3.4 Machines thermiques-Exercice 10

Une pompe à chaleur, alimentée par une puissance électrique P, fonctionne avec l'atmosphère à la température T_F. Cette pompe maintient à la température $T_C > T_F$ une pièce d'habitation.
Cette pièce est mal isolée thermiquement : la puissance thermique des pertes vaut $\alpha(T_C - T_F)$ où α est une constante.

1. Faire un schéma indiquant le principe général d'une machine thermique ditherme du type « pompe à chaleur ». Préciser le signe des échanges énergétiques du fluide circulant dans la pompe à chaleur.

2. Ecrire le premier principe de la thermodynamique pour le fluide de la pompe à chaleur, lors d'un cycle de durée τ.

3. Sans faire d'hypothèse sur le fonctionnement réversible ou non de la pompe à chaleur, écrire le second principe de la thermodynamique pour le fluide lors d'un cycle.

4. Ecrire le premier principe de la thermodynamique pour la pièce.

5. Calculer la température T_C de la pièce :

   a) Si la pompe fonctionne réversiblement.

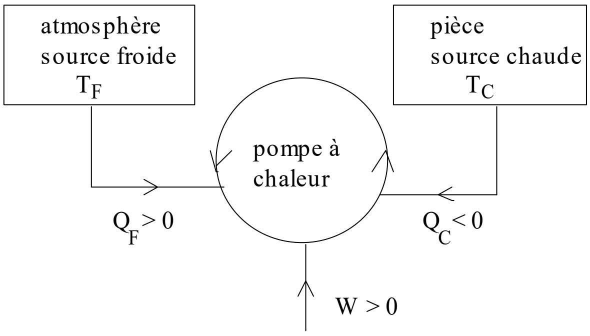
   b) Si la pompe fonctionne irréversiblement, l'entropie créée par unité de temps étant égale à $\frac{1}{10}\frac{P}{T_F}$.

6. Calculer numériquement T_C avec : $T_F = 283$ K ; $\alpha = 10^3$ W.K^{-1} ; $P = 1$ kW
   Commenter.

7. Calculer l'efficacité de la pompe à chaleur dans chacun des deux cas.

3.4 Machines thermiques-Exercice 10

1.



2. $W = P\tau$ donc le premier principe donne : $\boxed{P\tau + Q_C + Q_F = 0}$

3. $\Delta S = 0 = S_{échange} + S_{création}$ d'où : $\boxed{\dfrac{Q_C}{T_C} + \dfrac{Q_F}{T_F} + S_{création} = 0}$

4. Pour la pièce en régime stationnaire : $\Delta U = 0 = -Q_C - \alpha(T_C - T_F)\tau$ donc : $\boxed{Q_C = -\alpha(T_C - T_F)\tau}$

5. a) Pour un fonctionnement réversible : $S_{création} = 0$ d'où : $Q_F = -\dfrac{T_F}{T_C} Q_C = \alpha \dfrac{T_F}{T_C}(T_C - T_F)\tau$

Puis : $P\tau - \alpha(T_C - T_F)\tau + \alpha \dfrac{T_F}{T_C}(T_C - T_F)\tau = 0$ d'où : $T_C^2 - (2T_F + \dfrac{P}{\alpha})T_C + T_F^2 = 0$

La solution est : $\boxed{T_C = \dfrac{\dfrac{P}{\alpha} + 2T_F + \sqrt{\dfrac{P^2}{\alpha^2} + 4\dfrac{PT_F}{\alpha}}}{2}}$

b) Pour un cycle : $S_{création} = \dfrac{1}{10}\dfrac{P}{T_F}\tau$ d'où : $Q_F = -\dfrac{T_F}{T_C}Q_C - T_F S_{création} = \alpha \dfrac{T_F}{T_C}(T_C - T_F)\tau - \dfrac{P}{10}\tau$

Puis : $P\tau - \alpha(T_C - T_F)\tau + \alpha \dfrac{T_F}{T_C}(T_C - T_F)\tau - \dfrac{P}{10}\tau = 0$

Soit : $0{,}9P - \alpha(T_C - T_F) + \alpha \dfrac{T_F}{T_C}(T_C - T_F) = 0$ d'où : $T_C^2 - (2T_F + \dfrac{0{,}9P}{\alpha})T_C + T_F^2 = 0$

La solution est : $\boxed{T_C = \dfrac{\dfrac{0{,}9P}{\alpha} + 2T_F + \sqrt{\dfrac{(0{,}9P)^2}{\alpha^2} + 4\dfrac{0{,}9PT_F}{\alpha}}}{2}}$

6. A.N : $T_C = 300{,}3$ K pour le cas réversible ; $T_C = 299{,}4$ K pour le cas irréversible. On perd environ un degré.

7. efficacité $\boxed{e = \dfrac{-Q_C}{W} = \dfrac{\alpha(T_C - T_F)}{P}}$

A.N : e = 17,3 pour le cas réversible ; e =16,4 pour le cas irréversible

---