

## 1 Utilisation d'une source d'énergie gratuite, tiré de Centrale Supélec TSI 2018

De nombreuses villes disposent de centres aquatiques permettant la pratique d'activités ludiques ou sportives. La construction ou la rénovation de ces centres aquatiques s'accompagne d'exigences de développement durable d'où, par exemple, le recours à des solutions innovantes de chauffage de l'eau des bassins. La sécurité des installations et la gestion de la qualité de l'eau des bassins sont aussi des enjeux importants du fonctionnement des centres, un problème de sécurité ou une mauvaise qualité d'eau pouvant entraîner leur fermeture immédiate.

Ce sujet aborde quelques uns de ces aspects.

Cette partie étudie le principe du procédé Degrés Bleus<sup>®</sup> 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 fig. 1. 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.

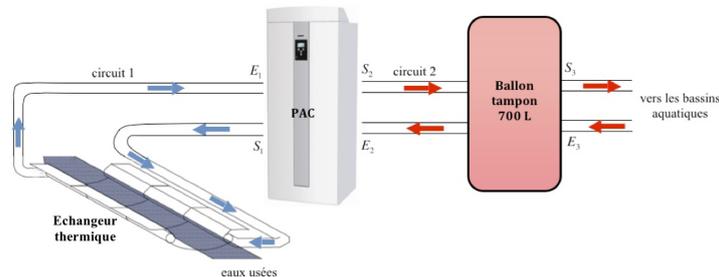
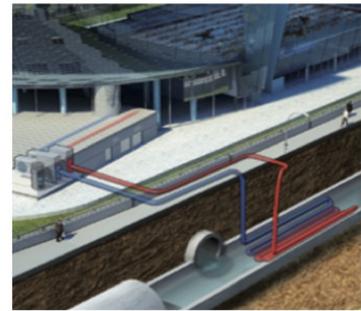


FIGURE 1 – Schéma de principe de fonctionnement de l'installation Degrés Bleus.

### 1.I Etude d'une pompe à chaleur idéale

Le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur est rappelé ci-dessous. 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.

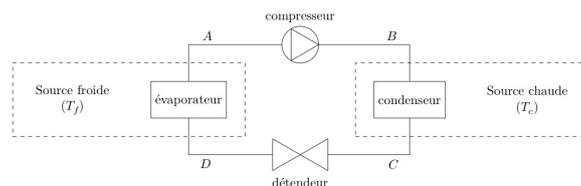


FIGURE 2 – Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur.

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 (la détente est alors isenthalpique).

Question (1.I 1)

Définir l'efficacité (ou COP pour COefficient de Performance)  $\eta$  de la pompe à chaleur idéale en fonction des grandeurs algébriques  $Q_f$ ,  $Q_c$  et  $W$ .

Question (1.I 2)

Etablir l'expression de  $\eta$  en fonction de  $T_f$  et  $T_c$ .

Question (1.I 3)

Calculer  $\eta$  pour  $T_f = 13^\circ\text{C}$  et  $T_c = 44^\circ\text{C}$ . Commenter la valeur obtenue.

## 1.II Etude de la pompe à chaleur du centre aquatique

Question (1.II 1)

Etablir le premier principe de la thermodynamique sur un cycle du fluide dans la machine thermique (on négligera toute variation d'énergie cinétique ou 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 typique en période froide (janvier-février). Le fluide est du tétrafluoroéthane R134a. Les isothermes sont gradués en  $^\circ\text{C}$ ; les isochores sont repérés par  $v = \text{en m}^3.\text{kg}^{-1}$ ; les isentropiques sont marqués avec  $s = \text{en kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ; les isotitres  $x =$  sont gradués sur l'échelle des abscisses.

La puissance prélevée à la source froide est  $P_f = 60 \text{ kW}$ .

Question (1.II 2)

Identifier et justifier la nature des 4 transformations  $1 \rightarrow 2$ ,  $2 \rightarrow 5$ ,  $5 \rightarrow 6$  et  $6 \rightarrow 1$  (en particulier donner l'adjectif indiquant si une grandeur est conservée au cours de la transformation).

Question (1.II 3)

Calculer l'efficacité théorique de cette pompe à chaleur par des mesures graphiques.

Question (1.II 4)

Par analyse dimensionnelle, déterminer le débit massique  $D_m$  en  $\text{kg.s}^{-1}$  du fluide dans la machine thermique.

Question (1.II 5)

En déduire la puissance transmise à la source chaude  $P_c$ .

Question (1.II 6)

La puissance fournie au compresseur est en réalité  $P = 19 \text{ kW}$ , quelle est l'efficacité réelle de cette pompe à chaleur? Commenter cette valeur au regard de celle calculée graphiquement.

# R134a

DTU, Department of Energy Engineering  
Energy Systems, Refrigeration  
M.J. Skovrup & H.J.H. Knudsen, 99-10-25

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

