

10 POMPES À CHALEUR ET COMPRESSION MÉCANIQUE DE VAPEUR

10.1 POMPES À CHALEUR

Dans un cycle frigorifique, l'effet utile est l'extraction de chaleur à l'évaporateur. On peut aussi concevoir une machine dont l'effet utile est le chauffage, par valorisation de la chaleur disponible au condenseur. On appelle pompe à chaleur (PAC) ou thermopompe une telle machine, dont le cycle est très semblable à ceux utilisés en réfrigération. Il en diffère simplement par les niveaux de température, et donc par le fluide de travail.

Pour la pompe à chaleur, on définit un COefficient de Performance en chauffage COP_c :

$$COP_c = \frac{-Q_c}{\tau_c} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = 1 + COP_f \quad (10.1.1)$$

En effet, le premier principe indique que se retrouvent au condenseur toutes les énergies mises en jeu, c'est-à-dire l'énergie thermique prélevée sur la source froide, et l'énergie mécanique de compression.

Les pompes à chaleur permettent ainsi de rehausser le niveau de température d'une source froide avec un excellent rendement, dans la mesure où l'écart de température n'est pas trop important.

Ce mode de chauffage est très séduisant si l'on dispose d'une source de chaleur gratuite à un niveau de température suffisant. Pour le chauffage des locaux, il présente cependant un inconvénient : le COP_c baisse au fur et à mesure que les besoins de chauffage augmentent, car l'écart de température entre la source froide et le chauffage croît simultanément.

Les domaines d'utilisation des pompes à chaleur dans l'industrie sont les suivants, T_e et T_c étant respectivement les températures d'évaporation et de condensation :

- $T_e < 20 \text{ °C}$, $T_c < 80 \text{ °C}$: ce sont des pompes à chaleur classiques standard, commercialisées et disponibles sur catalogue ;
- $20 \text{ °C} < T_e < 80 \text{ °C}$, $T_c < 130 \text{ °C}$: il s'agit ici de pompes à chaleur spécifiques, quoique dérivées du matériel frigorifique, mais adaptées à des températures de fonctionnement plus élevées ;
- pour des températures plus élevées, ce type de matériel ne convient plus. La compression mécanique de vapeur étudiée section 10.2 peut être une solution, si la source froide se présente sous forme de vapeur.

Les compresseurs utilisés en pratique sont de trois types : à piston ($P < 200 \text{ kW}$), à vis ($100 \text{ kW} < P < 1 \text{ MW}$), ou centrifuges ($P > 800 \text{ kW}$).

Actuellement, les principaux débouchés des pompes à chaleur dans l'industrie concernent le séchage des produits thermosensibles ou à migration d'humidité lente, et la récupération d'énergie dans les usines où existent des besoins simultanés et comparables de chaud et de froid.

Étant donné que le cycle d'une pompe à chaleur est semblable à celui d'un climatiseur, il est possible de concevoir des machines réversibles capables de fournir ces deux fonctions. C'est ainsi que, dans le secteur résidentiel et tertiaire, le marché principal des pompes à chaleur correspond au cas où elles peuvent être utilisées l'hiver pour faire du chauffage, et l'été comme climatiseurs. Au Japon par exemple, où les conditions climatiques s'y prêtent particulièrement bien, plusieurs millions de pompes à chaleur réversibles sont utilisées.

Tout le problème pour pouvoir utiliser une pompe à chaleur est de disposer d'une source froide gratuite à un niveau de température convenable et en quantité suffisante. Pour le chauffage des locaux, diverses solutions sont possibles :

- un cours d'eau, un lac ou la mer ;
- le sol autour d'un pavillon, auquel cas l'évaporateur est enterré ;
- un doublet géothermique pour alimenter un réseau de chauffage, comme par exemple pour le chauffage de la Maison de la Radio à Paris ;
- des effluents gazeux ou liquides dans des immeubles résidentiels ou des usines ;
- l'air extérieur, mais des problèmes de givrage des évaporateurs existent lorsque la température de l'air est comprise entre 0 °C et 5 °C.

Le dégivrage peut prendre des formes diverses :

- soufflage d'air chaud ;
- chauffage par résistances électriques ;
- circulation des gaz chauds par *by-pass* des gaz sortant du compresseur ;
- inversion de cycle par inversion des rôles du condenseur et de l'évaporateur.

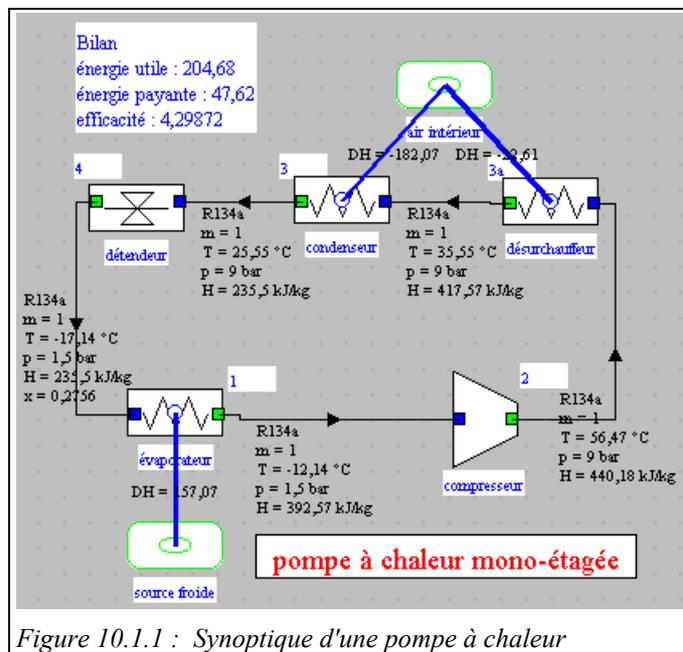


Figure 10.1.1 : Synoptique d'une pompe à chaleur

10.1.1 CYCLE DE BASE

Le synoptique d'une pompe à chaleur est donné figure 10.1.1, et son cycle est représenté dans un diagramme entropique figure 10.1.2 (exemple 10.1.1).