

DEVOIR MAISON N°7

T4 T5 : Thermodynamique, changements d'état et machines thermiques

➤ A rendre le VENDREDI 13 DECEMBRE 2024

Exercice : PAC pour chauffer l'eau d'une piscine

Données :

- Température air extérieur : $T_a = 7^\circ\text{C}$
- Température eau piscine : $T_p = 20^\circ\text{C}$
- Volume de la piscine : $V = 30\text{ m}^3$
- Capacité thermique de l'eau : $c = 4,2\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Pour une variation de la température de l'eau de $\Delta T = 1\text{K}$, il faut $\Delta t = 1000\text{ s}$

1. Donner le schéma thermodynamique de la PAC. Signe des échanges d'énergie à justifier.
2. Calculer le coefficient de performance.
3. Calculer la puissance électrique de l'installation.

Problème: Climatisation d'une voiture

La quasi-totalité des véhicules neufs sont aujourd'hui équipés d'une climatisation. Pour refroidir l'air intérieur du véhicule, un fluide frigorigène, l'hydrofluorocarbure HFC connu sous le code R134a, effectue en continu des transferts énergétiques entre l'intérieur, l'extérieur du véhicule et le compresseur.

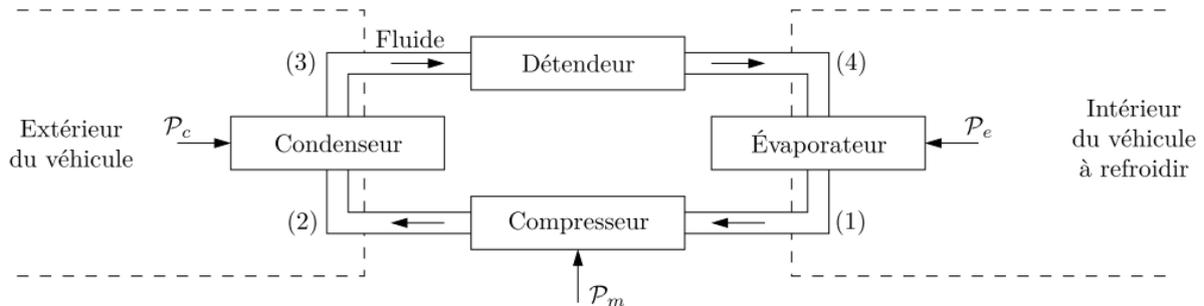


Figure 10 - Structure de la climatisation

1. Les chlorofluorocarbures ou CFC comme le fréon, sont des fluides frigorigènes qui ont été très longtemps utilisés. Pourquoi ces fluides ne sont-ils plus utilisés aujourd'hui ?

Sur le diagramme enthalpique (p, h) (cf. document réponse en annexe) de l'hydrofluorocarbure HFC, de masse molaire $M = 32\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ sont représentés :

- la courbe de saturation de l'équilibre liquide vapeur de l'hydrofluorocarbure HFC (en trait fort)
- les isothermes pour des températures comprises entre -40°C et 160°C par pas de 10°C
- les isentropiques pour des entropies massiques comprises entre $1,70\text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ et $2,25\text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ par pas de $0,05\text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- les isotitres en vapeur sous la courbe de saturation pour des titres massiques en vapeur x_v , variant de 0 à 1 par pas de 0,1.
- P est en bar et h en $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

Lors de l'exploitation du diagramme, les mesures seront faites avec les incertitudes suivantes :

Δh	Δs	Δx	ΔT	Δp
$\pm 5 \text{ kJ.kg}^{-1}$	$\pm 50 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$	$\pm 0,05$	$\pm 5^\circ\text{C}$	$\pm 5\%$

- Indiquer sur le diagramme (document réponse) les domaines liquide, vapeur, équilibre liquide-vapeur du fluide.
- Dans quel domaine du diagramme le fluide à l'état gazeux peut-il être considéré comme un gaz parfait ?

On étudie dans la suite l'évolution du fluide au cours d'un cycle en régime permanent. Le débit massique est $D_m = 0,1 \text{ kg.s}^{-1}$.

- Rappeler l'expression du premier principe appliqué à un système ouvert en régime permanent (expression en terme de puissances) en définissant les différents termes introduits.

La puissance thermique P_e reçue par le fluide dans l'évaporateur permet la vaporisation isobare complète du fluide venant de (4) et conduit à de la vapeur à température $T_1 = 5^\circ\text{C}$ et pression $p_1 = 3 \text{ bar}$: point 1.

- Placer le point (1) sur le diagramme (document réponse). Relever la valeur de l'enthalpie massique h_1 et de l'entropie massique s_1 du fluide au point (1).

Le compresseur aspire la vapeur (1) et la comprime de façon isentropique avec un taux de compression $r = p_2/p_1 = 6$.

- Déterminer p_2 . Placer le point (2) sur le diagramme (document réponse). Relever la valeur de la température T_2 et celle de l'enthalpie massique h_2 en sortie du compresseur.
- Déterminer la valeur de la puissance P_m du travail mécanique reçu par le fluide lors de son passage dans le compresseur. Commenter le signe de P_m .

Le fluide sortant du compresseur entre dans le condenseur dans lequel il est refroidi **et condensé complètement** de manière isobare jusqu'à la température $T_3 = 60^\circ\text{C}$: point (3).

- Placer le point (3) sur le diagramme (document réponse). Relever la valeur de l'enthalpie massique h_3 en sortie du condenseur.

Le fluide sortant du condenseur est détendu dans le détendeur supposé adiabatique jusqu'à la pression de l'évaporateur p_1 : point (4).

- Montrer que la transformation dans le détendeur est isenthalpique.
- Placer le point (4) sur le diagramme (document réponse) et tracer le cycle complet. Relever la valeur de la température T_4 et le titre massique en vapeur x_4 en sortie du détendeur.
- En déduire la puissance thermique échangée P_e par le fluide lors de son passage à travers l'évaporateur entre (4) et (1). L'air intérieur du véhicule est-il refroidi?
- Définir l'efficacité e , ou coefficient de performance, du climatiseur. Calculer sa valeur.

13. Comparer cette valeur à celle d'un climatiseur de Carnot fonctionnant entre la température de l'évaporateur et la température de liquéfaction du fluide sous la pression p_2 . Commenter le résultat obtenu.

