Partie II : Thermodynamique et mécanique des fluides
Chapitre 5

Correction – DM 8 – Étude d'un cycle réfrigérant

Cycle réfrigérant

1. Voir figures.

2. On lit : $\boxed{T_2 = -10\,°\mathrm{C}}$, $\boxed{T_3 = 0\,°\mathrm{C}}$, et $\boxed{T_4 = 55\,°\mathrm{C}.}$

3. **a.** Enthalpie massique du fluide au point (2) : $\boxed{h_2 = 256\,\mathrm{kJ}\cdot\mathrm{kg}^{-1}.}$

On lit l'enthalpie massique du liquide saturant sur la courbe d'ébullition : $\boxed{h_{l,2} = 187\,\mathrm{kJ}\cdot\mathrm{kg}^{-1}.}$

Et celle de la vapeur saturée sur la courbe de rosée : $\boxed{h_{v,2} = 391\,\mathrm{kJ}\cdot\mathrm{kg}^{-1}.}$

Pour en déduire le titre en vapeur au point 2, on utilise la relation

$$h_2 = x_v h_{v,2} + x_l h_{l,2} = x_v h_{v,2} + (1 - x_v) h_{l,2}.$$

On isole $\boxed{x_v = \dfrac{h_2 - h_{l,2}}{h_{v,2} - h_{l,2}} = 0.33.}$

b. On trouve environ la même valeur par lecture graphique directe.

4. ⋆ Enthalpie massique de vaporisation du fluide R134a à 40°C : on lit sur le diagramme p-h, à 40 °C, les valeurs de :

- L'enthalpie du liquide saturé (sur la courbe de saturation, côté liquide) : $h_l(40°\mathrm{C}) = 255\,\mathrm{kJ}\cdot\mathrm{kg}^{-1}$.
- L'enthalpie de la vapeur saturée (sur la courbe de saturation, côté vapeur) : $h_v(40°\mathrm{C}) = 419\,\mathrm{kJ}\cdot\mathrm{kg}^{-1}$.

On en déduit l'enthalpie massique de vaporisation à 40°C :

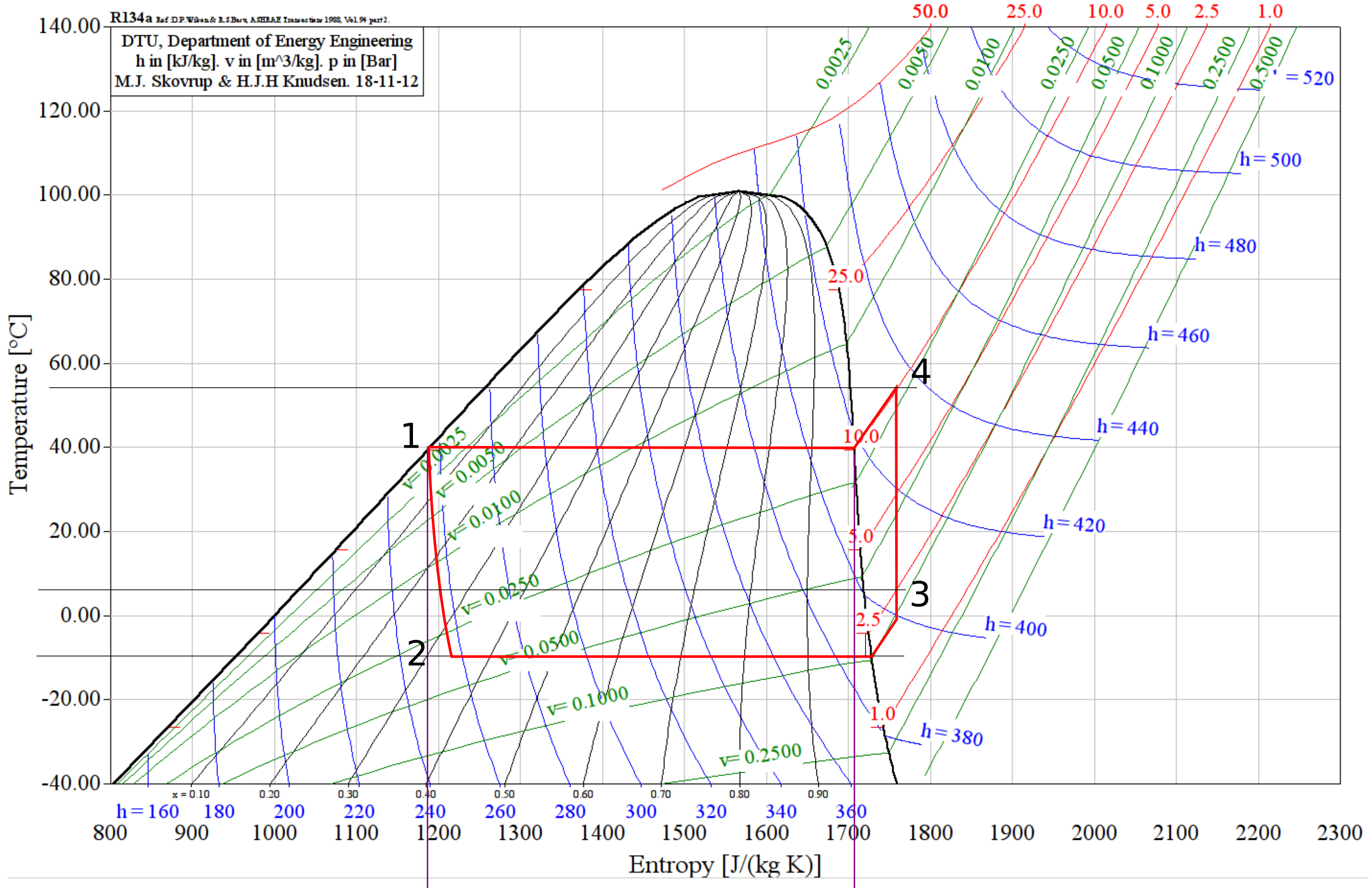
$$\boxed{\Delta h_{\mathrm{vap}}(40°\mathrm{C}) = h_v(40°\mathrm{C}) - h_l(40°\mathrm{C}) = 164\,\mathrm{kJ}\cdot\mathrm{kg}^{-1}.}$$

⋆ Entropie massique de vaporisation du fluide R134a à 40°C : on lit sur le diagramme T-s, à 40 °C, les valeurs de :

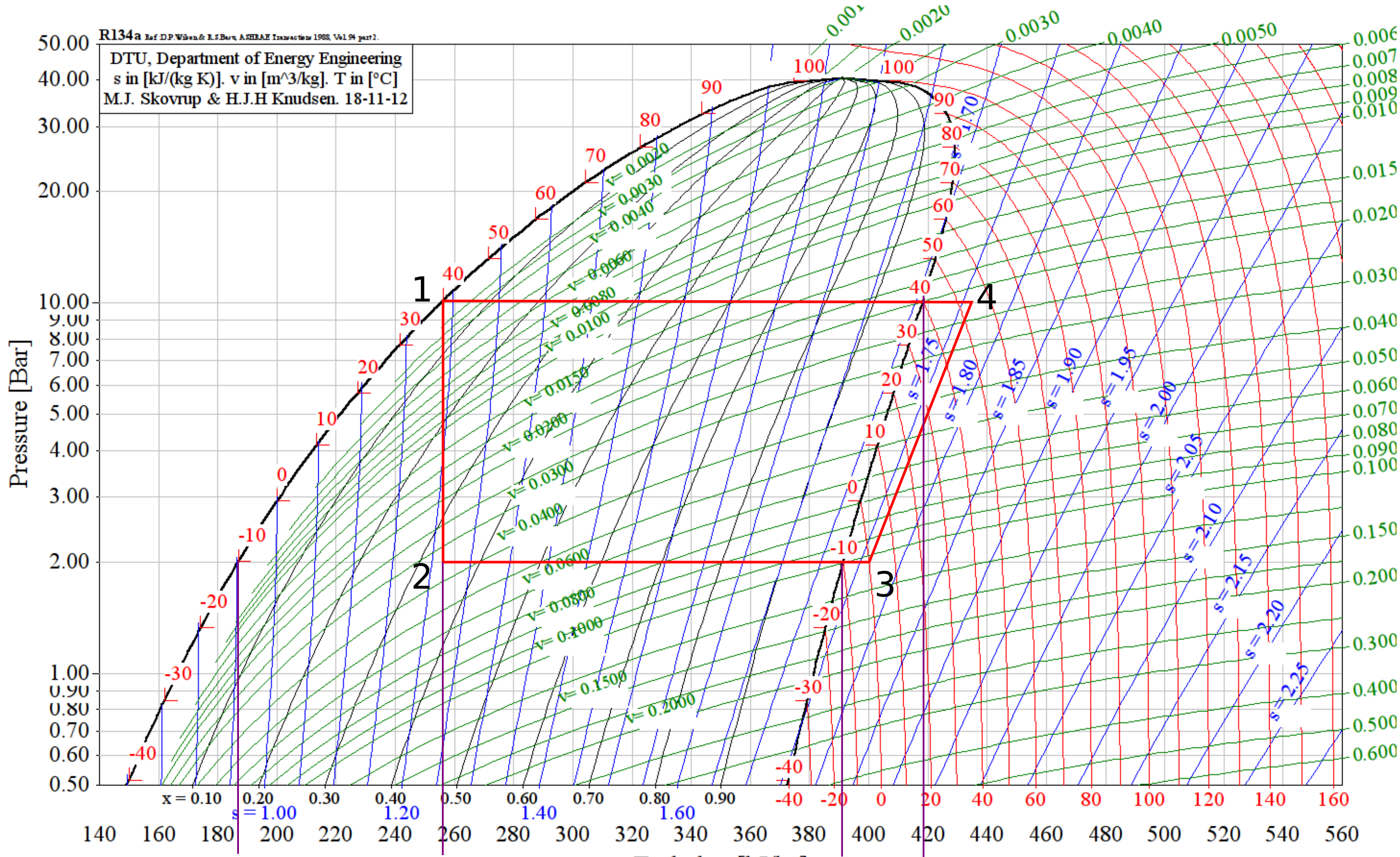
- L'entropie du liquide saturé (sur la courbe de saturation, côté liquide) : $s_l(40°\mathrm{C}) = 1187\,\mathrm{J}\cdot\mathrm{K}^{-1}\cdot\mathrm{kg}^{-1}$.
- L'entropie de la vapeur saturée (sur la courbe de saturation, côté vapeur) : $s_v(40°\mathrm{C}) = 1707\,\mathrm{J}\cdot\mathrm{K}^{-1}\cdot\mathrm{kg}^{-1}$.

On en déduit l'entropie massique de vaporisation à 40°C :

$$\boxed{\Delta s_{\mathrm{vap}}(40°\mathrm{C}) = s_v(40°\mathrm{C}) - s_l(40°\mathrm{C}) = 520\,\mathrm{J}\cdot\mathrm{K}^{-1}\cdot\mathrm{kg}^{-1}.}$$



$s_l(40℃) = 1187 \ \ \mathrm{J/(kg \cdot K)}$ $s_v(40℃) = 1707 \ \ \mathrm{J/(kg \cdot K)}$



$h_{l,2} = 187\,\mathrm{kJ/kg}$ $h_2 = 255\,\mathrm{kJ/kg}$ $h_{v,2} = 391\,\mathrm{kJ/kg}$

$h_v(40℃) = 419\,\mathrm{kJ/kg}$

Facultatif : fonte de la glace

1. Il faut bien comprendre ce qu'il se passe : on prend une masse m de glace à $0\,^\circ\mathrm{C}$, on la place en contact avec une masse $m_{\mathrm{Hg}} = 1\,\mathrm{kg}$ de mercure à $100\,^\circ\mathrm{C}$, et le refroidissement du mercure fait fondre la glace. On cherche alors la masse m qui a fondu.

On décompose la transformation :

$$1 \left| \begin{array}{l} \text{eau solide, masse } m = ?,\ T_0 = 0\,^\circ\mathrm{C} \\ \text{mercure, masse } m_{\mathrm{Hg}} = 1.0\,\mathrm{kg},\ T_{100} = 100\,^\circ\mathrm{C} \\ p_0 \end{array} \right. \quad \rightarrow \quad 2 \left| \begin{array}{l} \text{eau solide, masse } m = ?,\ T_0 = 0\,^\circ\mathrm{C} \\ \text{mercure, masse } m_{\mathrm{Hg}} = 1.0\,\mathrm{kg},\ T_0 = 0\,^\circ\mathrm{C} \\ p_0 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \quad 3 \left| \begin{array}{l} \text{eau liquide, masse } m = ?,\ T_0 = 0\,^\circ\mathrm{C} \\ \text{mercure, masse } m_{\mathrm{Hg}} = 1.0\,\mathrm{kg},\ T_0 = 0\,^\circ\mathrm{C} \\ p_0 \end{array} \right.$$

Variation d'enthalpie pour l'ensemble de la transformation de 1 vers 3 :

$$\Delta H = m_{\mathrm{Hg}} c_{\mathrm{Hg}} (T_0 - T_{100}) + m \Delta h_{\mathrm{fus}}(0^\circ\mathrm{C}).$$

L'ensemble est calorifugé, la transformation totale, de 1 vers 3, est donc adiabatique. De plus, la transformation est monobare, avec $p_{\mathrm{initial}} = p_{\mathrm{final}} = p_0$. Le premier principe version monobare indique donc que :

$$\Delta H = Q_{\text{reçu}} + W' = 0.$$

On a donc

$$m_{\mathrm{Hg}} c_{\mathrm{Hg}} (T_0 - T_{100}) + m \Delta h_{\mathrm{fus}}(0^\circ\mathrm{C}) = 0.$$

Il reste à isoler m :

$$\boxed{m = \frac{m_{\mathrm{Hg}} c_{\mathrm{Hg}} (T_{100} - T_0)}{\Delta h_{\mathrm{fus}}(0^\circ\mathrm{C})} = 41.6\,\mathrm{g}.}$$

Jean Perrin avait donc raison !