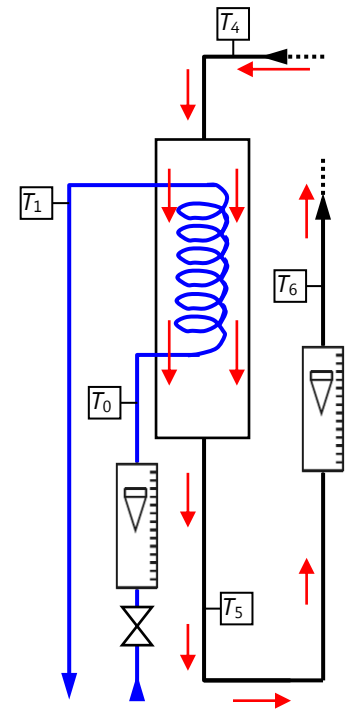
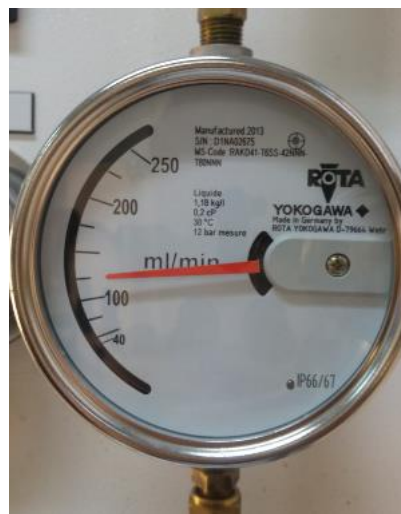


L'échangeur thermique de la pompe à chaleur du lycée

Éléments de correction

1. Voir schéma ci-contre.
2. Le serpentin du condenseur (l'échangeur thermique) est en cuivre (un métal) car ce matériau est un bon conducteur thermique.
3. Une fois le régime stationnaire atteint, on obtient par exemple les valeurs suivantes :



- capacité thermique de l'eau $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- masse volumique de l'eau $\rho_{\text{eau}} = 1,000 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$
- débit en volume d'eau du circuit de chauffage $q_{V \text{ eau}} = 0,80 \text{ L/min}$
- débit en masse d'eau du circuit de chauffage (question 7) $q_{m \text{ eau}} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$

- masse volumique du R134a liquide (question 9) $\rho_{R134a} = 1190 \text{ kg/m}^3$
- débit en volume de R134a liquide $q_{V R134a} = 125 \text{ mL/min}$
- débit en masse de R134a (question 10) $q_{m R134a} = 2,48 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$
- haute pression relative $P_{4 \text{ rel}} = 7,6 \text{ bar}$
- haute pression absolue (question 6) $P_{4 \text{ abs}} = 8,6 \text{ bar}$
- température eau entrée condenseur $T_0 = 17,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- température eau sortie condenseur $T_1 = 27,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- température R134a entrée condenseur $T_4 = 67,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- température R134a sortie condenseur $T_5 = 32,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- température R134a entrée détendeur (au niveau du débitmètre) $T_6 = 29,8 \text{ }^\circ\text{C}$

4. Au toucher, on vérifie bien que le R134a arrive très chaud et ressort tiède et que l'eau arrive froide et ressort tiède.

5. Au niveau du condenseur, le liquide qui coule n'est pas l'eau mais le fluide R134a : on peut observer la liquéfaction de ce fluide caloporteur.

$$6. P_{\text{relative}} = P_{\text{absolue}} - P_{\text{atmosphérique}} \quad \text{donc} \quad P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + P_{\text{atmosphérique}}$$

$$\text{donc} \quad P_{4 \text{ abs}} = P_{4 \text{ rel}} + P_{\text{atm}} = 7,6 \text{ bar} + 1,013 \text{ bar} = 8,6 \text{ bar}$$

$$7. q_{m \text{ eau}} = \rho_{\text{eau}} \times q_{V \text{ eau}}$$

$$\text{avec} \quad \rho_{\text{eau}} = 1,000 \text{ kg/L} = 1,000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{et} \quad q_{V \text{ eau}} = 0,80 \text{ L/min} = 0,80 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min} = \frac{0,80 \times 10^{-3}}{60} \text{ m}^3/\text{s} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_{m \text{ eau}} = \rho_{\text{eau}} \times q_{V \text{ eau}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,3 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$$

$$8. \Phi_{\text{reçu eau}} = q_{m \text{ eau}} \times c_{\text{eau}} \times \Delta\theta_{\text{eau}} = q_{m \text{ eau}} \times c_{\text{eau}} \times (T_1 - T_0)$$

$$\Phi_{\text{reçu eau}} = 1,3 \times 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (27,8 \text{ }^\circ\text{C} - 17,5 \text{ }^\circ\text{C}) = 5,6 \times 10^2 \text{ W}$$

9. Voir construction en jaune et orange à la dernière page avec $P = 8,6 \text{ bar}$ et $\theta = 29,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

La masse volumique du R134a est alors $\rho_{R134a} = 1190 \text{ kg/m}^3$ (entre 1180 et 1200 kg/m^3).

$$10. q_{m R134a} = \rho_{R134a} \times q_{V R134a}$$

$$\text{avec} \quad q_{V R134a} = 125 \text{ mL/min} = 125 \times 10^{-3} \text{ L/min} = 125 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{min} = \frac{125 \times 10^{-6}}{60} \text{ m}^3/\text{s} = 2,08 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_{m R134a} = \rho_{R134a} \times q_{V R134a} = 1190 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2,08 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 2,48 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

11. Voir construction en jaune et violet à la dernière page avec $P = 8,6 \text{ bar}$ et $\theta = 67,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Lorsque la température de R134a est T_4 , le point est à droite de courbe d'équilibre liquide-vapeur donc le R134a est bien gazeux.

Voir construction en jaune et bleu à la dernière page avec $P = 8,6 \text{ bar}$ et $\theta = 32,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Lorsque la température de R134a est T_5 , le point est à gauche de courbe d'équilibre liquide-vapeur donc le R134a est bien liquide.

12. Lorsque la température de R134a est T_4 (point violet sur le diagramme), l'enthalpie massique du R134a est $H_4 = 452 \text{ kJ/kg}$ (entre 450 et 460 kJ/kg).

Lorsque la température de R134a est T_5 (point bleu sur le diagramme), l'enthalpie massique du R134a est $H_5 = 245 \text{ kJ/kg}$ (entre 240 et 250 kJ/kg).

$$\Phi_{\text{reçu R134a}} = q_{m R134a} \times \Delta H_{R134a} = q_{m R134a} \times (H_5 - H_4)$$

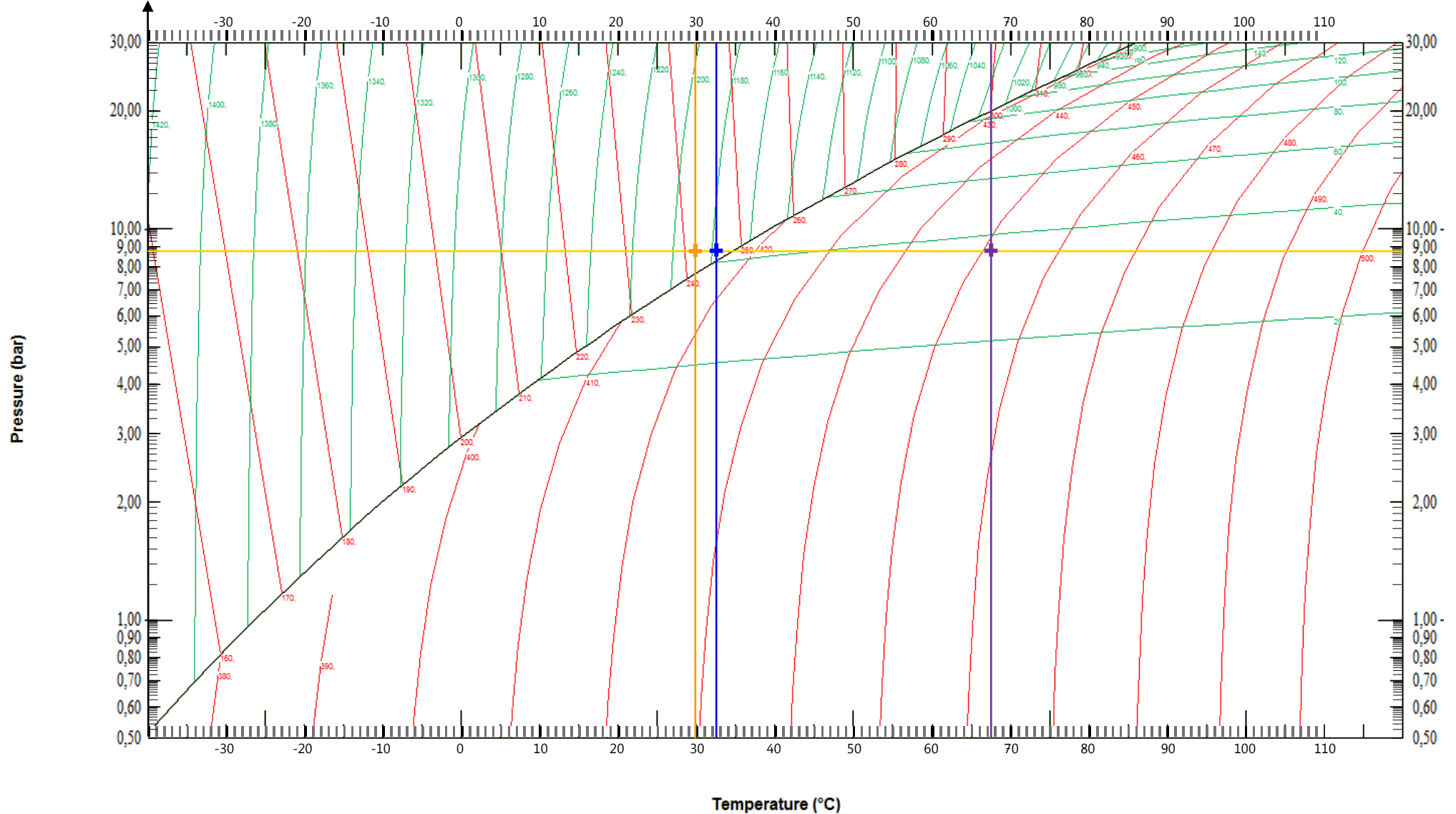
$$\Phi_{\text{reçu R134a}} = 2,48 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (245 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} - 452 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}) = -5,13 \times 10^2 \text{ W}$$

Le résultat est négatif car, en réalité, le R134a ne reçoit par un transfert thermique mais, au contraire, le cède (à l'eau).

13. $\Phi_{\text{reçu eau}} = 5,6 \times 10^2 \text{ W}$ et $\Phi_{\text{cédé R134a}} = 5,13 \times 10^2 \text{ W}$

Avec un échangeur thermique idéal, le flux thermique reçu par l'eau devrait être égal à celui cédé par le R134a. La (légère) différence observée est essentiellement due à l'imprécision de certaines mesures (dont le débit de R134a qui fluctue entre 100 et 150 mL/min).

De plus il y a des pertes thermiques avec l'extérieur à travers la paroi de l'échangeur thermique.



sur l'axe des abscisses (tout en bas et tout en haut) : température θ (en °C)
 sur l'axe des ordonnées (tout à gauche et tout à droite) : pression P (en bar)
 en noir : courbe d'équilibre liquide-vapeur (à gauche le liquide, à droite le gaz)
 en rouge : enthalpie massique H (de 10 en 10 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)
 en vert : masse volumique ρ (de 20 en 20 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

Diagramme pression-température du fluide R134a