TD T1

Gymnastique

On a $v = \dfrac{V}{m} = \dfrac{100.10^3}{180} = \underline{5,6.10^2}\ L.kg^{-1}$

On a donc, par le théorème des moments

$$w_\ell = \frac{v - v_v}{v_\ell - v_v} = \frac{5,6.10^2 - 592}{0,7 - 592} = \underline{0,05}$$

et $$w_v = \frac{v - v_\ell}{v_v - v_\ell} = \frac{5,6.10^2 - 0,7}{592 - 0,7} = \underline{0,95}$$

Si $m = 10\,kg$, $v' = 10.10^3\ L.kg^{-1}$

$v' > v_v$, donc l'argon est totalement vaporisé : il n'y a pas d'argon liquide.

Gymnastique

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

- $h''(20°C) = l_{vap}(20°C) + h'(20°C)$

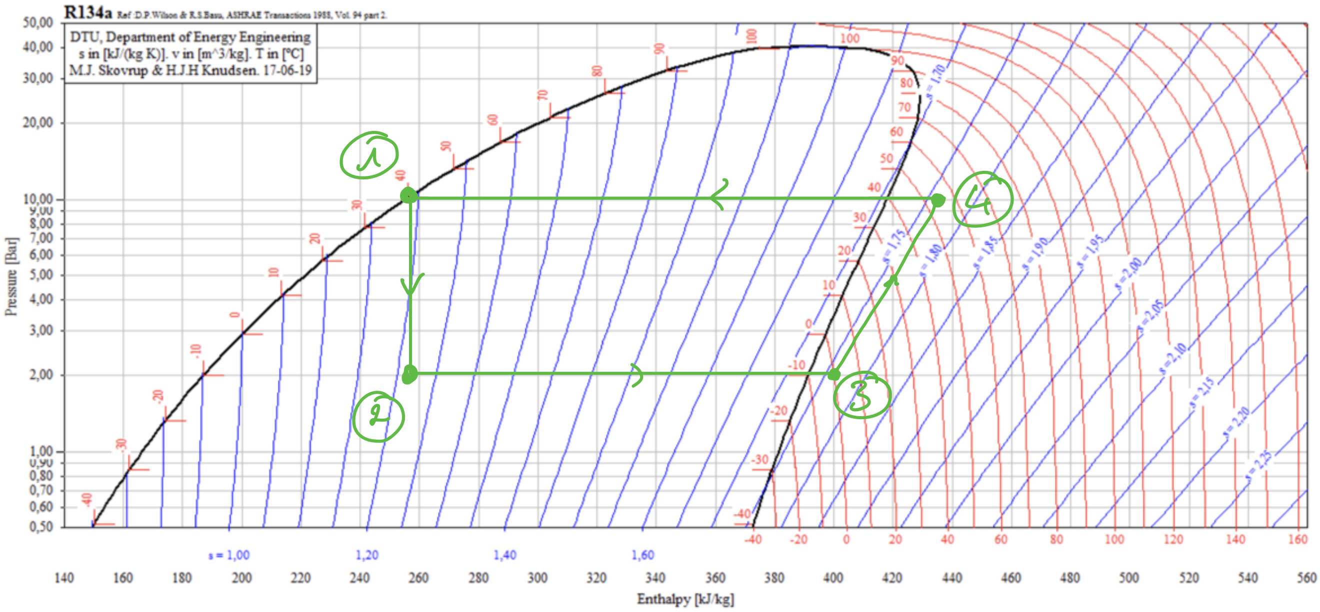
- $s'(40°C) = s''(40°C) - s_{vap}$

- $s_{vap}(60°) = \dfrac{l_{vap}(60°C)}{273+60} =$

puis $s''(60°C) = s_{vap}(60°C) + s'(60°C)$

T °C	P_s kPa	v' $m^3 \cdot kg^{-1}$	v'' $m^3 \cdot kg^{-1}$	h' $kJ \cdot kg^{-1}$	h'' $kJ \cdot kg^{-1}$	l_{vap} $kJ \cdot kg^{-1}$	s' $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	s'' $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	s_{vap} $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
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 frigoristes



2) On lit $T_2 = -10°C$

$T_3 = 0°C$

$T_4 = 55°C$

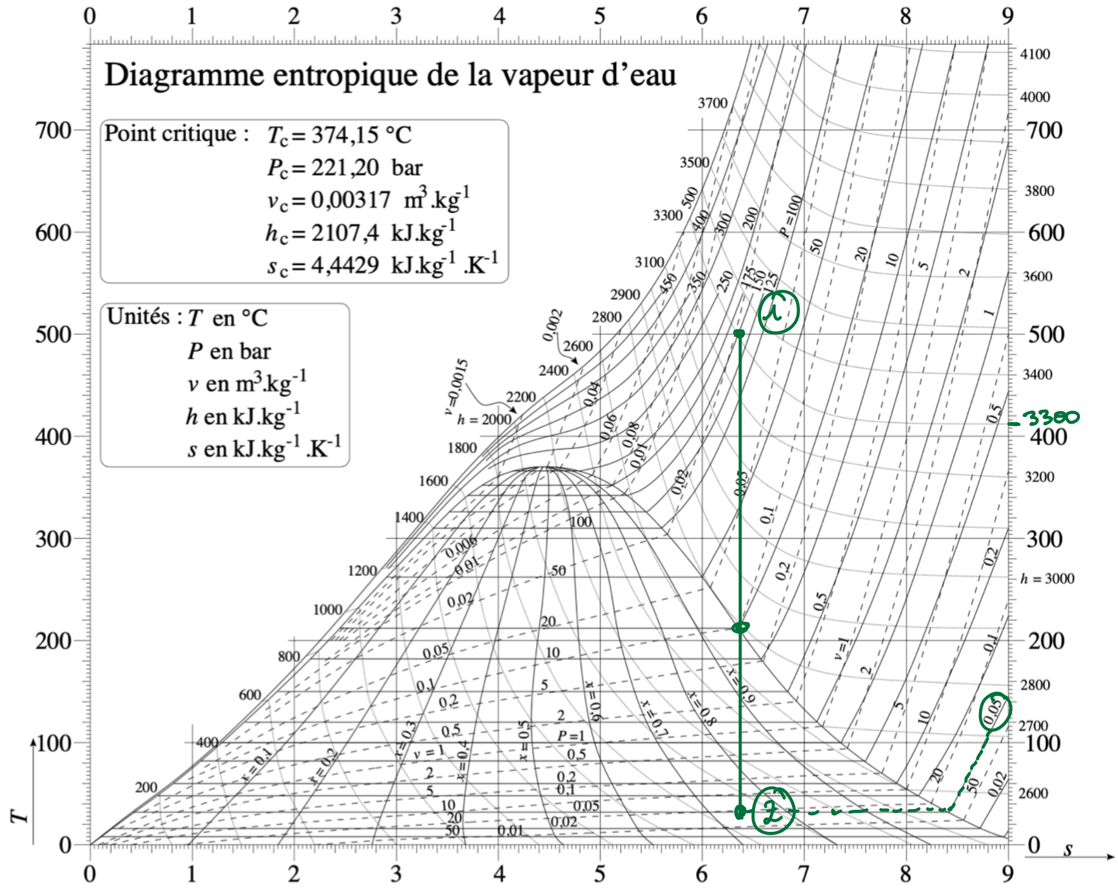
3) On lit $h_2 = 255\ kJ.kg^{-1}$ à la même pression $h_v = 390\ kJ.kg^{-1}$

$h_\ell = 185\ kJ.kg^{-1}$

4) D'après le théorème des moments

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

Exercice 3 - Chaudière d'une centrale vapeur



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

2) $P = 20$ bar et $T = 220°C$

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

4) $P_m = D_m (h_2 - h_1) = 10\,(1900 - 3300).10^3 = -14.10^6$ W
$= \underline{-14 \text{ MW}}$

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 $V = 1{,}0\,L$ de vapeur saturante à $T_I = 485\,K$

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

Donc $m = \frac{V}{v_v(T_I)} = \frac{1{,}0.10^{-3}}{0{,}1} = \underline{1{,}0.10^{-2}\ kg} = 100g.$

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

or $v_\ell < v_I < v_v$ à $T_F = 373K$.

Le système est donc diphasé et $x = \frac{v_I - v_\ell}{v_v - v_\ell} = \frac{0{,}0998 - 1{,}04.10^{-3}}{1{,}70 - 1{,}04.10^{-3}}$

$= \underline{0{,}06}$

3) La transformation est isochore.

On a $U_F - U_I = Q + \underbrace{W}_{=0 \text{ car transfo isochore}}$

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

$Q = x m h_v(373) + (1-x) m h_\ell(373) - P_{sat}(373) V$

$- m h_v(485) + P_{sat}(485) V$

$Q = -2{,}26.10^4\ J.$ < 0 logique avec une liquéfaction

4) $\Delta S = S_F - S_I = x m s_v(373) + (1-x) m s_\ell(373) - m s_v(485)$

$= -47{,}0\ J.K^{-1}$

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

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

Exercice 5 – Condensation de la vapeur dans un congélateur

1) $H_A = \dfrac{m_{eau}}{m_{air\,sec}}$

or, si on considère un volume V

$m_{eau} = n_{eau} M_{H_2O} = \dfrac{P_{eau} V}{RT} \Pi_{H_2O}$ où P_{eau} est la pression partielle de la vapeur d'eau.

On a $P_{eau} = H_R P_{sat}$

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

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

au final $H_A = \dfrac{H_R P_{sat} \cancel{\frac{V}{RT}} \Pi_{H_2O}}{\cancel{\frac{V}{RT}} (P^\circ - H_R P_{sat}) \Pi_{air}} = \dfrac{H_R P_{sat}}{P^\circ - H_R P_{sat}} \dfrac{\Pi_{H_2O}}{\Pi_{air}} = \underline{15\,g \cdot kg^{-1}}$

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

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

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.

ici, on néglige l'ē nécessaire pour faire varier la temp.

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

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

Donc $m' = M_{H_2O} \times n' = M_{H_2O} \times \dfrac{P_{H_2O} V}{RT} = \Pi_{H_2O} \dfrac{H_R P_{sat} V}{RT}$

et $V = \frac{1}{2} \times 20.10^{-2} \times 50.10^{-2} \times 50.10^{-2} = \underline{25.10^{-3}\ m^3}$

Au final, $Q = 40Q' = -40 \times M_{H_2O} \dfrac{H_R P_{sat} V}{RT} (l_v + l_f)$

et $P_{eau} = -40 \times M_{H_2O} \dfrac{H_R P_{sat} V}{\Delta t\ RT} (l_v + l_f)$ avec $\Delta t = 12h$

$$= -40 \times 18.10^{-3} \times \frac{0{,}6 \times 4000 \times 25.10^{-3}}{12 \times 3600 \times 8{,}3 \times 303} (2500 + 300).10^3$$

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