

TDT1

Gymnastique

• Pour la dernière ligne:
au point critique, les grandeurs relatives au liquide saturant ont les mêmes que celles relatives à la vapeur saturante

$$\bullet h''(20^\circ\text{C}) = l_{\text{vap}}(20^\circ\text{C}) + h'(20^\circ\text{C})$$

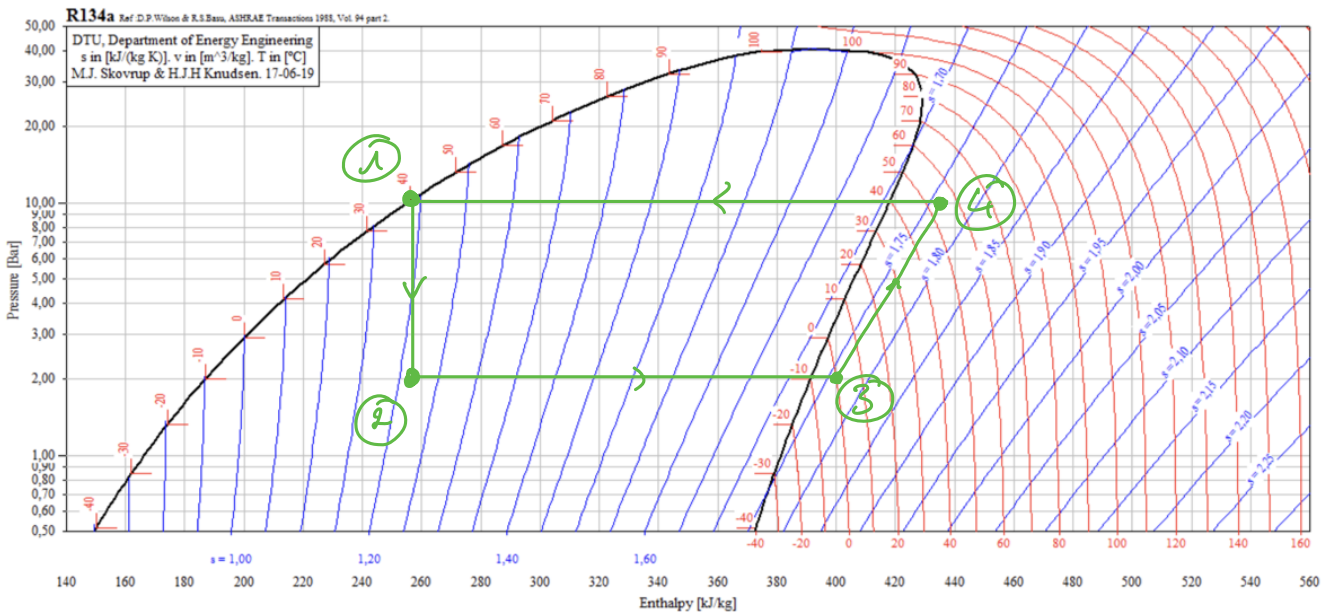
$$\bullet s'(40^\circ\text{C}) = s''(40^\circ\text{C}) - s_{\text{vap}}$$

$$\bullet s_{\text{vap}}(60^\circ) = \frac{l_{\text{vap}}(60^\circ\text{C})}{273 + 60} =$$

$$\text{puis } s''(60^\circ\text{C}) = s_{\text{vap}}(60^\circ\text{C}) + s'(60^\circ\text{C})$$

T °C	P_s kPa	v' $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	v'' $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	h' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	h'' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	l_{vap} $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	s' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	s'' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	s_{vap} $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
0,01	0,6117	0,001000	206,14	0,01	2500,9	2500,9	0,000	9,1556	9,1556
20	2,3392	0,001002	57,762	83,915	2537,415	2453,5	0,2965	8,6661	8,3696
40	7,3851	0,001008	19,515	167,53	2573,5	2406,0	0,572	8,2556	7,6832
60	19,947	0,001017	7,6670	251,18	2608,8	2357,7	0,8313	7,911	7,08
80	47,416	0,001029	3,4053	335,02	2643,0	2308,0	1,0756	7,6111	6,5355
100	101,42	0,001043	1,6720	419,17	2675,6	2256,4	1,3071	7,3542	6,0470
200	1554,9	0,001157	0,1272	852,26	2792,0	1939,8	2,3305	6,4302	4,0997
374,14	22090	0,003106	0,003106	2084,3	2084,3	0	4,4070	4,4070	0

Exercice 2 - lecture du diagramme des frigorigères



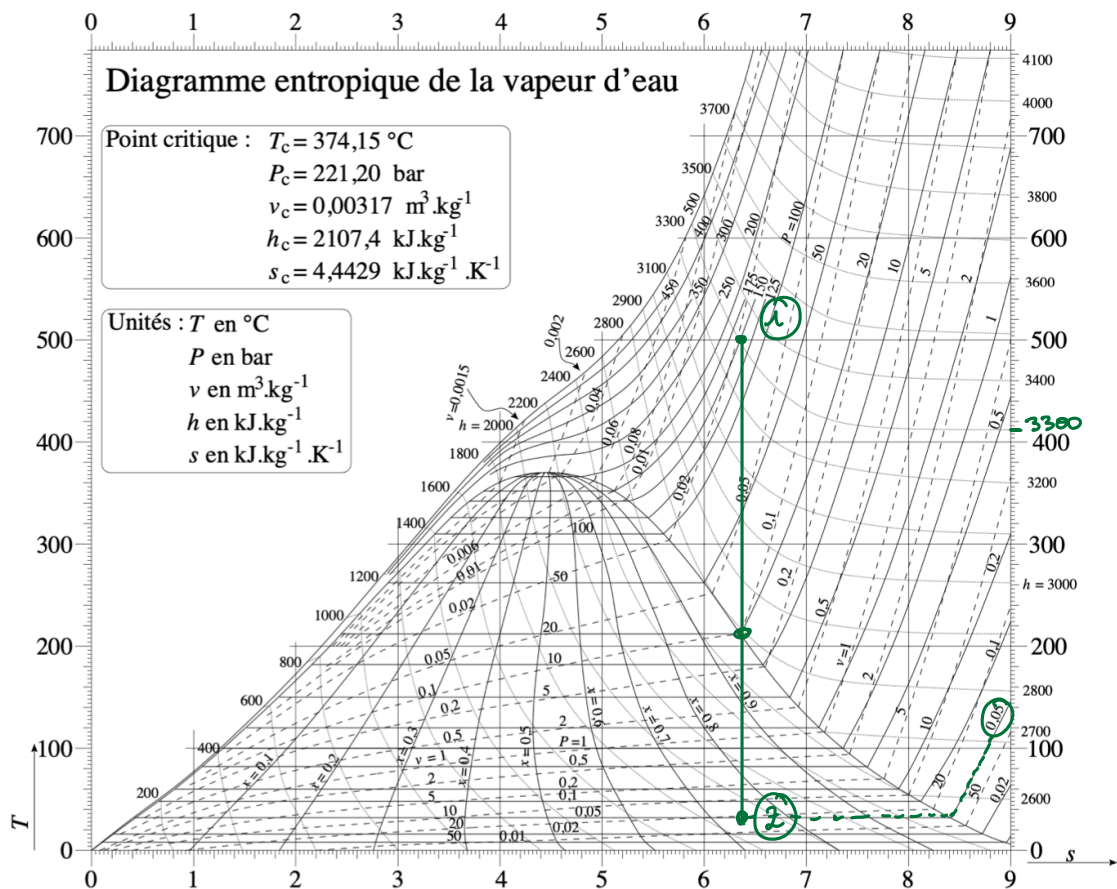
2) On lit $T_2 = -10^\circ\text{C}$
 $T_3 = 0^\circ\text{C}$
 $T_4 = 55^\circ\text{C}$

3) On lit $h_2 = 255 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ à la même pression $h_v = 390 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
 $h_f = 185 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

4) D'après le théorème des moments

$$x_v = \frac{h_2 - h_f}{h_v - h_f} = \frac{230 - 185}{390 - 185} = \underline{\underline{0,33}}$$

Exercice 3 - Chaudière d'une centrale vapeur



1) On lit $h_1 = 3300\text{ kJ.kg}^{-1}$

2) $P = 20\text{ bar}$ et $T = 220^{\circ}\text{C}$

3) $P_2 = 0,05\text{ bar}$, $T_2 = 25^{\circ}\text{C}$, $u = 0,75$, $v = 20\text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$
 $\gg 0,02\text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$
 pour la vap.

4) $P_m = \dot{m}m (h_2 - h_1) = 10 (1900 - 3300) \cdot 10^3 = -14 \cdot 10^6\text{ W}$
 $= \underline{\underline{-14\text{ MW}}}$

On a bien $P_m < 0$ car le fluide fournit du travail à la turbine

Exercice 4 - Détente isochore de l'eau

1) A l'état initial, il y a $V = 1,0 \text{ L}$ de vapeur saturante à $T_I = 485 \text{ K}$

$$\text{Or, on a } \sigma_V(T_I) = 0,0998 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} = \frac{V}{m}$$

$$\text{Donc } m = \frac{V}{\sigma_V(T_I)} = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{0,1} = \underline{1,0 \cdot 10^{-2} \text{ kg}} = 100 \text{ g}$$

2) On a $\sigma = \frac{V}{m} = \sigma_I$ car ni V ni m ne varient.

$$\text{or } \sigma_e < \sigma_I < \sigma_V \text{ à } T_F = 373 \text{ K}$$

$$\text{Le système est donc diphasé et } x = \frac{\sigma_I - \sigma_e}{\sigma_V - \sigma_e} = \frac{0,0998 - 1,04 \cdot 10^{-3}}{1,70 - 1,04 \cdot 10^{-3}} = \underline{0,06}$$

3) La transformation est isochore.

$$\text{On a } U_F - U_I = Q + W \quad \underline{= 0} \text{ car transp isochore}$$

$$H_F - P_F V_F - H_I + P_I V_I = Q$$

$$Q = x m h_V(373) + (1-x) m h_L(373) - P_{\text{sat}}(373) V \\ - m h_V(485) + P_{\text{sat}}(485) V$$

$$Q = -2,26 \cdot 10^4 \text{ J} \quad < 0 \text{ logique avec une liquéfaction}$$

$$4) \Delta S = S_F - S_I = x m s_V(373) + (1-x) m s_L(373) - m s_V(485) \\ = -47,0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

Par ailleurs $\Delta S = S_{\text{créé}} + S_{\text{éché}}$

$$\text{Donc } S_{\text{créé}} = \Delta S - \frac{Q}{T_0} = \underline{14 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}} \neq 0 \rightarrow \text{irréversible}$$

Exercice 5 - Condensation de la vapeur dans un congélateur

$$1) H_A = \frac{m_{\text{eau}}}{m_{\text{air sec}}}$$

or, si on considère un volume V

$$m_{\text{eau}} = n_{\text{eau}} M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{eau}} V}{RT} n_{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{où } P_{\text{eau}} \text{ est la pression partielle de la vapeur d'eau.}$$

$$\text{on a } P_{\text{eau}} = H_R P_{\text{sat}}$$

$$\text{Par ailleurs, } m_{\text{air sec}} = n_{\text{air sec}} M_{\text{air}} = (n_{\text{tot}} - n_{\text{eau}}) M_{\text{air}}$$

$$= \frac{V}{RT} (P^\circ - P_{\text{eau}}) M_{\text{air}} = \frac{V}{RT} (P^\circ - H_R P_{\text{sat}}) M_{\text{air}}$$

$$\text{ou final } H_A = \frac{H_R P_{\text{sat}} \frac{V}{RT} n_{\text{H}_2\text{O}}}{\frac{V}{RT} (P^\circ - H_R P_{\text{sat}}) M_{\text{air}}} = \frac{H_R P_{\text{sat}}}{P^\circ - H_R P_{\text{sat}}} \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{air}}} = \underline{15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

On lit sur le graphique $H_A = 16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, ce qui est donc en accord.

2) Tant qu'il n'y a pas condensation, H_A se conserve. Dans le diagramme, on reste donc à $H_A = 16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

lorsque la température diminue, on se déplace vers la gauche : H_R change et atteint 100% pour 21°C . En dessous, l'eau se condense.

3) Calculons le transfert thermique Q des fuites sur 12h.

Pour cela, calculons le transfert thermique Q' associé à l'ouverture du congélateur.

On a $Q' = -m' (l_v + l_f)$ avec m' la masse d'eau qui se liquéfie puis se solidifie

← ici, on néglige $l'c$ nécessaire pour faire varier la temp.

D'après la Q' précédente, toute l'eau qui est dans l'air va se liquéfier dans le congélateur, puis se solidifier car $T = -10^\circ\text{C} < 0^\circ\text{C}$.

$$\text{Donc } m' = M_{\text{H}_2\text{O}} \times n' = M_{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{P_{\text{H}_2\text{O}} V}{RT} = n_{\text{H}_2\text{O}} \frac{H_R P_{\text{sat}} V}{RT}$$

$$\text{et } V = \frac{1}{2} \times 20 \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-2} = \underline{25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

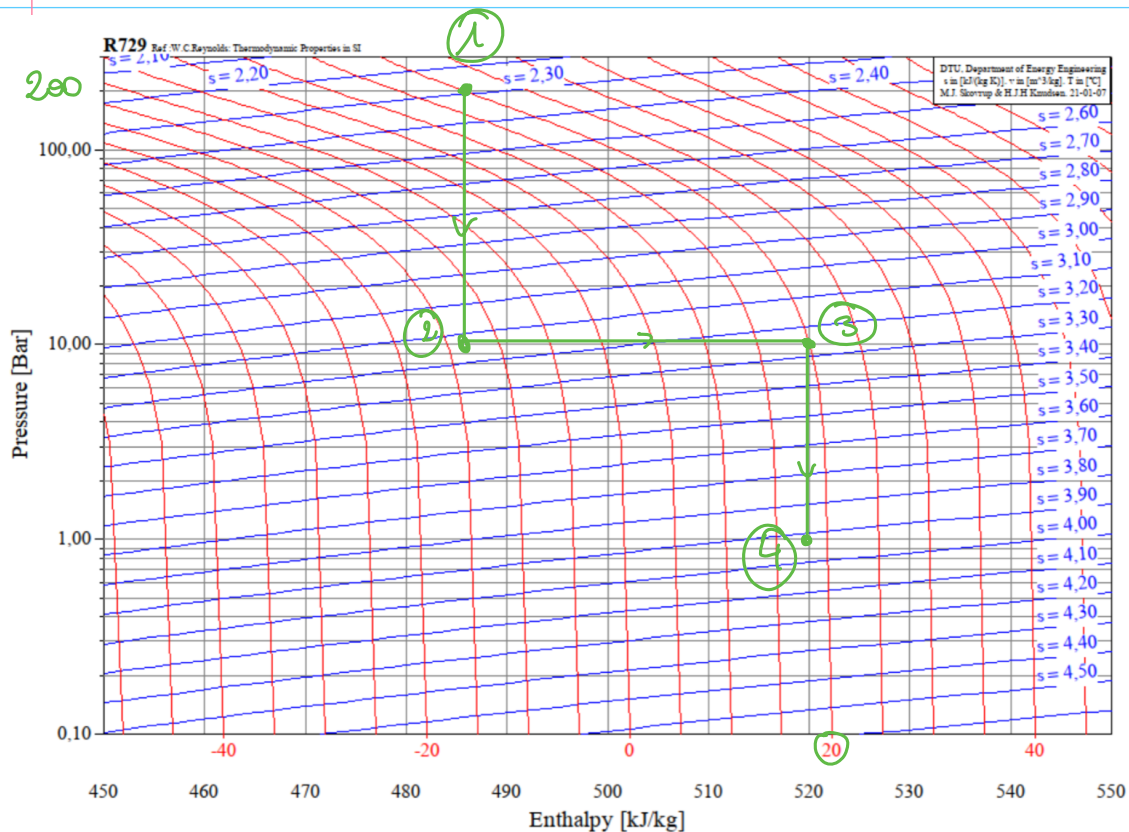
$$\text{Au final, } Q = 40Q' = -40 \times M_{\text{H}_2\text{O}} \frac{H_{\text{R}} P_{\text{sat}} V}{RT} (l_v + l_f)$$

$$\text{et } P_{\text{eau}} = -40 \times M_{\text{H}_2\text{O}} \frac{H_{\text{R}} P_{\text{sat}} V}{\Delta t RT} (l_v + l_f) \quad \text{avec } \Delta t = 12 \text{ h}$$

$$= -40 \times 18 \cdot 10^{-3} \times \frac{0,6 \times 4000 \times 25 \cdot 10^{-3}}{12 \times 3600 \times 8,3 \times 303} (2500 + 300) \cdot 10^3$$

$$\underline{P_{\text{eau}} = -1,1 \text{ W}}$$

Exercice 1 - Détendeur de plongée



2) On lit $T_2 = -12^\circ\text{C}$ alors que $T_1 = 20^\circ\text{C}$. Il y a bien une forte diminution de la température.

La détente étant isenthalpique, elle devrait être isotherme pour un gaz parfait car $dh = c_p dT$.

On pouvait anticiper cette conclusion car les isothermes ne sont pas confondues avec les isenthalpiques.

3) À l'inspiration, on a $T_4 = 18^\circ\text{C} \approx 20^\circ\text{C}$

4) Au point 4: c'est ici que l'isT est la plus verticale.

Le plongeur inhale $Q_T L$ par inspiration.

On applique la loi des GP : $PV = nRT$

$$\text{Donc } n = \frac{P_4 V}{RT_4} = \frac{m}{M_{\text{air}}}$$

$$\text{Donc } m = M_{\text{air}} \frac{P_4 V}{RT_4} = 29 \cdot 10^{-3} \times \frac{1 \cdot 10^5 \times 0,7 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times (273+18)} = \underline{\underline{6,0 \cdot 10^{-4} \text{ kg}}}$$

4) Sur l'étape $2 \rightarrow 3$ isobare, on applique le 1^{er} principe vers H :

$$\Delta H = m h_3 - m h_2 = Q = \underline{215}$$

Par ailleurs, si on applique le 2nd principe au fluide sur tout le processus:

$$\Delta S = m s_4 - m s_1 = \frac{Q}{T_{\text{eau}}} + S_{\text{cible}}$$

Donc $\underline{S_c = 0,90 \text{ J.K}^{-1}}$