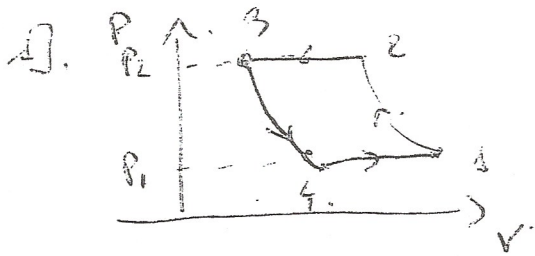


exercice. Climatiseur d'air local.

Correction DS.9 09/06/23.



Courbes 1→2 et 3→4 adiabatiques
 réversibles $\Rightarrow P V^\gamma = \text{cte} \Rightarrow P = \frac{\text{cte}}{V^\gamma}$

Courbes 2→3 et 4→1 isobares
 $\Rightarrow P = \text{cte} \Rightarrow$ courbes horizontales

Cycle deuil ds le sens trigo = cycle moteur $\Rightarrow W_{\text{cycle}} > 0$.

2] 2→3 $P V^\gamma = \text{cte} \Rightarrow$ si $P = \text{cte}$ lorsque $V \searrow$ ($V_3 < V_2$) alors $T \searrow$.

$$3] \begin{cases} 1 \rightarrow 2 & Q_{1 \rightarrow 2} = 0 \\ 2 \rightarrow 3 & Q_{2 \rightarrow 3} = \Delta H = \frac{n R \gamma}{\gamma - 1} (T_3 - T_2) < 0 \\ 3 \rightarrow 4 & Q_{3 \rightarrow 4} = 0 \\ 4 \rightarrow 1 & Q_{4 \rightarrow 1} = \frac{n R \gamma}{\gamma - 1} (T_1 - T_4) > 0 \end{cases}$$

$= Q_F$

et $n=1$ (1 mole).

$$] \eta = \frac{Q_F}{W} = \frac{-Q_F}{Q_F + Q_C} = \frac{-Q_{4 \rightarrow 1}}{Q_{4 \rightarrow 1} + Q_{2 \rightarrow 3}} = \frac{-1}{1 + \frac{Q_{2 \rightarrow 3}}{Q_{4 \rightarrow 1}}} = \eta$$

$$] \eta = - \frac{1}{1 + \frac{T_3 - T_2}{T_1 - T_4}}$$

il faut relier les températures aux pressions $\rightarrow$ on utilise la loi de Laplace entre T et P

$$P V^\gamma = \text{cte} \quad (1)$$

$$P V = n R T \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)^\gamma} = \frac{P^{1-\gamma} T^\gamma}{(n R)^\gamma} = \text{cte}$$

donc entre 1 et 2 $P_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_2^\gamma \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

entre 3 et 4 $P_2^{1-\gamma} T_3^\gamma = P_1^{1-\gamma} T_4^\gamma \Rightarrow \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

donc $\begin{cases} T_1 = T_2 = a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \\ T_4 = T_3 = a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \end{cases}$

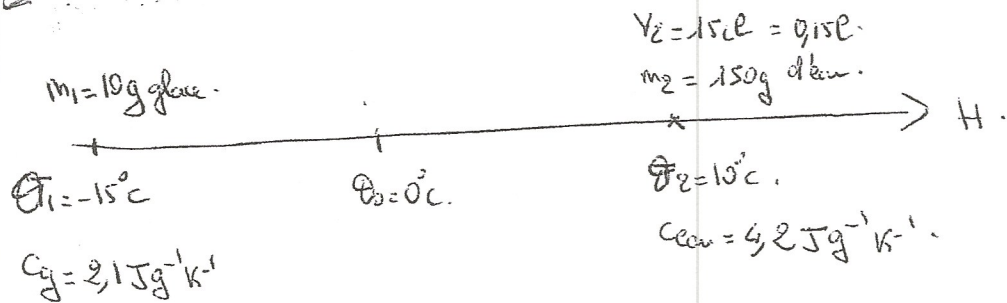
$$\Rightarrow \eta = - \frac{1}{1 + \frac{(T_3 - T_2)}{(T_2 - T_3) a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}} = \frac{-1}{1 + a^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}$$

$$\boxed{\eta = \frac{1}{a^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}}$$

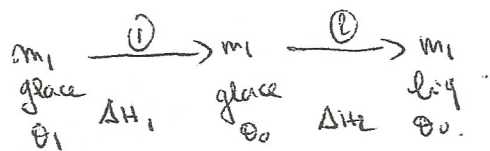
(9)

4

E

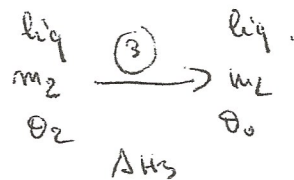


$f_{\text{us}} (333 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}).$



$$m_1 C_g (\theta_0 - \theta_1) = 10 \cdot 2.1 \cdot (15) = 315 \text{ J}$$

$$m_1 \Delta H_{\text{fus}} = 10 \cdot 333 = 3330 \text{ J}$$



$$\Delta H_3 = m_2 C_e (\theta_0 - \theta_2)$$

$$= 150 \cdot 4.18 \cdot 10 = -6270 \text{ J}$$

le refroidissement de la masse m_2 d'eau liq libère trop d'énergie.
 réaliser les transformations 1 et 2,
 n'est donc pas absurde de supposer (comme ds l'exercé) que
 une m_1 d'eau liq résultant de la fonte du glace s'chauffe

à θ_g

On obtient donc $\Delta H_1 + \Delta H_2 + m_1 C_e (\theta_g - \theta_0) + m_2 C_e (\theta_g - \theta_2) = 0$

$$\Rightarrow \left| \theta_g = \frac{C_e [m_1 \theta_0 + m_2 \theta_2] - \Delta H_1 - \Delta H_2}{C_e (m_1 + m_2)} \right| \quad (2)$$

7

$$\text{AN} \quad \theta_g = \frac{4,18 \cdot 150 \cdot 10 - 315 - 3300}{4,18 (150 + 10)} = \boxed{4^\circ \text{C} = \theta_g}$$

Si il reste de la glace à l'état final, seule une fraction x de la masse de glace va fondre $\Rightarrow$ masse qui fond à $0^\circ \text{C} = x \cdot m_1$.
avec $0 < x < 1$

On a alors:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 \xrightarrow{\theta_1} m_1 \xrightarrow{\theta_0} x m_1 \\ \text{glace} \quad \Delta H_a \quad \text{glace} \quad \Delta H_b \quad \text{liquide} \\ -15^\circ \text{C} \quad \quad \quad \text{à } \theta_0 = 0^\circ \text{C} \\ \quad \quad \quad + (1-x) m_1 \\ \quad \quad \quad \text{glace} \\ \\ m_2 \xrightarrow{\theta_2} m_2 \\ \text{liquide} \quad \Delta H_c \quad \text{liq} \\ 10^\circ \text{C} \quad \quad \quad \theta_0 \end{array} \right.$$

$$\Delta H_a + \Delta H_b + \Delta H_c = 0$$

$$m_1 c_g (\theta_0 - \theta_1) + x m_1 \Delta H_{\text{fusion}} + m_2 c_e (\theta_0 - \theta_2) = 0$$

$$\left| \begin{array}{l} x = \frac{m_2 c_e (\theta_2 - \theta_0) - m_1 c_g (\theta_0 - \theta_1)}{m_1 \Delta H_{\text{fusion}}} \end{array} \right| \quad (1)$$

IP reste de la glace si $x < 1 \Rightarrow m_2 c_e (\theta_2 - \theta_0) - m_1 c_g (\theta_0 - \theta_1) < m_1 \Delta H_{\text{fusion}}$

$$m_1 [\Delta H_{\text{fusion}} + c_g (\theta_0 - \theta_1)] > m_2 c_e (\theta_2 - \theta_0)$$

$$\boxed{m_1 > \frac{m_2 c_e (\theta_2 - \theta_0)}{\Delta H_{\text{fusion}} + c_g (\theta_0 - \theta_1)}} \quad \text{AN} \quad m_1 > 17,2 \text{ g.}$$

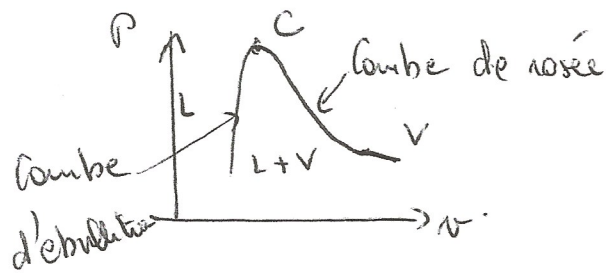
Calcul de x si $m_1 = 30 \text{ g.}$ (1) donne $x = \frac{150 \cdot 4,18 \cdot 10 - 30 \cdot 21 \cdot 15}{3300 - 30} = \boxed{0,54 = x}$

Si la glace est suffisamment grosse pour congeler une fraction x d'énergie thermique perdue alors $m_1 c_g (\theta_0 - \theta_1) + m_2 c_e (\theta_0 - \theta_2) - x m_2 \Delta H_{\text{fusion}} = 0$.

avec $x > 0$ (commence à congeler l'eau) $\rightarrow x = \frac{m_1 c_g (\theta_0 - \theta_1) + m_2 c_e (\theta_0 - \theta_2)}{m_2 \Delta H_{\text{fusion}}} > 0$

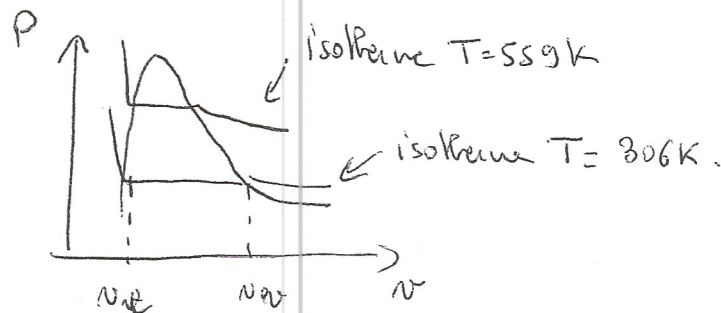
$$\boxed{m_1 > \frac{m_2 c_e (\theta_2 - \theta_0)}{c_g (\theta_0 - \theta_1)}} \rightarrow \boxed{m_1 > \frac{150 \cdot 4,18 \cdot 10}{21 \cdot 15} = 199 \text{ g.}} \quad (3)$$

A.1.1 Questions préliminaires



P3

A.4.4-2.



- Dans la zone liquide, le liquide est peu compressible $\Rightarrow v \approx v_L$
- Dans la zone vapeur, loin du point critique $Pv = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{v}$
 $\rightarrow$ hyperbole et peu v donné, si $P \uparrow$, $T \uparrow$
- Dans la zone diphasée : état d'équilibre se fait à T_{eb} et $P_{cte} \Rightarrow$ droite horizontale = isotherme.

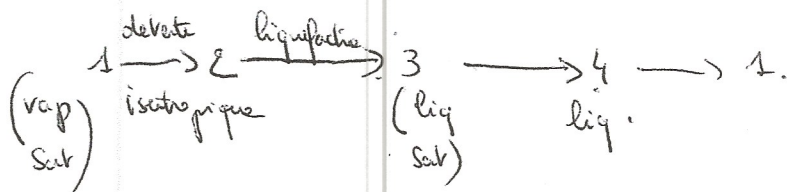
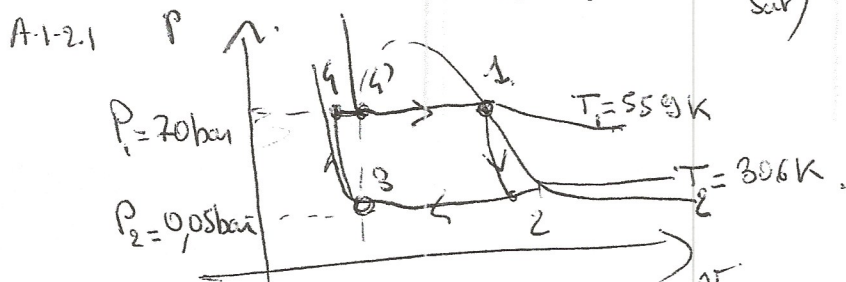
A.13. $\Delta S_E = S_{ech} + S_{ref}$ $S_{ref} = 0$ (réversible) $S_{ech} = \frac{Q/E}{T_{total}} = 0$ si $Q=0$
 $\Rightarrow \Delta S_E = 0 \rightarrow$ Transformation isentropique.

A.1.4 $dH = Tds + v dP$ Transformation adiabatique réversible $\Rightarrow ds = 0$.

$dH = v dP = w_{ip}^d \rightarrow \Delta H = v \Delta P = 10^{-3} \cdot 70 \cdot 10^5 = \boxed{7000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = \Delta H = w_{ip}}$

$w_{ip} \ll$ Autres $\Delta H \rightarrow \Delta H_{pompe} = 0$.

A.1.2 Etude du cycle.



Rq 4 $\rightarrow$ 4' liq s'échauffe
 4' $\rightarrow$ 1 vaporisation.

A-1.2.2 Détente isentropique. $1 \rightarrow 2$

$$\Rightarrow s_1 = s_2.$$

$$s_v(T_1) = x_2 s_v(T_2) + (1-x_2) s_e(T_2).$$

$$\text{avec } \left. \begin{array}{l} s_v(T_1) = 5,8162 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ s_v(T_2) = 8,3960 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ s_e(T_2) = 0,4763 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \end{array} \right\} \rightarrow \boxed{x_2 = \frac{s_v(T_1) - s_e(T_2)}{s_v(T_2) - s_e(T_2)}}.$$

$$\text{AN } x_2 = \frac{5,8162 - 0,4763}{8,3960 - 0,4763} = 0,675 \rightarrow \boxed{x_2 = 0,675}$$

$$h_2 = x_2 h_v(T_2) + (1-x_2) h_e(T_2) \quad \text{avec } \begin{cases} h_v(T_2) = 2561,6 \text{ kJ kg}^{-1} \\ h_e(T_2) = 137,8 \text{ kJ kg}^{-1} \end{cases}$$

$$\boxed{h_2 = 1774 \text{ kJ kg}^{-1}}$$

$$\boxed{h_1 = 2773,5 \text{ kJ kg}^{-1} \quad (h_u)}$$

$$\Rightarrow \boxed{W_{it} = h_2 - h_1 = -1000 \text{ kJ kg}^{-1}}$$

$x_2 < 1 \Rightarrow$ il y a du liq ds la turbine $\Rightarrow$ corrige pour les pales de la turbine -

A-1.2.3 En sortie du condenseur. le fluide est du liquide saturant $\Rightarrow$

$$\boxed{x_3 = 0} \quad \boxed{T_3 = T_{\text{liq}}(P_c) = 306 \text{ K}} \quad \text{Pas de pente visible ds le}$$

$$\text{condenseur. } \Rightarrow w = 0 \quad \text{et } q_F = h_3 - h_2 = (137,8 - 1774) = \boxed{-1636 \text{ kJ kg}^{-1} = q_F}$$

A-1.2.4.

$$3 \rightarrow 4 \text{ isenthalpique. } \Rightarrow h_4 = h_3 = 137,8 \text{ kJ kg}^{-1} \quad \text{et } h_1 = 2773,5 \text{ kJ kg}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{q_c = h_1 - h_4 = 2773,5 - 137,8 = 2635,7 \text{ kJ kg}^{-1}}$$

$$\eta_{\text{cycle}} = \frac{-W_{\text{turbine}}}{q_c} = \frac{1000}{2635,7} = \boxed{0,38 = \eta}$$