

POMPE A CHALEUR (petit calcul)

Soient :

- 1) - Température ($T_c = 18^\circ\text{C}$) d'un local et température extérieure ($T_f = +5^\circ\text{C}$)
 - La puissance thermique perdue est de $P_{th} = 10 \text{ kW}$

On utilise le bois comme combustible

Or La combustion d'un m^3 de bois fournit $1,5 \cdot 10^{10}$ joules.

Le volume V_1 de bois à utiliser chaque jour pour compenser les pertes thermiques est donc:
 $V_1 = 24 \times 3600 \times 10^4 / 1,5 \cdot 10^{10} = 0,058 \text{ m}^3/\text{jour}$ (ce qui représente $241,7 \text{ kWh (th)}$ par jour)

- 2) Utilisons une pompe à chaleur réversible fonctionnant entre l'extérieur et le local et calculons le coefficient de performance (COP) ou coefficient d'efficacité "e" de cette pompe à chaleur :
 $|Q_c/W| = \text{gain de chaleur sur dépense de travail}$

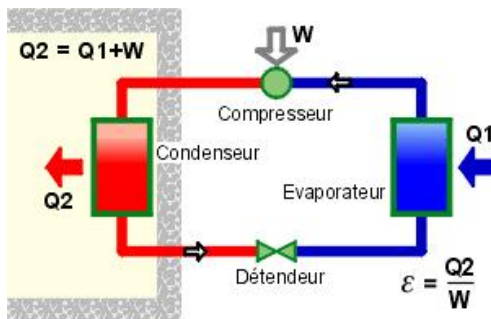
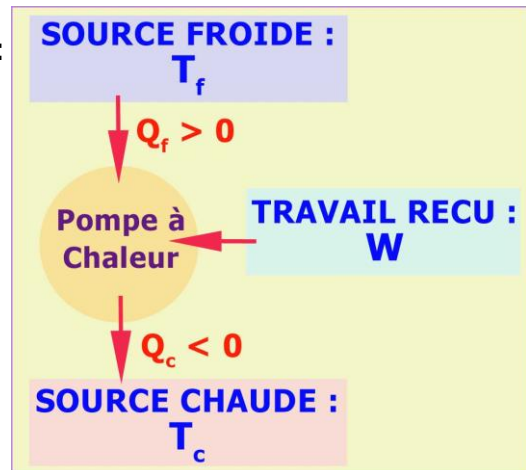


Schéma :



- le premier principe dit : $W + Q_f + Q_c = 0$ sur le cycle.

- le second principe dit : $Q_f/T_f + Q_c/T_c \leq 0$ sur le cycle.

d'où : $-(W + Q_c)/T_f + Q_c/T_c \leq 0$ et $Q_c[1/T_c - 1/T_f] \leq W/T_f$

ce qui entraîne : $Q_c/W \leq 1/T_f \times 1/[1/T_c - 1/T_f] \leq T_c/T_f - T_c$

Or Q_f est positif, le réfrigérateur doit retirer de la chaleur à la source froide que l'on veut refroidir ; de plus : $T_f < T_c$ d'où l'expression entre crochets est négative.

Donc W (travail reçu) est positif et Q_c est négative (chaleur cédée à la source chaude)

- le coefficient d'efficacité, notée e, (réversibilité) = gain / dépense

= | chaleur cédée au local divisée | / par le travail reçu.

$e = -Q_c/W \leq T_c/|T_f - T_c| = T_c/T_c - T_f = 291/13 = 22,4$

- Calculons l'énergie électrique (travail) fourni chaque jour pour compenser les pertes :

$10^4 \times 24 \times 3600 / 22,4 = 3,86 \cdot 10^7 \text{ J} = 1,07 \cdot 10^4 \text{ Wh} = 10,7 \text{ kWh}$ par jour

- En faisant le rapport de la puissance thermique perdue par jour et compensée par le bois on trouve bien : $(10 \text{ kWh} \times 24) / 10,7 \text{ kWh} = 22,4$!!! coefficient d'efficacité ; on consomme 22,4 fois moins d'énergie pour maintenir le local à 18° ayant $+5^\circ$ à l'extérieur avec une pompe à chaleur (pas de manipulation de bois celui-ci étant remplacé par les calories puisées gratuitement dans l'air "frais") fonctionnant toutefois à l'électricité (nécessité d'avoir une source électrique).

3) Et quel COP pratique (Coefficient de Performance ou Coefficient d'efficacité) ?

En pratique, plusieurs éléments vont faire chuter la performance :

- Il existe un écart de température entre le fluide frigorigène et les sources.

Par exemple : si $T^{\circ}\text{ext} = 0^{\circ}\text{C}$, $T^{\circ}\text{évaporateur} = \dots - 8^{\circ}\text{C} \dots$ et si $T^{\circ}\text{chauff.} = 40^{\circ}\text{C}$,
 $T^{\circ}\text{condenseur} = \dots 48^{\circ}\text{C} \dots$ d'où $= (273 + 48) / (273 + 48 - 273 - (-8)) = 5,7$.

Le coefficient de convection entre l'eau et l'évaporateur étant nettement meilleur que le coefficient de convection entre l'air et l'échangeur, on aura tendance à privilégier les PAC eau/eau et eau/air. Encore faut-il avoir une rivière au fond de son jardin ou une nappe phréatique sur laquelle il est possible de puiser (autorisation obligatoire) ; en général, il faudra se résoudre à prendre l'air extérieur comme source froide.

- Or dans ce cas, si la $T^{\circ}\text{ext} < 5^{\circ}\text{C}$, alors $T^{\circ}\text{fluide évaporateur} = 0^{\circ}\text{C}$. Dès lors, du givre apparaît sur les ailettes, la glace bouche l'échangeur extérieur, d'où nécessité de dégivrer (soit un courant électrique est envoyé sur l'échangeur pour faire fondre la glace, soit le cycle est inversé et des gaz chauds sont envoyés dans l'évaporateur).

Avec la consommation de dégivrage, l'indice de performance moyen diminue fortement.

- Lorsque la température de l'air extérieur descend sous 0°C , le compresseur a de plus en plus de mal à fonctionner : la puissance délivrée au condenseur de la pompe à chaleur devient très faible et il faut parfois ajouter des résistances de chauffage électrique directe à l'installation .

Paradoxe malheureux, c'est quand il fait très froid que l'habitation demandera le plus de puissance , et que la pompe à chaleur lui en donnera le moins !

- Il y a nécessité de faire fonctionner les ventilateurs des sources froides et chaudes, d'où une consommation électrique supplémentaire de ces auxiliaires.

Exemple.

Voici les spécifications techniques d'un climatiseur réversible présent sur le marché. En hiver, ce climatiseur peut fournir de la chaleur au local : il fonctionne alors en mode "pompe à chaleur".

Unité intérieure		FHYB35FJ	
Unité extérieure		RY35D7	
Puissance frigorifique	kcal/h	3100	
	Btu/h	12300	
	kW	3,60	
Puissance calorifique	kcal/h	3500	
	Btu/h	14000	
	kW	4,10	
Puissance absorbée	Rafraichissement	kW	1,51
	Chauffage	kW	1,33

On y repère :

- **l'efficacité frigorifique, E.F., ou COP froid** (coefficient de performance en froid) :
 puissance frigorifique / puissance absorbée = $3,6 \text{ kW} / 1,5 \text{ kW} = 2,4$

- **l'indice de performance (du transfert) au condenseur ϵ** :

puissance calorifique (au condenseur) / puissance absorbée = $4,1 \text{ kW} / 1,3 \text{ kW} = 3,2$

Attention ! Ce coefficient est obtenu dans des conditions très favorables ! En petits caractères, le fabricant précise qu'il s'agit de valeurs obtenues pour 7°C extérieur... Cette performance va s'écrouler en période plus froide. En réalité, c'est le rendement moyen saisonnier qui nous intéresse... mais celui-ci n'est jamais donné puisqu'il dépend des conditions d'exploitation.