

Chauffage d'une piscine avec une pompe à chaleur (PAC)

La pompe à chaleur (PAC) est un équipement de chauffage qui transfère de l'énergie depuis une source froide et renouvelable vers une source chaude. Une source d'énergie, généralement électrique, est toutefois nécessaire et les PAC consomment de l'électricité. Le coefficient de performance η d'une pompe à chaleur traduit sa performance énergétique. La valeur de ce coefficient η est généralement comprise entre 2,5 et 5. Elle dépend de la conception et du type de PAC, mais aussi de la température extérieure de la source froide. On étudie ici une PAC qui sert à chauffer l'eau d'une piscine.

Figure 1 : Schéma énergétique de la pompe à chaleur

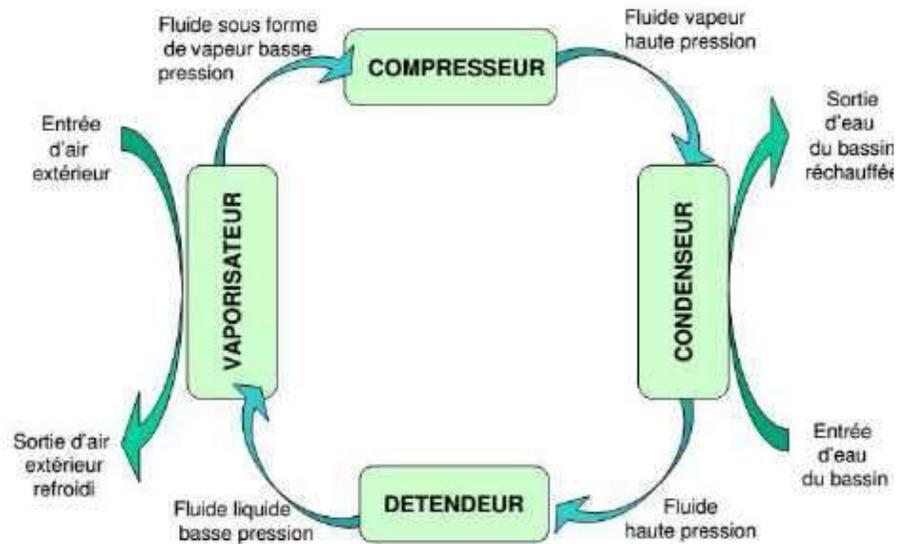
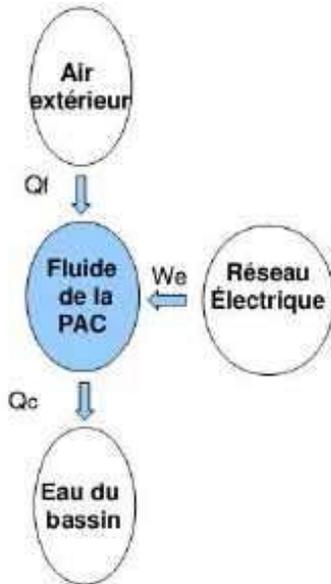


Figure 2. Cycle du fluide frigorigène dans la PAC

La PAC est une machine thermique ditherme qui fonctionne entre une source de température variable au cours du temps et une source de température quasi constante, tout en recevant de l'énergie électrique. La PAC fonctionne comme une machine cyclique.

On étudie ici le système fluide de la PAC qui subit une transformation cyclique. La source chaude est l'eau de la piscine que l'on souhaite chauffer à une température T_c de 28°C . La source froide est l'air extérieur, à la température T_f .

Le fluide frigorigène est un mélange choisi pour ses propriétés thermiques. Il circule dans des tuyaux à l'intérieur de la PAC et n'est donc jamais en contact direct avec l'air extérieur.

Des transferts énergétiques Q_f , Q_c et W_e sont mis en jeu au cours d'un cycle de la PAC, avec :

- Q_f énergie transférée de l'air extérieur (source froide dans ce dispositif) au fluide de la PAC ; cette énergie est renouvelable et gratuite ;
- Q_c énergie transférée par le fluide de la PAC à l'eau du bassin de la piscine ;
- W_e énergie électrique consommée par la PAC et transférée intégralement au fluide de la PAC sous une autre forme.

Les grandeurs Q_f , Q_c et W_e sont positives.

1 - Nature des échanges thermiques

- a) Comment sont assurés les transferts thermiques entre le fluide et les sources ?
- b) Justifier le sens des changements d'état subi par le fluide dans les deux sources et indiquer quelle est la cause de ces changements d'état.

2 - Etude du cycle thermodynamique

- a) Montrer que pour un cycle du fluide, on a l'égalité $Q_c = Q_f + W_e$
- b) Montrer que pour un cycle du fluide, on a l'inégalité $Q_f / T_f - Q_c / T_c \leq 0$

- c) Etablir l'expression du coefficient de performance η en fonction de Q_c et de Q_f
- d) Exprimer la valeur maximale de ce coefficient en fonction des températures T_f et T_c et indiquer dans quelles condition cette valeur est atteinte.

3 - *Chauffage de l'eau du bassin d'une piscine.*

- a) Après remplissage d'une piscine de volume $V = 560 \text{ m}^3$ avec une eau initialement prise à une température de 17°C , on souhaite augmenter la température de l'eau de piscine jusqu'à 28°C . On considérera que le transfert thermique depuis la PAC sert intégralement à chauffer l'eau de la piscine sans déperdition. Calculer la valeur de Q_c correspondant à cette transformation.
- b) On a mesuré l'énergie électrique consommée et facturée pendant ce transfert et trouvé une valeur égale à $8,0 \times 10^9 \text{ J}$. Déterminer la valeur de Q_f
- c) Exprimer, puis calculer le coefficient de performance η de la PAC.
- d) Par rapport à un chauffage direct utilisant, par exemple, des résistances électriques, calculer le pourcentage d'économie avec une PAC de coefficient de performance $\eta = 3,0$. Conclure.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$