

## EXERCICE II – LA THALASSOTHERMIE

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

Adaptée aux zones littorales à forte densité de population, la thalassothermie se développe en Méditerranée, mais pas uniquement. Elle est aussi présente à Biarritz, Cherbourg, Brest et Boulogne-sur-Mer. L'intérêt de ce procédé réside dans le fait qu'un faible apport d'énergie électrique à l'énergie thermique captée dans la mer, permet d'obtenir une quantité importante d'énergie issue de sources d'énergie renouvelables. Le procédé est décrit dans la figure 1.

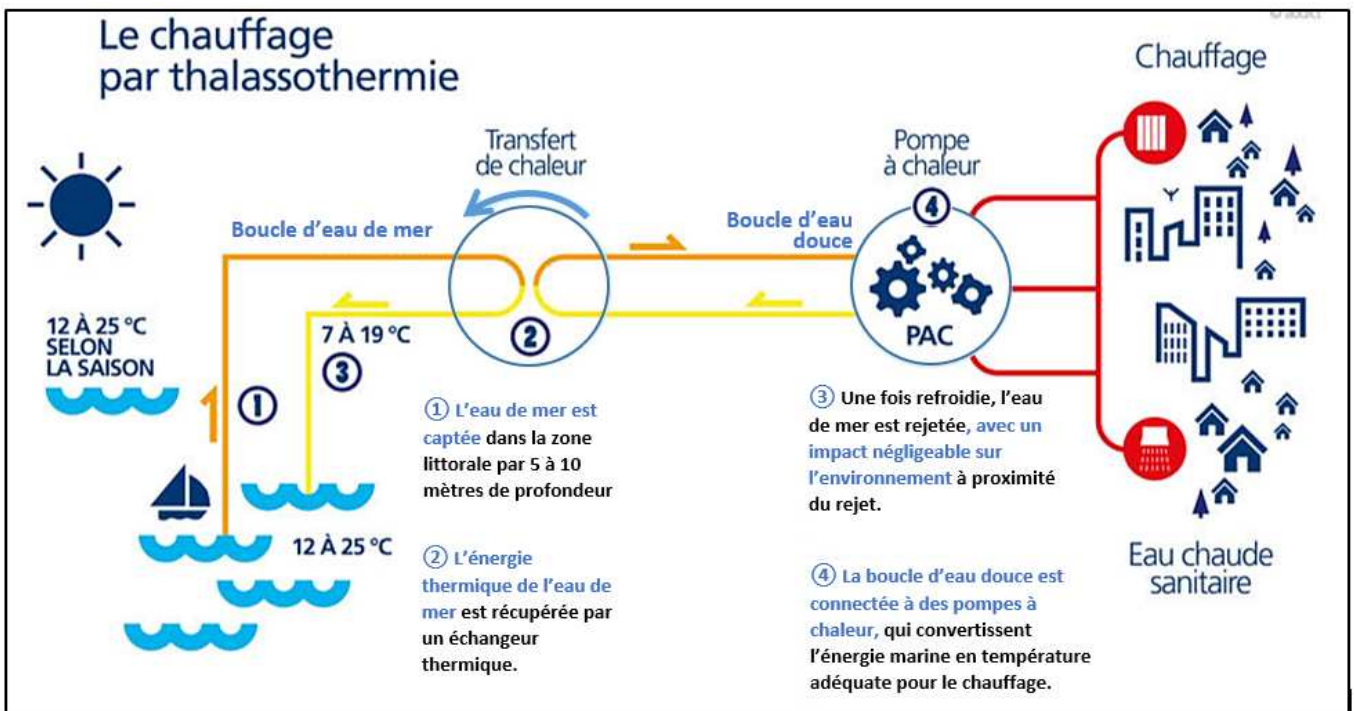


Figure 1. Présentation de la thalassothermie d'après <https://www.dalkia.fr/fr/e-mag-efficacite-energetique/thalassothermie-lor-bleu-du-littoral>

Une pompe à chaleur est un dispositif qui permet de récupérer de l'énergie d'une source sous forme de transfert de chaleur en investissant un minimum d'énergie.

À cause de son caractère corrosif, l'eau de mer ne doit pas être en contact direct avec la pompe à chaleur.

Au sein d'une pompe à chaleur, circule un fluide caloporteur. Il constitue le système de l'étude. Au cours de son mouvement dans la pompe, il passe par différents états physiques et différentes températures (voir la figure 2) :

- dans l'évaporateur, il y a un transfert d'énergie thermique  $Q_1$  vers le fluide. La température du fluide augmente. Il devient gazeux ;
- dans le compresseur, il y a un transfert d'énergie du compresseur vers le fluide sous forme de travail  $W_{el}$ . La pression augmente ce qui a pour conséquence une élévation de la température du fluide ;

- dans le condenseur, il y a un transfert d'énergie thermique  $Q_2$  vers le fluide. La température du fluide diminue. Il devient liquide ;
- dans le détendeur, la pression du fluide diminue, il redevient liquide. Sa température diminue et devient inférieure à celle de la boucle d'eau douce.

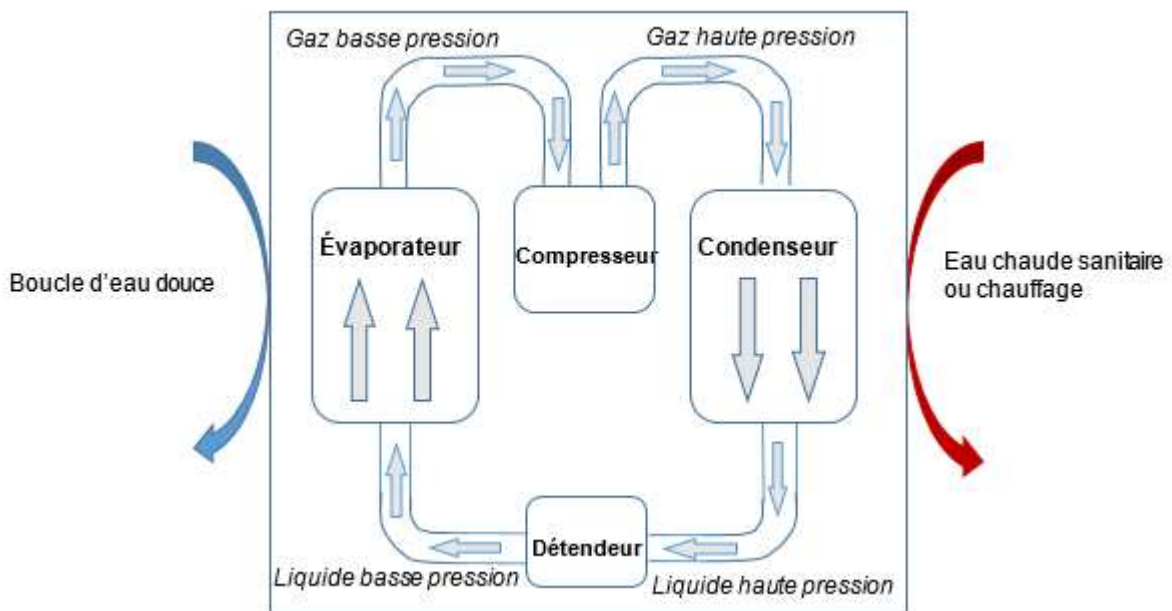


Figure 2. Schéma d'une pompe à chaleur d'après [http://www.guide-de-la-pompe-a-chaaleur.com/comprendre\\_pompe\\_chaleur/fonctionnement](http://www.guide-de-la-pompe-a-chaaleur.com/comprendre_pompe_chaleur/fonctionnement)

1. Quel est le principal mode de transfert thermique entre la pompe à chaleur et le circuit d'eau chaude sanitaire ? Le décrire de façon qualitative.
2. Représenter, sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** et à l'aide de flèches, le sens des transferts d'énergie entre les différentes parties du diagramme et faire figurer  $Q_1$ ,  $Q_2$  et  $W_{el}$ . Préciser leurs signes.

En 2013, la ville de Cherbourg a installé deux pompes à chaleur à l'eau de mer d'une puissance thermique totale de valeur  $\phi = 2,2$  MW dans la chaufferie collective d'un quartier qui compte 1 300 logements.

Le coefficient de performance (CoP) de ces pompes à chaleur est défini comme le rapport de l'énergie thermique fournie par un système technique sur l'énergie électrique investie. Dans les conditions optimales de fonctionnement, il est égal à 3,4.

On considère dans la suite de l'exercice, que :

- toute l'énergie thermique fournie par les pompes à chaleur est utilisée pour le réseau d'eau chaude sanitaire ;
- chaque logement a un ballon d'eau chaude sanitaire de 200 L ;
- le volume d'eau dans les tuyaux est négligeable devant le volume d'eau dans les ballons.

**Données :**

- masse volumique de l'eau :  $\rho_{eau} = 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- capacité calorifique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- coût de l'électricité (tarif règlementé) = 0,159 € par kW·h

Lors de la mise en route de l'installation, la température de l'eau dans le réseau d'eau chaude est de 15,2 °C.

3. Calculer la température de l'eau, considérée comme un liquide incompressible, après 5 h de fonctionnement des pompes à chaleur.

4. Calculer, en pourcentage, l'économie réalisée sur une facture électrique par rapport à l'utilisation d'un chauffe-eau électrique dont le coefficient de performance est égal à 1. Commenter.

*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.*

**EXERCICE II - LA THALASSOTHERMIE**

Question 2. Diagramme énergétique de la P.A.C.

