

EXERCICE III - L'INTÉRÊT ÉNERGETIQUE D'UNE PAC

Mots clés : bilans énergétiques, premier principe de la thermodynamique, transfert thermique, travail

Avant la commercialisation d'une pompe à chaleur (PAC), le bureau d'étude d'une entreprise de chauffage étudie son fonctionnement et ses performances.

Une PAC est un dispositif technique destinée à assurer le chauffage d'un habitat à partir d'une source externe (l'air, le sol ou l'eau) dont la température est inférieure à celle du système à chauffer. La PAC assure le transfert thermique d'un milieu froid vers un milieu chaud, c'est à dire l'inverse du sens naturel.

Pour fonctionner, la pompe à chaleur reçoit de l'énergie complémentaire. Les PAC consomment donc de l'électricité ou du gaz.

La pompe à chaleur étudiée ici (figure 1) est constituée d'un circuit fermé et étanche dans lequel circule un fluide caloporteur, à l'état liquide ou gazeux selon les organes qu'il traverse.

Le fluide caloporteur est un système physique qui prélève depuis l'air extérieur par transfert thermique, de « l'énergie aérothermique » et qui cède une quantité d'énergie, encore par transfert thermique au logement à chauffer.

Pour fonctionner, une PAC absorbe de l'énergie en recevant un travail électrique, nécessaire aux fonctionnements du compresseur, du détendeur et à la circulation du fluide caloporteur décrivant une boucle fermée appelée cycle.

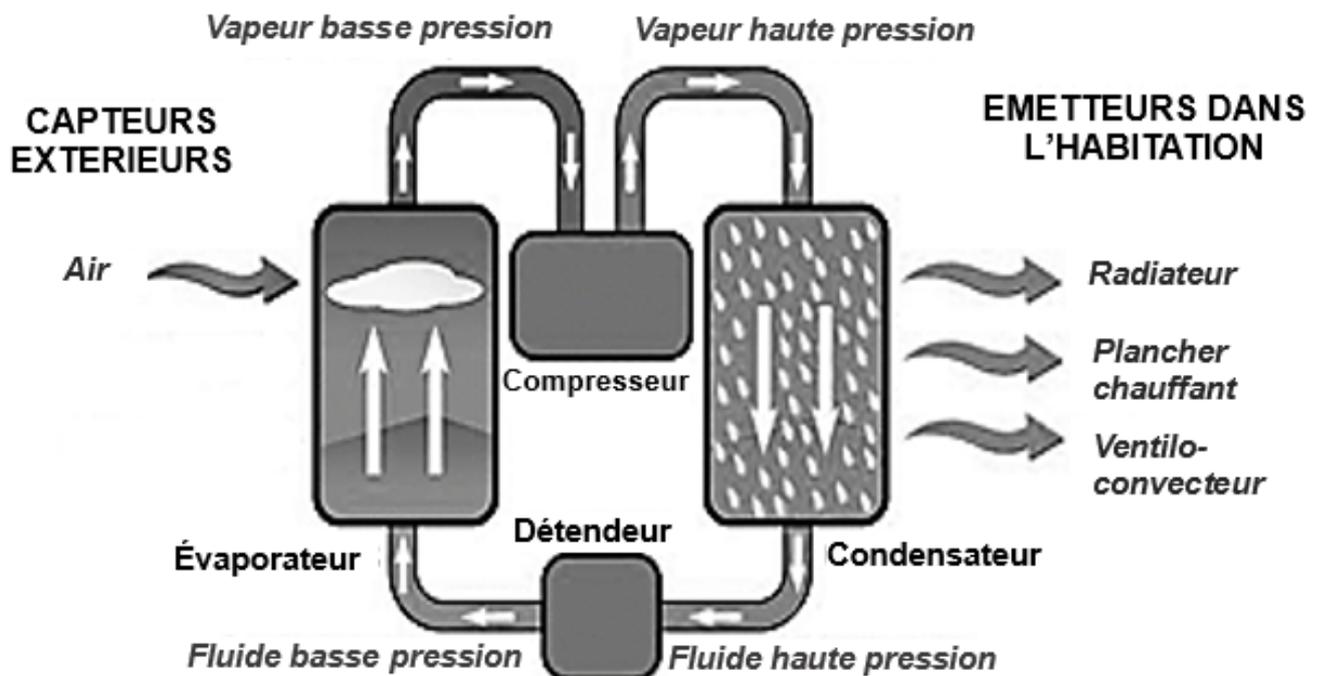


Figure 1. Fonctionnement d'une pompe à chaleur.

Le coefficient de performance, ou CoP, d'une PAC est défini comme le quotient entre la valeur absolue de l'énergie utile, c'est-à-dire la valeur du transfert thermique cédé à la source à chauffer, et l'énergie électrique consommée nécessaire à son fonctionnement. Le CoP d'une PAC dépend de la technologie employée.

Le système d'étude choisi ici est le fluide caloporteur. Il subit des cycles de transformations au cours desquels il passe successivement de l'état liquide à l'état gazeux, et inversement.

À la fin de chaque cycle parcouru, le fluide caloporteur de la PAC se retrouve dans le même état physique qu'au début du cycle, les températures et pressions sont donc les mêmes.

1. Q_F , Q_C et W_e sont les deux transferts thermiques et le travail algébriquement reçu par le fluide caloporteur, respectivement de l'air extérieur, du logement à chauffer et du réseau électrique. Recopier sur la copie le schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur (figure 2) et le compléter avec les termes suivants : source froide, source chaude, réseau électrique, Q_F , Q_C , et W_e .

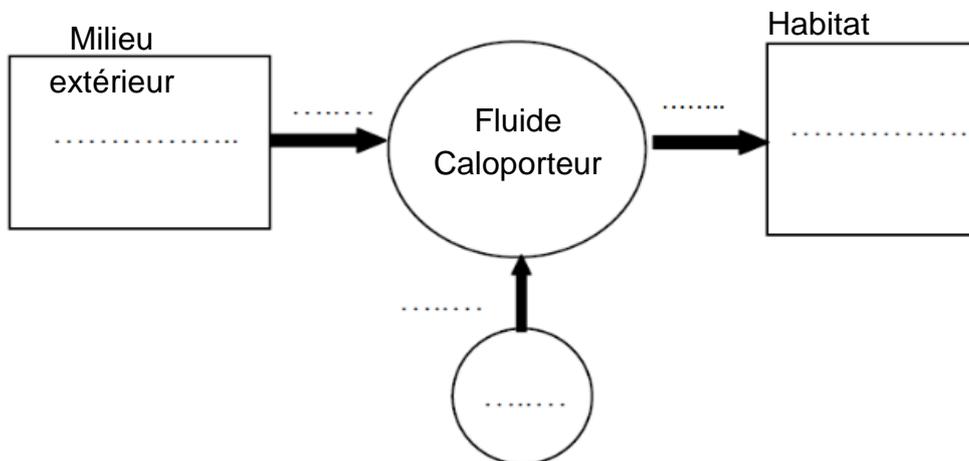


Figure 2. Schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur.

2. Indiquer, en expliquant, la valeur de la variation d'énergie interne ΔU du système {fluide caloporteur} au cours d'un nombre entier de cycles thermiques.
3. À partir du premier principe de la thermodynamique appliqué au système {fluide caloporteur}, établir la relation entre Q_F , Q_C et W_e .

La pompe à chaleur étudiée est telle que les transferts d'énergie mis en jeu au cours d'un cycle de transformations, sous forme thermique, vérifient la relation : $Q_F = \frac{-2 \times Q_C}{3}$.

4. À partir de cette dernière relation, vérifier que la valeur du CoP dans le cas étudié est égale à 3.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Le transfert thermique cédé par un radiateur électrique est considéré comme égal au travail électrique fourni.

5. En déduire l'intérêt d'une pompe à chaleur en comparant la consommation électrique d'une PAC à celle d'un radiateur électrique pour un même chauffage du logement.