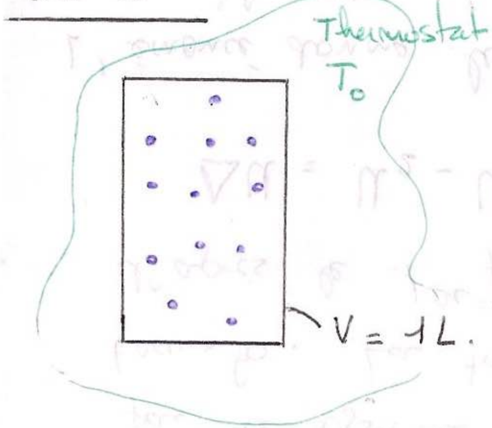
Ex 5.



système fermé

$\Sigma = \{$eau dans l'enceinte$\}$

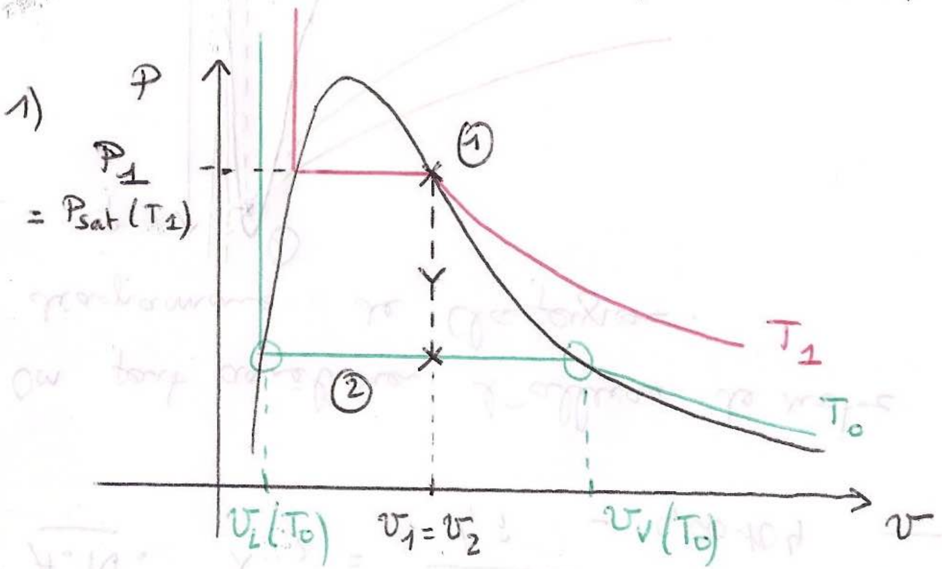
Les parois de l'enceinte laissent passer le transfert thermique.

État initial ①: T_1, P_1, $v_1 = \dfrac{V}{m}$

et l'eau est sous forme de vapeur saturante.

État final ②: $T_2 = T_0$, $P_2 = ?$, $v_2 = v_1$,

1)



La transformation est isochore et le système est fermé

donc $v_2 = v_1$. Dans l'état ① l'eau est dans l'état vapeur saturante donc

$v_2 = v_1 = v_V(T_1)$ //.

Dans l'état ② l'eau est dans un état d'éq. diphasé à la pression

$P_2 = P_{sat}(T_0) = 1$ bar. //

2) Pour déterminer le titre en vapeur $x_{V,2}$ dans l'état ② on applique la règle des moments :

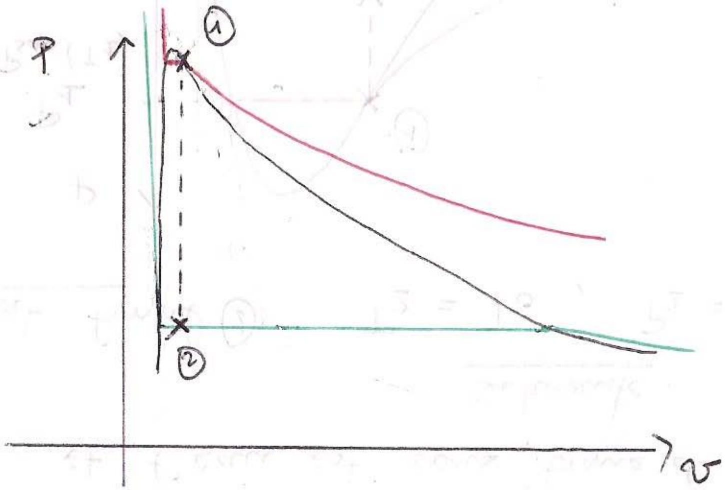
$$x_{V,2} = \frac{v_2 - v_L(T_0)}{v_V(T_0) - v_L(T_0)}$$

or $v_2 = v_V(T_1)$

donc $$x_{V,2} = \frac{v_V(T_1) - v_L(T_0)}{v_V(T_0) - v_L(T_0)}$$ //

A.N. $x_{v,2} = \dfrac{0,0998 - 0,00104}{1,7 - 0,00104} = 5,8\ \%$

On peut améliorer l'allure de notre diagramme de Clapeyron.



3) Soit Q le transfert thermique reçu par le système au cours de la transfo. La transfo est isochore donc d'après le 1er principe :

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q$$

L'énoncé donne les enthalpies massiques. On utilise la définition de l'enthalpie pour calculer l'énergie interne massique dans les états 1 et 2.

$$u_1 = h_1 - P_1 v_1$$
$$= h_v(T_1) - P_1 v_v(T_1).$$

$$u_2 = h_2 - P_2 v_2$$

or $h_2 = x_{v,2}\, h_v(T_0) + (1 - x_{v,2})\, h_L(T_0)$

et $v_2 = v_1 = v_v(T_1)$

$P_2 = P_{sat}(T_0)$

A.N. $u_1 = 2801 \times 10^3 - 20 \times 10^5 \times 0,0998$
$= 2601\ kJ.kg^{-1}$

$h_2 = 0,058 \times 2976 + 0,942 \times 418$
$= 566,4\ kJ.kg^{-1}$

$u_2 = 566,4 \times 10^3 - 10^5 \times 0,0998$
$= 556,4\ kJ.kg^{-1}$

$u_2 - u_1 = -2044,6\ kJ.kg^{-1}$

$$\Delta U = m(u_2 - u_1) \quad \text{avec} \quad m = \frac{V}{v_1}$$

A.N. $m = \dfrac{10^{-3}}{0{,}0998} = 0{,}0100 \text{ kg}.$

$$Q = \Delta U = -20{,}44 \text{ kJ}$$ //

Le système cède du transfert thermique au thermostat.

$$\Delta S_\Sigma = S_2 - S_1 = m(s_2 - s_1)$$

or $s_1 = s_V(T_1)$

$$s_2 = x_{V,2}\, s_V(T_0) + (1 - x_{V,2})\, s_L(T_0)$$

A.N. $s_1 = 6{,}35 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

$$s_2 = 0{,}058 \times 7{,}36 \times 10^3 \times 0{,}942 \times 1{,}30 \times 10^3$$

$$= 1{,}65 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$s_2 - s_1 = -4{,}69 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

$$\Rightarrow \Delta S_\Sigma = -46{,}9 \text{ J.K}^{-1}$$ //

$$S_{e,\Sigma} = \frac{Q}{T_0} = \frac{-20{,}44 \times 10^3}{373} = -54{,}8 \text{ J.K}^{-1}$$ /

D'après le second principe :

$$S_{c,\Sigma} = \Delta S_\Sigma - S_{e,\Sigma} = 7{,}79 \text{ J.K}^{-1}$$ //

On peut aussi calculer la variation du thermostat :

$$\Delta S_{Th} = -\frac{Q}{T_0} = -S_{e,\Sigma}.$$

L'univers {eau + thermostat} est isolé.

D'après le second principe :

$$\Delta S_{univers} = \Delta S_\Sigma + \Delta S_{Th}$$

$$= S_{c,univers}.$$

or $\Delta S_\Sigma + \Delta S_{Th} = \dfrac{Q}{T_0} + S_{c,\Sigma} - \dfrac{Q}{T_0}$

$$\Rightarrow S_{c,univers} = S_{c,\Sigma} = 7{,}79 \text{ J.K}^{-1} > 0$$ //

La transfo est irréversible.

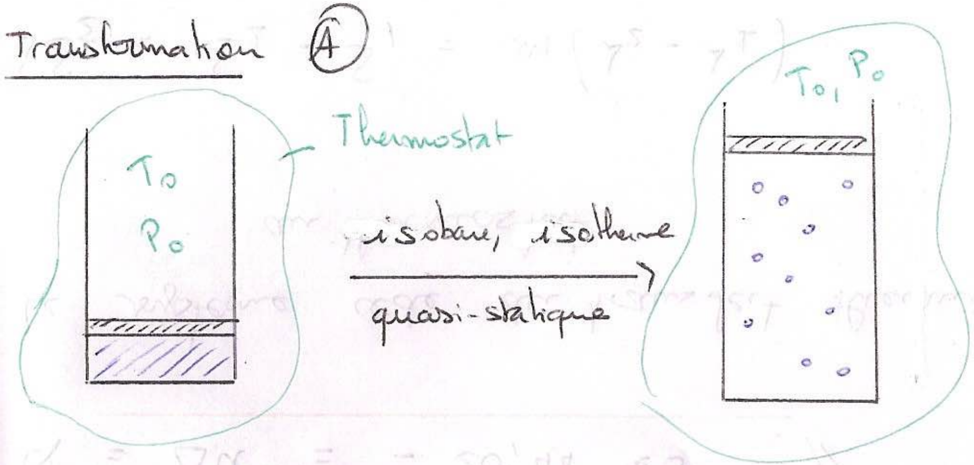
Sources d'irréversibilité :

- différence de température finie entre le syst. et le thermostat.

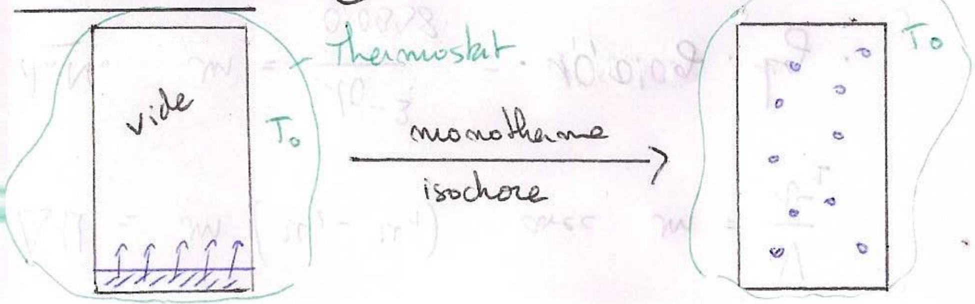
- changement d'état non isotherme.

Ex 4.

Transformation (A)



Transformation (B)



1) (A) système {eau + piston}.

⇒ On suppose le piston de masse négligeable.

État initial.

$m = 1\,g = 10^{-3}\,kg$.

$V_i = \dfrac{m}{\rho_{eau,liq}} = \dfrac{10^{-3}}{10^{3}} = 10^{-6}\,m^3 = 1\,mL$.

$T_i = T_0 = 100°C = 373,15\,K$.

$P_i = P_0 = 1,013$ bar (pression atm.).

→ eau sous forme liquide saturant.

je rajoute cette hyp, l'énoncé est peut-être ambigü

État final.

$m = 1\,g$. (syst. fermé).

$V_f = 1,67\,L$.

$T_f = T_0$

$P_f = P_0$

→ eau sous forme vapeur saturante.

La transfo est une vaporisation iso.

$$Q_A = \Delta H_A = m\,\Delta h_{vap} = 2{,}25\ kJ$$

1er principe : $\Delta U_A = Q_A + W_A$.

avec $W_A = -P_0 (V_f - V_i)$

A.N. $W_A = -169\ J$.

$\Delta U_A = 2{,}08\ kJ$

Changement d'état isobare :

$$\Delta S_A = \frac{m\,\Delta h_{vap}}{T_0} = 6{,}03\ J.K^{-1}$$

(B) système {eau}

L'état initial et l'état final sont les même que dans la transfo (A).

U, H, S sont des fonctions d'état donc leurs variations entre 2 états d'éq. ne dépend pas du détail de la transformation.

$\Delta U_B = \Delta U_A$; $\Delta H_B = \Delta H_A$; $\Delta S_B = \Delta S_A$

Pour calculer le transfert thermique on applique le 1er principe :

$\Delta U_B = W_B + Q_B \Rightarrow Q_B = \Delta U_B - W_B$

or $W_B = 0$ car l'eau se vaporise dans le vide, càd à pression nulle.

[si on prend comme système {eau + enceinte} et en négligeant les variations d'énergie interne de l'enceinte alors le volume du syst. est constant et on trouve également $W_B = 0$]

$\Rightarrow Q_B = \Delta U_B = 2{,}08\ kJ$

$Q_A > Q_B$ car dans la transfo (A) le transfert thermique reçu sert à vaporiser l'eau et à pousser le piston vers le haut.

2) Ds la transfo (A) on a :

$$\Delta S_A = \frac{m \Delta h_{vap}}{T_0} = \frac{Q_A}{T_0}$$

donc d'après le 2d principe $S_{c,A} = 0$

$\left(\text{car } \Delta S_A = S_{e,A} + S_{c,A} \text{ et } S_{e,A} = \frac{Q_A}{T_0} \right)$

Dans la transfo (B) on a d'après le 2d principe

$$\Delta S_B = S_{e,B} + S_{c,B}$$

et $S_{e,B} = \dfrac{Q_B}{T_0}$

donc $S_{c,B} = \Delta S_B - \dfrac{Q_B}{T_0}$

A. N. $S_{c,B} = 6,03 - \dfrac{2,08 \times 10^3}{373,15}$

$= 0,45 \text{ J.K}^{-1} > 0$

La transfo est bien irréversible.