

1. Fonctionnement global de la pompe à chaleur

1.1. D'après le schéma de la figure 1 :

- les **énergies reçues** par le fluide de la PAC sont Q_f et W_e ;
- l'**énergie cédée** par le fluide de la PAC est Q_c .

1.2. Au cours d'un cycle du système {fluide frigorigène} de la PAC, la variation d'énergie interne est nulle : $\Delta U_{\{\text{fluide PAC}\}} = 0$. Ainsi, la somme des énergies reçues par le système est égale à l'énergie cédée soit :

$$Q_f + W_e = Q_c$$

Remarque : par convention, les énergies reçues par un système sont comptées positivement et celles cédées par le système sont comptées négativement. Pour le fluide la PAC, on aurait alors : $Q_f > 0$, $W_e > 0$ et $Q_c < 0$. La relation $\Delta U_{\{\text{fluide PAC}\}} = 0$ conduirait alors à : $Q_f + W_e + Q_c = 0$ soit $Q_f + W_e = -Q_c$ avec $Q_c < 0$. Dans l'exercice, il est indiqué que les grandeurs Q_f , Q_c et W_e sont positives : il faudrait donc écrire $Q_f + W_e - Q_c = 0$ pour obtenir la relation $Q_f + W_e = Q_c$.

2. Etude du fluide frigorigène

2.1. La figure 2 montre que le fluide frigorigène passe de l'état liquide à l'état gazeux lors de son passage dans le vaporisateur. Le changement d'état du fluide est appelé **ébullition** ou **vaporisation**.

Lors de ce changement d'état, **le fluide frigorigène a reçu de l'énergie** car l'air extérieur s'est refroidi.

2.2. Le fluide de la PAC circule dans des tuyaux sans jamais être en contact direct avec l'air extérieur. Le fluide transfère de l'énergie par conduction aux tuyaux qui suivant le même mode la transfèrent à l'air extérieur. Ainsi, parmi les modes de transfert thermique (conduction, convection et rayonnement), le mode de transfert thermique mis en jeu est la **conduction**.

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

3.1. La variation d'énergie interne de l'eau est :

$$\Delta U_{\{\text{eau}\}} = m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta U_{\{\text{eau}\}} = \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta$$

$$\text{soit : } \Delta U_{\{\text{eau}\}} = 1000 \times 560 \times 4,18 \times 10^3 \times (28 - 17) = 2,6 \times 10^{10} \text{ J.}$$

Le transfert thermique Q_c sert intégralement à chauffer l'eau de la piscine donc :

$$Q_c = \Delta U_{\{\text{eau}\}} = 2,6 \times 10^{10} \text{ J.}$$

3.2. Le fluide a reçu W_e de la part du réseau électrique et Q_f de la part de l'air extérieur. Il a cédé Q_c à l'eau du bassin.

On a : $Q_f + W_e = Q_c$ donc $Q_f = Q_c - W_e$

L'air extérieur a transféré $Q_f = 2,6 \times 10^{10} - 8,0 \times 10^9 = 1,8 \times 10^{10} \text{ J.}$

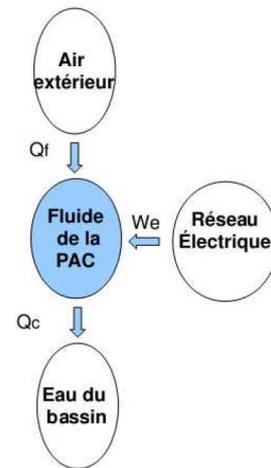
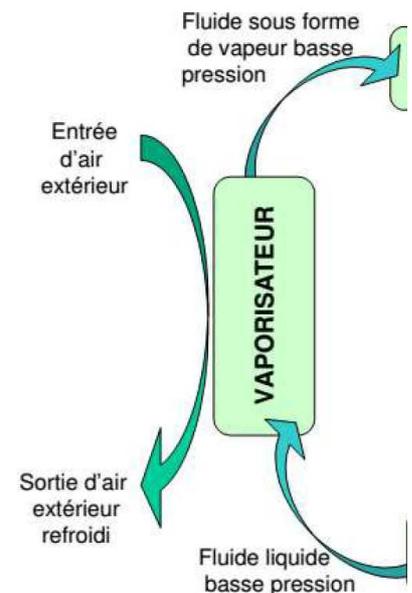


Figure 1. Schéma énergétique de la pompe à chaleur d'une piscine



3.3. Le coefficient de performance η est défini par la relation: $\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie dépensée}}$.

L'énergie utile est Q_C et l'énergie dépensée est W_e donc : $\eta = \frac{Q_C}{W_e}$

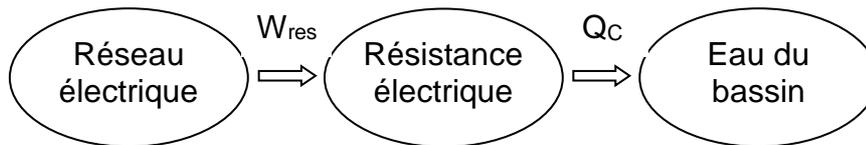
soit $\eta = \frac{2,6 \times 10^{10}}{8,0 \times 10^9} = 3,2$

Calcul effectué avec Q_C non arrondie.

La valeur de η est bien comprise entre 2,5 et 5 comme l'indique l'énoncé.

4. Enjeux énergétiques

4.1. Dans le cas d'un chauffage direct par une résistance électrique qui consommerait l'énergie électrique W_{res} pour fournir le transfert thermique Q_C , on aurait le schéma énergétique suivant :



Dans le meilleur des cas, si $\Delta U_{res} = 0$ alors : $W_{res} = Q_C$.

Pour une PAC avec $\eta = 3$ on aurait : $\eta = \frac{Q_C}{W_e} = 3,0$ soit $W_e = \frac{Q_C}{3,0} = \frac{W_{res}}{3,0}$.

Ainsi l'énergie électrique W_e consommée avec la PAC est égale au tiers soit 33 % de l'énergie W_{res} consommée par la résistance électrique. On réalise donc bien une économie de 67 % sur la facture en énergie électrique en utilisant une PAC.

4.2. Les systèmes de chauffages classiques par résistance électrique sont énergivores. Les PAC sont des alternatives intéressantes à ces systèmes de chauffage. En effet, pour un même transfert thermique, elles permettent une économie d'énergie électrique importante grâce à leur coefficient de performance élevé.

Pour leur fonctionnement, en plus d'une source d'énergie électrique, les PAC utilisent l'air extérieur comme source d'énergie thermique renouvelable et disponible gratuitement. Pour toutes ces raisons, l'Ademe encourage l'utilisation des PAC comme système de chauffage.