

DM - Etude d'un cycle d'une pompe à chaleur

On s'intéresse, sous forme d'un exercice d'application, à déterminer le rendement d'une pompe à chaleur d'une installation municipale chauffant l'eau d'une piscine.

Le cycle étudié est le cycle usuel d'une pompe à chaleur, décrit par le schéma ci-dessous, étudié en régime stationnaire :

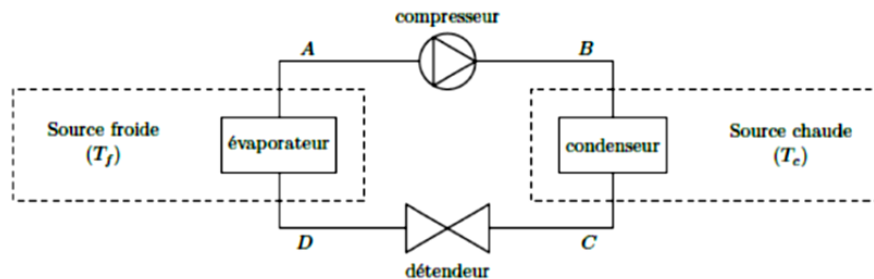


Figure 10 – Schéma de la P.A.C. étudiée

Le fluide utilisé est du tétrafluoroéthane, noté R134a. Deux diagrammes sont donnés en page suivante dans lequel on étudiera le tracé du cycle :

- Un diagramme entropique (T, s) usuel.
- Un diagramme des frigorisites (P, h) beaucoup plus pratique pour relever des variations d'enthalpie.

La description du cycle est la suivante :

- Le compresseur (étape $A \rightarrow B$) comprime le fluide de façon adiabatique et réversible.
- L'évolution du fluide dans le condenseur ($B \rightarrow C$) est isobare.
- La détente ($C \rightarrow D$) est supposée adiabatique et ne comporte pas de pièces mécaniques.
- L'évolution du fluide dans l'évaporateur ($D \rightarrow A$) est aussi isobare.

On donne également quelques données chiffrées :

Pression dans l'évaporateur	2 bar
Pression dans le condenseur	10 bar
Débit massique	$0,10 \text{ kg.s}^{-1}$
Température en sortie de l'évaporateur	30°C
Température en sortie du condenseur	20°C
Température de la source froide (air extérieur)	10°C
Température de la source chaude (eau du circuit)	30°C

On négligera toute variation d'énergie potentielle ou cinétique.

Rendement de Carnot

1. Déterminer le coefficient de performance maximal que l'on pourrait obtenir avec un cycle de Carnot fonctionnant entre les deux sources.

Ce n'est pas le cas ici, car le cycle étudié n'est pas réversible.

Principes en écoulement

On notera q_F le transfert thermique massique reçu de la source froide, et q_C le transfert thermique reçu de la source chaude. Le travail massique indiqué reçu par le fluide est noté w_i .

2. Pour chacune des quatre transformations, écrire les principes de la thermodynamique en écoulement en simplifiant les expressions en fonction des caractéristiques de la transformation.
3. En déduire une propriété de la transformation $A \rightarrow B$ et de la transformation $C \rightarrow D$.

Placement des points

4. À partir de la lecture des diagrammes, déterminer la température de changement d'état du fluide $T(P_e)$ à la pression de l'évaporateur, et $T(P_c)$ à la pression du condenseur.
5. Que vaut la pression en A ? la température ? Placer alors le point A sur les deux diagrammes.
6. Que vaut la pression en C ? la température ? Placer alors le point C sur les deux diagrammes.
7. En utilisant les propriétés des transformations $A \rightarrow B$ et $B \rightarrow C$ en déduire la position du point B sur les deux diagrammes.
8. Par un raisonnement similaire, déterminer la position du point D sur les deux diagrammes.
9. Quelle est la température en sortie du compresseur ?
10. Quel est le titre massique en sortie du détendeur ?

Lecture du diagramme des frigoristes (P, h)

11. En utilisant le diagramme des frigoristes, déterminer les variations d'enthalpie Δh pour les quatre transformations. En déduire q_F , q_C et w_i .
12. En déduire le coefficient de performance de l'installation et comparer au coefficient de Carnot.
13. Quelle est la puissance thermique fournie à la source chaude ? Quel est la puissance mécanique que doit fournir le compresseur ?

Lecture du diagramme entropique (T, s)

14. En utilisant le diagramme entropique, déterminer les variations d'entropie Δs pour les quatre transformations.
15. À partir des réponses de la partie précédente, et en assimilant les sources froides et chaudes à des thermostats, déterminer $s_{ech, B \rightarrow C}$ et $s_{ech, D \rightarrow A}$.
16. En déduire l'entropie massique créée sur chacune des quatre transformations.

Dimensionnement du compresseur

17. Déterminer à l'aide des isochores du diagramme des frigoristes, la masse volumique du fluide en entrée et en sortie du compresseur.
18. En déduire le débit volumique en entrée et en sortie du compresseur.
19. S'il n'y a pas de variation d'énergie cinétique du fluide, en déduire le rapport des diamètres de sortie du compresseur sur le diamètre d'entrée de celui-ci.

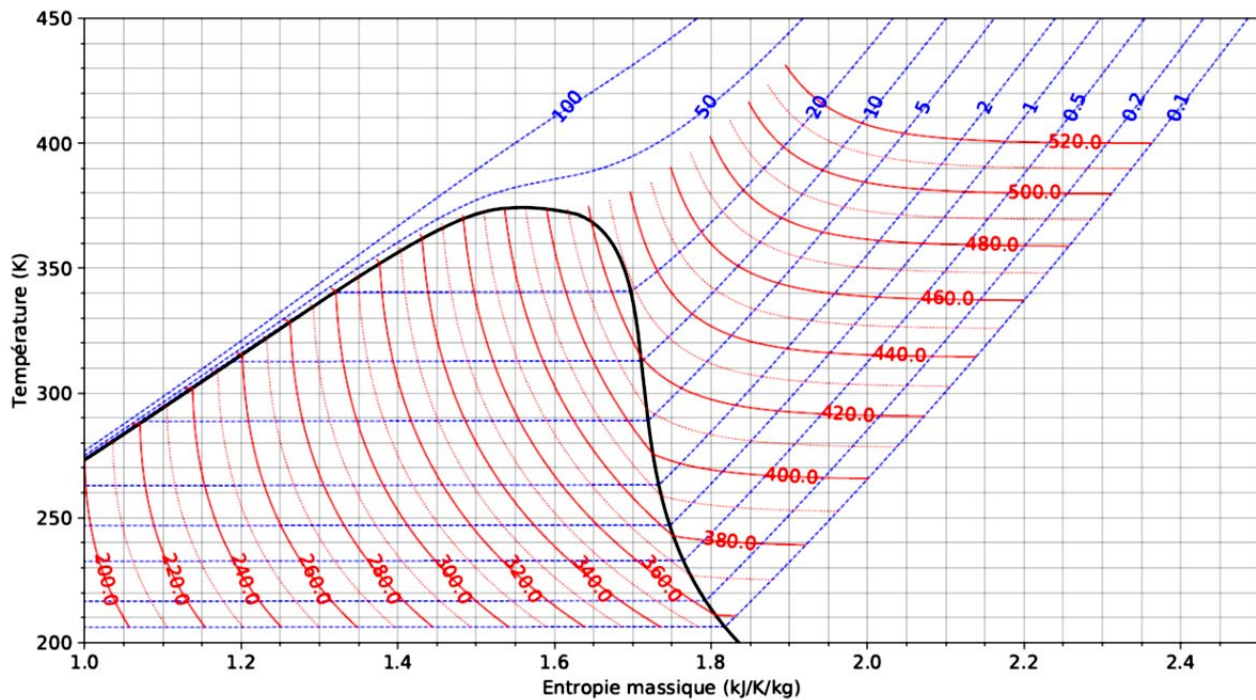


Figure 11 – Diagramme entropique du fluide R314a. En rouge : isenthalpes (en kJ.kg^{-1}); en bleu : isobares (en bar).

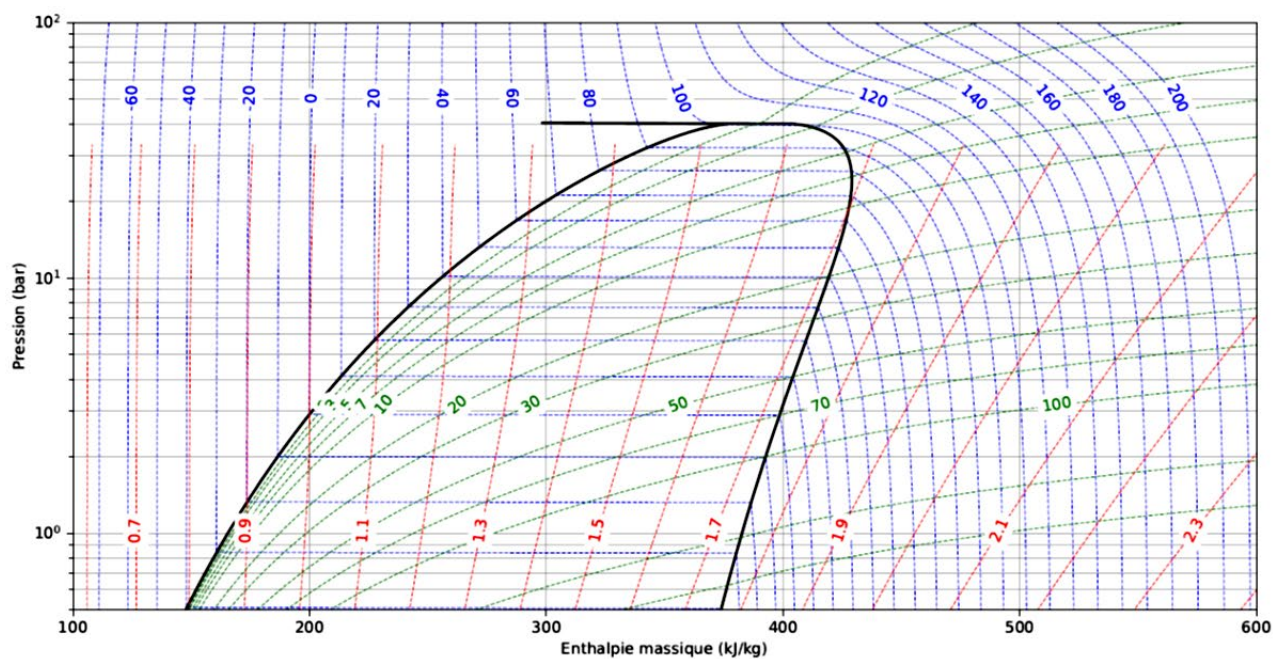


Figure 12 – Diagramme des frigoristes du fluide R314a. En rouge : isentropes (en $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$); en bleu : isothermes (en $^{\circ}\text{C}$), en vert : isochores (en L.kg^{-1}).

Correction DM - Etude d'un d'une pompe à chaleur
