

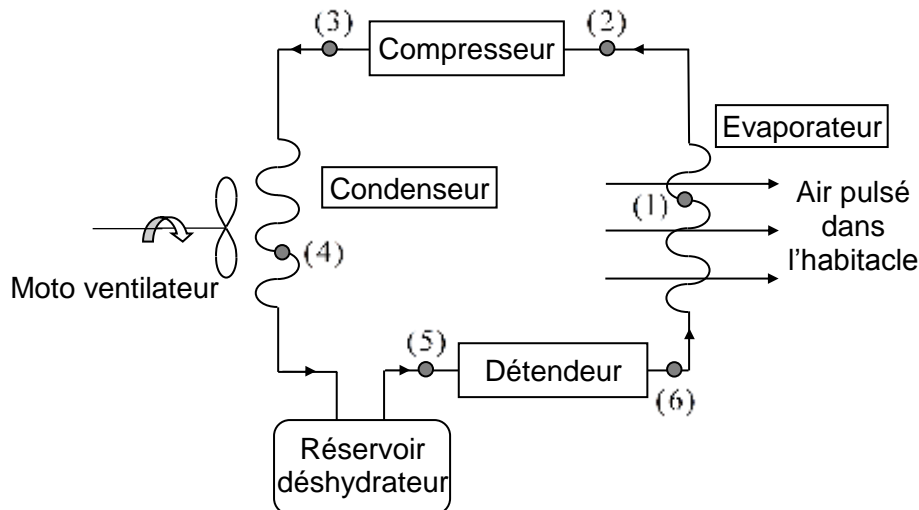
DEVOIR EN TEMPS LIBRE

MACHINE THERMIQUE

Etude du cycle de production du froid d'une climatisation auto

Les véhicules équipés de la climatisation en série occupent une place de plus en plus importante sur le marché automobile : en 2005, cet équipement a été présent sur près de 90 % des véhicules neufs en France. Le fluide frigorigène subissant le cycle est de l'hydrofluorocarbène HFC connu sous le code R134a. On admet qu'il se conduit à l'état gazeux comme un gaz parfait de caractéristique massique

$$r = 85 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1} \text{ et d'exposant adiabatique } \gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,12.$$



Le cycle théorique du R134a est le suivant :

- ♦ En (1), dans l'évaporateur, le fluide frigorigène est entièrement à l'état de vapeur saturante :

$$p_1 = 3,5 \text{ bars}, \theta_1 = 5,0^\circ\text{C}, h_1 = 400 \text{ kJ.kg}^{-1}.$$

Il subit alors un échauffement isobare en sortie de l'évaporateur jusqu'à l'entrée du compresseur caractérisé par l'état (2) : $p_2 = 3,5 \text{ bars}, h_2 = 415 \text{ kJ.kg}^{-1}, \theta_2$.

- ♦ La vapeur surchauffée basse pression est alors comprimée par le compresseur de 3,5 bars à 10 bars (état (3)). Sa température est alors θ_3 . La compression est supposée adiabatique réversible.

- ♦ Entre (3) et (4), la vapeur surchauffée haute pression est refoulée dans le condenseur où elle cède à l'air extérieur une quantité de chaleur sous pression constante. Le fluide frigorigène se condense alors entièrement (état (4)).

- ♦ En sortie du condenseur, le fluide liquéfié se sous-refroidit et traverse un réservoir déshydrateur, toujours à pression constante. L'état (5) caractérise ce sous refroidissement.

Entre (5) et (6), le fluide est acheminé dans un détendeur où il subit une détente isenthalpique ; sa pression passe alors de 10 bar à 3,5 bars. Le fluide se vaporise alors partiellement. L'état (6) est caractérisé par les données suivantes : titre massique en vapeur 20 % ; température $\theta_6 = 5,0^\circ\text{C}$; pression $p_6 = 3,5 \text{ bars}$.

- ♦ Enfin, il pénètre dans l'évaporateur et absorbe en s'évaporant une certaine quantité de chaleur provenant de l'air pulsé en direction de l'habitacle. L'air arrive rafraîchi dans l'habitacle.

Dans tout le problème, le débit massique du R134a a pour valeur : $D_m = 0,13 \text{ kg.s}^{-1}$.

A - Caractéristique du R134a

Montrer que la capacité thermique massique à pression constante c_p du fluide frigorigène R134a est : $c_p = 0,79 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

B - Etude du cycle du fluide frigorigène

1. Placer, sur le diagramme enthalpique (annexe à joindre avec la copie), les 6 points correspondant aux différents états du cycle du fluide frigorigène. Tracer le cycle en précisant le sens du parcours.
2. En utilisant le diagramme enthalpique, indiquer la valeur de la température θ_2 de surchauffe du fluide basse pression. Pour la suite du problème, on prendra $\theta_2 = 20^\circ\text{C}$.
3. La compression de l'état (2) à l'état (3) est supposée adiabatique réversible (isentropique).
 - a) En utilisant le cycle tracé à la question précédente, vérifier que la température θ_3 de fin de compression isentropique est : $\theta_3 \approx 55^\circ\text{C}$.
 - b) Relever, sur le diagramme, le travail massique que doit fournir le compresseur par kilogramme de fluide lors de sa compression adiabatique.
 - c) En déduire la puissance P_1 que doit fournir le compresseur au fluide caloporteur.
4. Préciser les différentes transformations subies par le fluide frigorigène, entre la sortie du compresseur (état (3)) et l'amont du détendeur (état (5)). Mesurer à l'aide du diagramme la quantité de chaleur q_c échangée par kilogramme de fluide entre ces deux états. Préciser et interpréter le signe de q_c .
5. Déterminer la quantité de chaleur q_f échangée avec l'air pulsé vers l'habitacle par kilogramme de fluide au niveau de l'évaporateur (entre les états (6) et (2)). Préciser et interpréter le signe de q_f .
6. En déduire la puissance frigorifique P_2 produite par la climatisation automobile.

C - Efficacité de l'installation

Définir puis calculer le coefficient de performance de l'installation.

