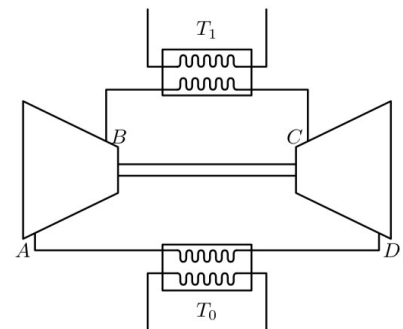


Pompe à chaleur:

Une pompe à chaleur effectue le cycle de Joule inversé suivant :

- * L'air pris dans l'état A de température T_0 et de pression P_0 est comprimé suivant une adiabatique quasi statique (ou réversible) jusqu'au point B où il atteint la pression P_1 .
- * Le gaz se refroidit à pression constante et atteint la température finale de la source chaude, T_1 , correspondant à l'état C.
- * L'air est ensuite refroidi dans une turbine suivant une détente adiabatique quasi statique (ou réversible) pour atteindre l'état D de pression P_0 .
- * Le gaz se réchauffe enfin à pression constante au contact de la source froide et retrouve son état initial A.



On considère l'air comme un gaz parfait de coefficient $\gamma = 1,4$.

On posera $\beta = 1 - \gamma^{-1}$ et $a = \frac{P_1}{P_0}$.

Pour les applications numériques, on prendra :

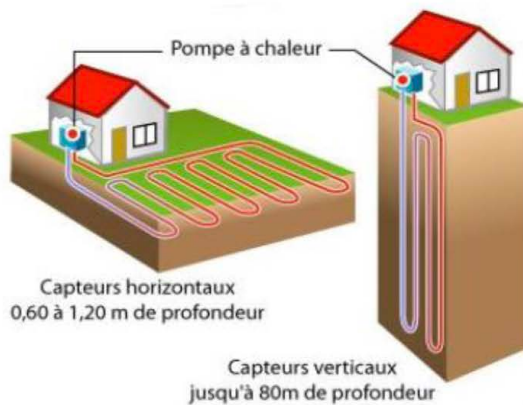
$T_0 = 283 \text{ K}$ (10°C), $T_1 = 298 \text{ K}$ (25°C), $a = 5$, $R = 8,31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ (constante des gaz parfaits).

- 1) Représenter le cycle parcouru par le fluide dans un diagramme de Clapeyron (P, V).
- 2) Donner les conditions d'application des équations de Laplace.
- 3) Exprimer les températures T_B et T_D en fonction de T_0 , T_1 , a et β . Calculer leurs valeurs.
- 4) Définir l'efficacité de la pompe à chaleur à partir des quantités d'énergie échangées au cours du cycle. Montrer qu'elle s'exprime seulement en fonction de a et β . Calculer sa valeur.
- 5) Quelles doivent être les transformations du fluide si on envisage de faire fonctionner la pompe à chaleur suivant un cycle de Carnot réversible entre les températures T_0 et T_1 ? Etablir l'expression de son efficacité en fonction de T_0 et T_1 . Calculer sa valeur.
- 6) Comparer les valeurs obtenues pour e et e_C . Interpréter la différence observée.
- 7) Donner l'expression de l'entropie créée, si, pour une mole d'air mise en jeu dans le parcours du cycle de Joule inversé, en fonction de $x = T_0 a^\beta / T_1$, R et β . Etudier le signe de cette expression pour $x \geq 0$. Calculer sa valeur.
- 8) La pompe à chaleur envisagée est utilisée pour chauffer une maison. Sachant qu'en régime permanent les fuites thermiques s'élèvent à $Q_f = 20 \text{ kW}$, calculer la puissance mécanique du couple compresseur-turbine qui permet de maintenir la maison à température constante.

9) Une pièce est maintenue à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ par chauffage, l'atmosphère extérieure étant à $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. En régime permanent, les pertes thermiques sont de 4 kJ par seconde.

- Quelle serait la puissance nécessaire à un radiateur électrique pour ce chauffage ?
- On utilise une pompe à chaleur réversible, calculer son efficacité et en déduire la puissance couteuse qui amènerait au même résultat ?

Se chauffer avec une pompe à chaleur



Pompe à chaleur sol : géothermie

Une pompe à chaleur capte les calories présentes naturellement dans l'environnement et, grâce à un compresseur, les porte à une température plus élevée qu'elle diffuse ensuite dans la maison. La pompe fonctionne à l'électricité, mais elle consomme peu : vous économisez jusqu'à 60 % sur votre facture de chauffage. Une pompe à chaleur peut puiser son énergie dans l'eau, le sol ou l'air. Une pompe à chaleur dite géothermique puise la chaleur contenue dans le sol.

Il est possible d'envisager l'installation d'une telle pompe à chaleur pour maintenir la température de la maison à $T_c = 290\text{ K}$ alors que la température des capteurs verticaux en sous-sol est d'environ $T_f = 280\text{ K}$. On a donc affaire à une machine ditherme. Le fluide utilisé est souvent le R-134a

- Représenter la chaîne énergétique du système global {pompe à chaleur et sources thermiques} : les transferts seront notés W (travail électrique), Q_f (transfert thermique échangé avec la source froide), Q_c (transfert thermique échangé avec la maison). Préciser les signes des grandeurs W , Q_f et Q_c .
- Ecrire deux relations entre W , Q_c et/ou Q_f traduisant les deux principes de la thermodynamique.
- Montrer que le COP de la pompe à chaleur est inférieur ou égal à un COP maximal dont on donnera l'expression en fonction des températures à l'intérieur et à l'extérieur de la maison.
- Calculer numériquement ce COP maximal. Commenter le résultat.