



## CHAUFFAGE D'UNE PISCINE

Parmi les divers équipements publics ou privés, les piscines sont souvent considérées comme énergivores. Pourtant, de nombreuses solutions techniques permettent d'optimiser la consommation d'énergie d'une piscine en agissant sur sa forme, son orientation et sur la source de production d'énergie nécessaire à son chauffage. Les pompes à chaleur sont des dispositifs désormais préconisés pour le chauffage de ces bassins d'eau.

**L'objectif de cet exercice est de répondre à la question suivante : en quoi l'utilisation d'une pompe à chaleur contribue-t-elle à apporter une solution au défi énergétique ?**

### *La pompe à chaleur*

La pompe à chaleur (PAC) est un équipement de chauffage thermodynamique à énergie renouvelable. La PAC transfère de l'énergie depuis une source renouvelable, appelée source froide, telle que l'air extérieur, l'eau (d'une nappe souterraine ou de la mer), ou la terre vers un autre milieu (un bâtiment, un logement, un bassin d'eau, etc.).

Pour exploiter ces différents gisements d'énergie renouvelable, une source d'énergie, généralement électrique, est toutefois nécessaire : aussi les PAC consomment-elles de l'électricité.

Le coefficient de performance (COP) de la PAC est plus ou moins élevé selon la technologie, la source renouvelable ou l'usage de la PAC. Plus le COP est élevé, plus la quantité d'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner la pompe est faible par rapport à la quantité d'énergie renouvelable prélevée au milieu.

Le COP d'une pompe à chaleur traduit donc la performance énergétique de celle-ci. Il est défini par le rapport de l'énergie utile fournie par la PAC sur l'énergie électrique requise pour son fonctionnement. La valeur du COP 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.

d'après : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

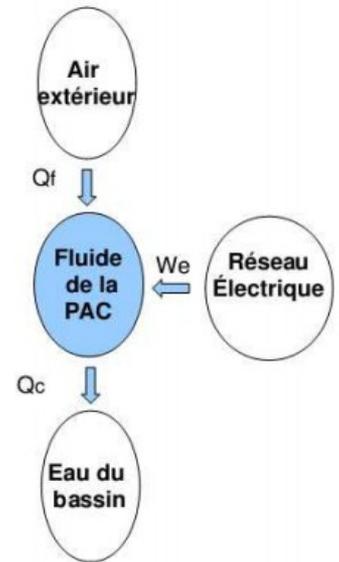
Données :

- capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_{eau} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;
- masse volumique de l'eau liquide :  $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  dans les conditions de l'étude.

Schéma énergétique de la pompe à chaleur air / eau

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.

Figure 1 : Schéma énergétique de la pompe à chaleur d'une piscine.

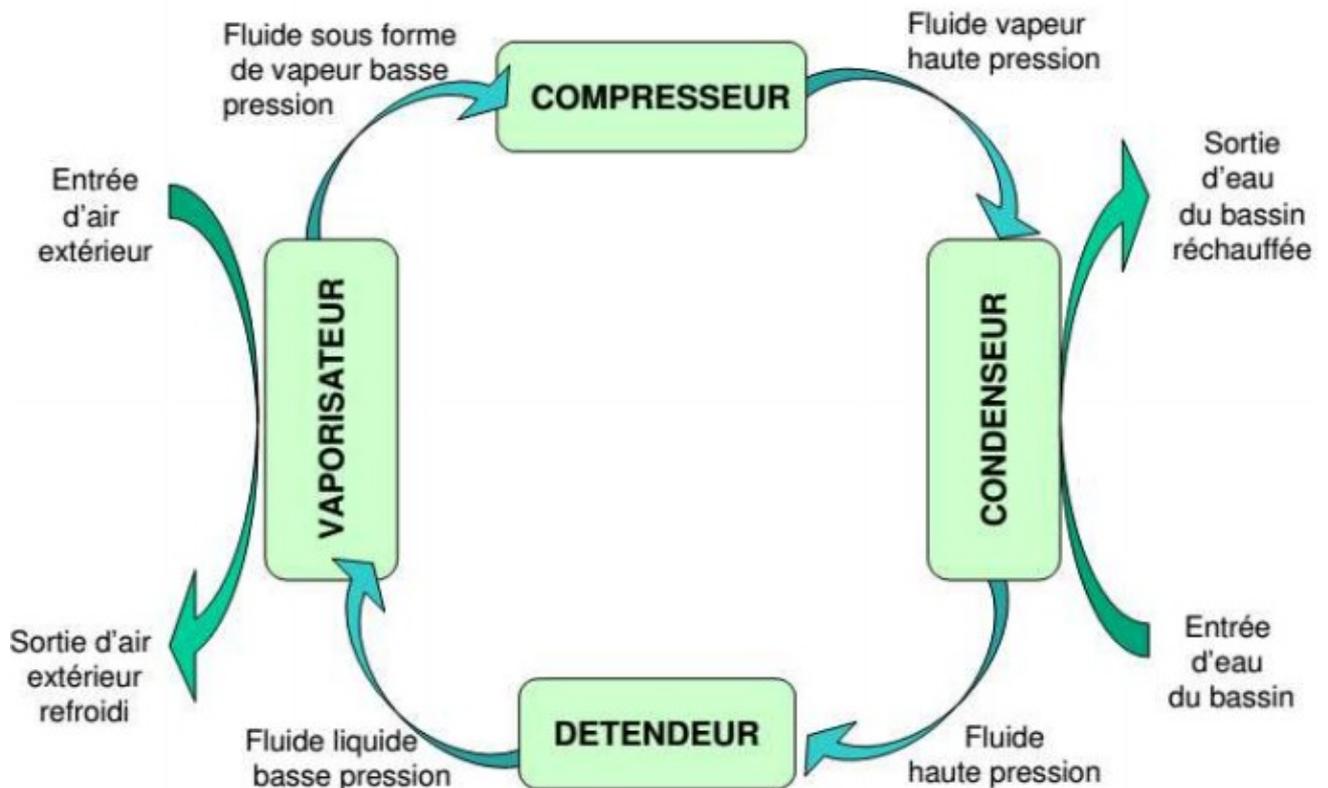


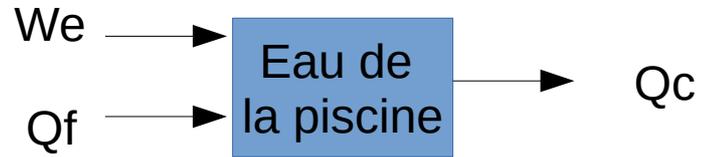
Figure 2 : Cycle du fluide frigorigène dans la PAC.

## 1. FONCTIONNEMENT GLOBAL DE LA POMPE À CHALEUR

1.1. Parmi les transferts d'énergie  $Q_c$ ,  $Q_f$  et  $W_e$ , indiquer ceux qui correspondent à une énergie reçue par le fluide de la PAC et ceux qui correspondent à de l'énergie cédée par le fluide de la PAC.

d'après la figure 1 :

- Énergie reçue : énergie électrique ( $W_e$ ) + énergie prise à l'air extérieur ( $Q_f$ )
- énergie fournie : énergie fournie à l'eau ( $Q_c$ )



1.2. Faire apparaître  $Q_f$  et  $Q_c$  sur les échanges de la figure 2

vaporisateur : échange de  $Q_f$  ; condenseur : échange de  $Q_c$

1.3 Montrer que pour un cycle du fluide, on a l'égalité  $Q_c = Q_f + W_e$ . (« traduire » en français pour plus de facilité)

la chaleur reçue par le fluide (eau de la piscine dans notre exemple) provient de la chaleur captée dans la source froide (l'air dans notre exemple) et de l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner la PAC

## 2. ÉTUDE DU FLUIDE FRIGORIGÈNE

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.

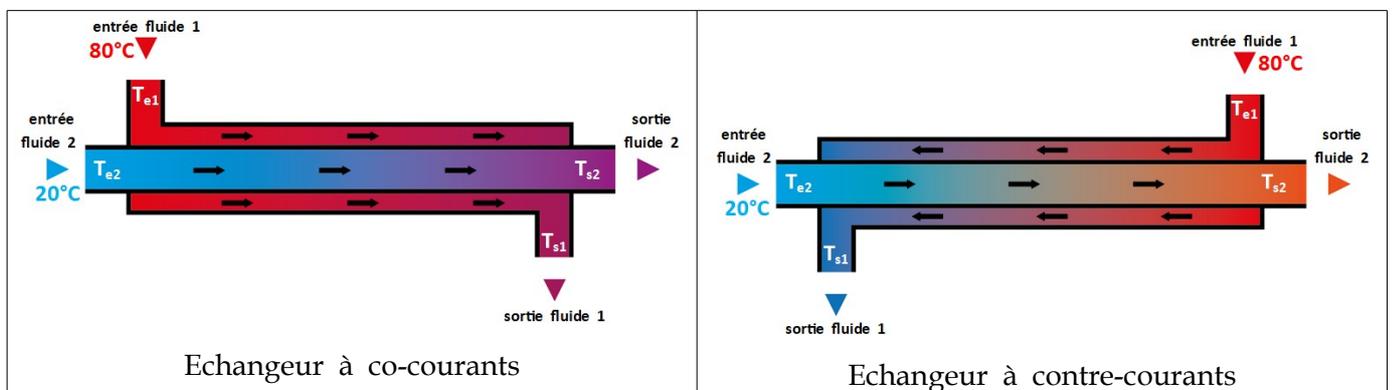
2.1. Nommer le changement d'état que subit le fluide frigorigène contenu dans la PAC lors de son passage dans le vaporisateur. Lors de ce changement d'état, le fluide frigorigène a-t-il reçu ou cédé de l'énergie ?

Dans le vaporisateur, le fluide passe de l'état de liquide à l'état de gaz. Le fluide a reçu de l'énergie

2.2. Quels sont le ou les modes de transfert d'énergie entre l'air extérieur et le fluide frigorigène ?

Transfert thermique *par conduction* : le transfert d'énergie se fait dans un échangeur thermique.

L'échange se produit dans des « chambres » calorifugées (pas d'échanges d'énergie avec l'extérieur)



Le fluide 1 joue le rôle de l'air, il rentre « chaud » et ressort « froid ».

Le fluide 2 joue le rôle de l'eau, il rentre froid et ressort plus « chaud »

rq : ne pas tenir compte des températures affichées (sources internet)



### 3. CHAUFFAGE DE L'EAU DU BASSIN D'UNE PISCINE

Après remplissage d'une piscine de volume  $V = 560 \text{ m}^3$  avec une eau initialement prise à une température de  $17^\circ\text{C}$ , on souhaite augmenter la température de l'eau de piscine jusqu'à  $28^\circ\text{C}$ . On considérera que le transfert thermique depuis la PAC sert intégralement à chauffer l'eau de la piscine sans déperdition.

3.1. Calculer l'énergie  $Q_c$  transférée par le fluide de la PAC à l'eau du bassin de la piscine quand la température de l'eau a atteint  $28^\circ\text{C}$

L'eau de la piscine ne change pas d'état.  $M = 560.10^3 \text{ kg}$

$$Q = M c \Delta T_{\text{eau}} = M c (T_C - T_F) = 560.10^3 * 4180 * (28 - 17) = 2,57.10^{10} \text{ J}$$

3.2. On a mesuré l'énergie électrique  $W_e$  consommée (et facturée) pendant ce transfert et trouvé une valeur égale à  $W_e = 8,0 \times 10^9 \text{ J}$ . Déterminer la valeur de  $Q_f$  (énergie captée à l'air extérieur).

L'énergie reçue par l'eau provient de l'électricité et de la source froide (voir question 1.1)

$$Q_f = Q_c - W_e = 2,57.10^{10} - 8,0.10^9 = 1,77.10^{10} \text{ J}$$

3.3. Exprimer, puis calculer le coefficient de performance COP de la PAC.

COP : coefficient de Performance : rapport de l'énergie utile par rapport à l'énergie que cela a coûté

$$COP = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie que cela a coûté}} = \frac{Q_c}{W_e} = \frac{2,57.10^{10}}{8.10^9} = 3,21$$

### 4. ENJEUX ÉNERGÉTIQUES

4.1. Montrer qu'avec une PAC de coefficient de performance  $COP = 3,0$ , on réalise 67 % d'économie sur sa facture en énergie électrique par rapport à un chauffage direct utilisant, par exemple, une résistance électrique.

Dans une résistance électrique, le COP est de 1 : toute l'énergie reçue est transformée en chaleur

$$COP = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie que cela a coûté}} = \frac{Q_c}{W_e} = 1$$

Dans une PAC de COP 3, si on dépense  $W_e = 100 \text{ J}$ , l'énergie utile récupérée vaut  $Q_c = 3 * W_e = 300 \text{ J}$

l'économie sera de  $Q_c - W_e = 300 - 100 = 200 \text{ J}$  ; ce qui représente une économie de

$$\frac{200}{300} = 0,67 = 67 \%$$

4.2. En conclusion, répondre en quelques lignes à la question suivante : en quoi l'utilisation de pompes à chaleur apporte-t-elle une réponse à des problématiques énergétiques contemporaines ?

**Faire installer une pompe à chaleur** est avant tout un moyen pour réduire la consommation d'énergie.

C'est aussi une opportunité pour faire la transition vers les énergies renouvelables car les stocks d'énergie fossile s'épuisent.