilise la relation obtenue en I.B.1.b)

$$0 = \frac{-m_c c_e dT_f}{T_f} + \frac{-m_c c_e dT_c}{T_c} \quad \text{soit} \quad \frac{dT_f}{T_f} + \frac{dT_c}{T_c} = 0$$

$$\text{I.B.3.a)} \quad \int_{T_0}^{T_f} \frac{dT_f}{T_f} = - \int_{T_0}^{T_c} \frac{dT_c}{T_c} \Leftrightarrow \ln \frac{T_f}{T_0} = - \ln \frac{T_c}{T_0}$$

$$\Leftrightarrow \ln \left(\frac{T_f T_c}{T_0^2} \right) = 0$$

d'où $T_c T_f = T_0^2$ soit $\sqrt{T_c T_f} = T_0 \rightarrow$ c'est bien ce que l'on observe

I.B.3.b) À partir de $t > 1500s$ l'eau de la source froide commence à se solidifier (on fabrique des glaçons) ce qui est cohérent avec la valeur lue de T_f à cette date : $\theta_f \approx 0^\circ C$ ($T_f \approx 273K$)

Bilan d'enthalpie à partir de $t > 1500s$: $dH_{\text{source froide}} = \delta Q$

$$dm_{\text{glaçon}} \ell_{\text{liq}} = - \delta Q_f$$

variation de la masse de glaçon $\uparrow$ chaleur latente masquée de liquéfaction inférieure

I.B.4 a) Pour définir η_t on raisonne sur un cycle car les températures des sources évoluent

$$\text{I.B.4.b)} \quad \eta_t = \frac{-\delta Q_c}{\delta W} = \frac{-\delta Q_c}{-\delta Q_f - \delta Q_c} = \frac{1}{1 + \frac{\delta Q_f}{\delta Q_c}} = \frac{1}{1 - \frac{T_f}{T_c}}$$

$$\eta_t = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

$$\text{I.B.4.c)} \quad T_c T_f = T_0^2 \text{ donc } \eta_t = \frac{T_c^2}{T_c^2 - T_0^2}$$

I.B.4. d) l'efficacité thermique $\nearrow$ avec le temps car $\Delta T \uparrow$ conformément à la courbe.

II.A.1) Au bout de 20 minutes environ l'eau du puits de gauche (source froide) commence à geler : changement d'état à pression constante (latm) donc palier de température (ici $0^\circ C$).

II.A.2) Chgt d'ent du fluide aux points de mesure pour $P-f(\theta)$