

I Utiliser une source d'énergie gratuite

Cette partie étudie le principe du procédé Degrés Bleus® de la société Suez. Ce procédé consiste en la récupération d'une partie de l'énergie thermique des eaux usées (véhiculées dans les collecteurs d'égouts), dont la température peut varier approximativement entre 15 et 23 °C selon le mois de l'année. Un échangeur thermique est ainsi directement placé dans les collecteurs, comme illustré figure 1. Ce système a été mis en place pour la première fois au centre aquatique de Levallois-Perret en 2010.

Le schéma de principe de l'installation est représenté figure 2. Il est constitué de trois modules : l'échangeur thermique placé dans les collecteurs d'eaux usées, la pompe à chaleur (PAC) et le ballon tampon d'eau chaude de 700 L.

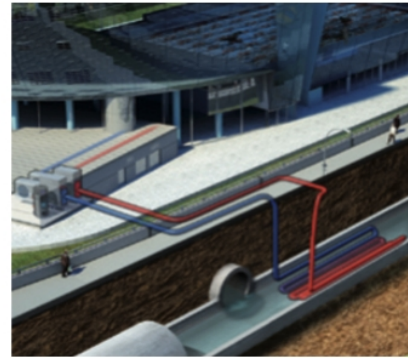


Figure 1

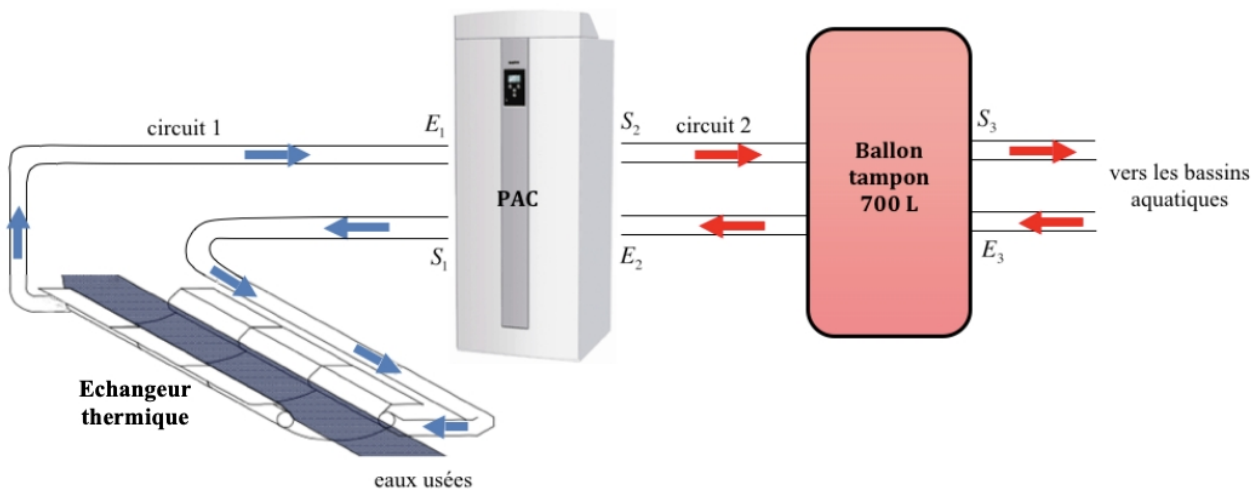


Figure 2

I.A – Étude d'une pompe à chaleur idéale

Le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur est rappelé figure 3. Le cycle est supposé réversible. Au contact de la source froide de température T_f , le fluide se vaporise complètement, il est ensuite comprimé par le

compresseur et se liquéfie dans le condenseur, au contact de la source chaude de température T_c . Il est ensuite détendu dans le détendeur.

Par transfert thermique, le fluide reçoit une énergie Q_f de la part de la source froide et Q_c de la part de la source chaude. Le fluide reçoit un travail W de la part du compresseur. Le détendeur est calorifugé et ne présente pas de pièces mobiles.

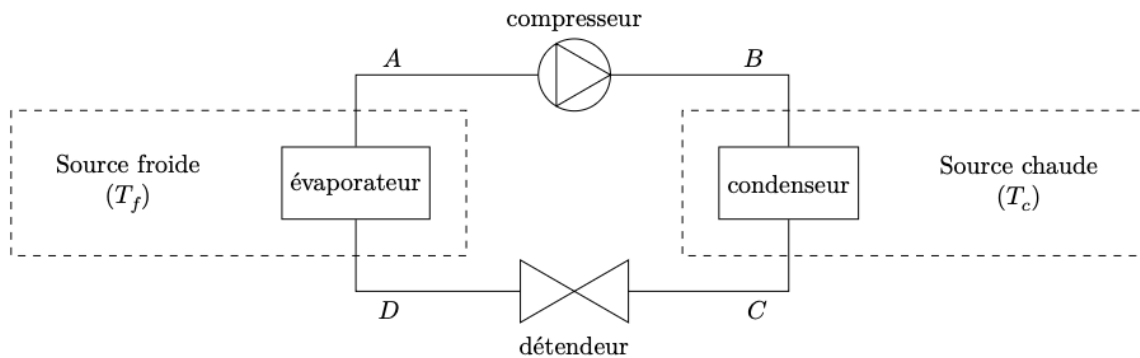


Figure 3

- Q 1. Définir l'efficacité (ou COP pour COefficient de Performance) η de la pompe à chaleur. Préciser le signe des grandeurs algébriques Q_f , Q_c et W .
- Q 2. Établir l'expression de η en fonction de T_f et T_c .
- Q 3. Calculer η pour $T_f = 13\text{ °C}$ et $T_c = 44\text{ °C}$. Commenter la valeur obtenue.

I.B – Étude de la pompe à chaleur du centre aquatique **Q4 programme seconde année**

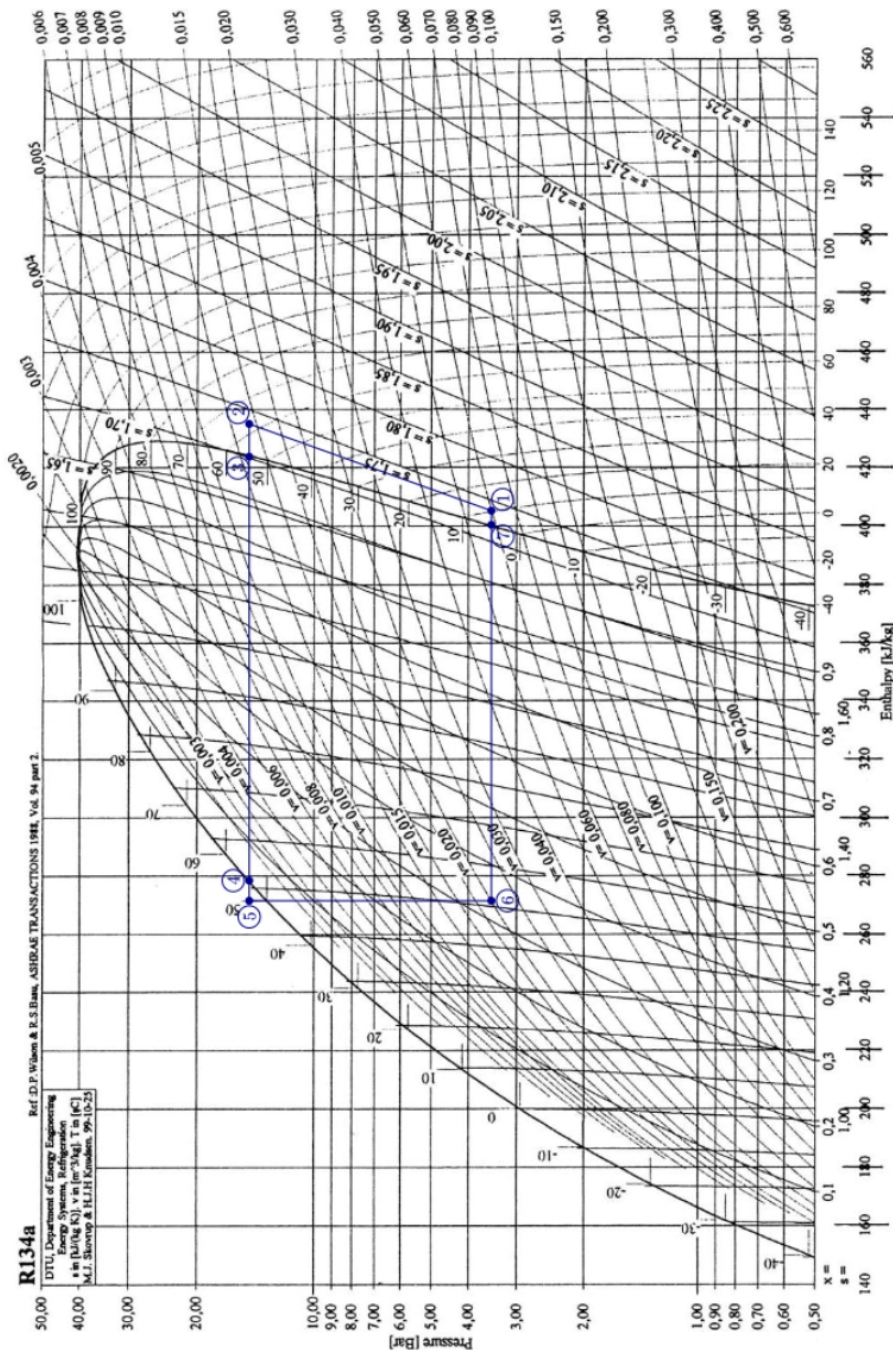
Q 4. Établir le premier principe de la thermodynamique pour un écoulement stationnaire unidimensionnel d'un système à une entrée et une sortie. On fera intervenir des grandeurs massiques que l'on prendra soin de définir et de positionner sur un schéma illustratif. Les systèmes (ouvert ou fermé) y seront clairement distingués par leurs frontières à deux instants t et $t + dt$. Les travaux des forces de pression d'admission et de refoulement seront clairement explicités.

On néglige dans la suite toute variation d'énergie cinétique et d'énergie potentielle.

La page suivante présente, dans le diagramme des frigoristes, le cycle réversible de la PAC du centre aquatique de Levallois-Perret pour un fonctionnement nominal typique en période froide (janvier-février). Le fluide frigorigène est du tétrafluoroéthane R134a. Les isothermes sont gradués en °C ; les isochores sont repérés par v = en $m^3 \cdot kg^{-1}$; les isentropiques sont marqués avec s = en $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$; les isotitres x = sont gradués sur l'échelle des abscisses.

La puissance prélevée à la source froide est $\dot{Q}_f = 60$ kW.

- Q 5.** Identifier et justifier la nature des quatre transformations 1 → 2, 2 → 5, 5 → 6 et 6 → 1 du cycle.
- Q 6.** Quel est l'intérêt de la transformation 7 → 1 ?
- Q 7.** Quel est l'intérêt de la transformation 4 → 5 ?
- Q 8.** Calculer le débit massique D_m du fluide caloporteur de la pompe à chaleur.
- Q 9.** Calculer l'efficacité théorique η_{th} de la pompe à chaleur.
- Q 10.** La puissance réellement fournie au compresseur est $P = 19$ kW. Calculer l'efficacité réelle de la pompe à chaleur et conclure quant au calcul de la question précédente.



R134a

Ref. D.P. Wilson & R.S. Barr, ASHRAE TRANSACTIONS 1988, Vol. 94 part 2.

DTU, Department of Energy Engineering
Energy Systems, Refrigeration
* in [Pa/(kg K)], v in [m³/kg], T in [°C]
M.J. Stoeber & H.J.H. Knooben, 99-10-25

