3.4 Machines thermiques-Exercice 5

Une machine frigorifique fonctionne selon un cycle de Carnot entre deux sources de chaleur aux températures T_C et T. La source chaude de température T_C constante est l'atmosphère que l'on considère comme un thermostat. La source froide est une masse m d'eau de capacité thermique massique c_{eau}, à la température T, que l'on souhaite congeler.
Le compresseur de la machine frigorifique fournit au fluide frigorigène une puissance P lors de la compression de ce fluide supposée isentropique.

a-• Donner le principe de fonctionnement de la machine frigorifique.

• Représenter dans un diagramme de Clapeyron le cycle de Carnot effectué par le fluide frigorigène et préciser son sens de parcours.

b-• Déterminer l'efficacité η de la machine frigorifique en fonction des températures T_C et T.

• En déduire l'expression de la puissance frigorifique Φ de cette machine en fonction de P et des températures T_C et T.

c-• Entre les instants t et t + dt, déterminer le transfert thermique élémentaire δQ effectué entre la machine frigorifique et la masse d'eau en fonction de Φ puis des températures T_C et T.

• En déduire le temps t nécessaire pour amener l'eau de la température $T = T_C$ à la température de solidification de l'eau $T = T_f$ (On considère en première approximation que la température de l'eau reste homogène au cours du refroidissement).

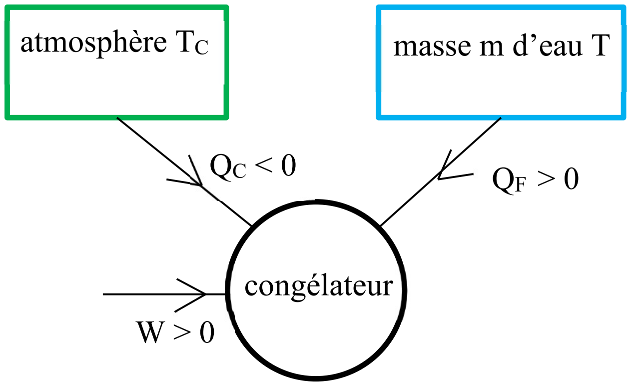
• A.N : $P = 500$ W, m = 10 kg, $c_{eau} = 4{,}18.10^3$ J.kg^{-1}.K^{-1}, $T_C = 293$ K, $T_f = 273$ K

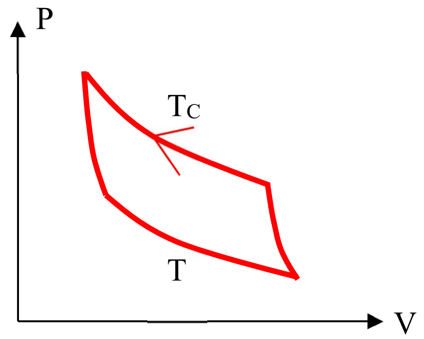
d-L'efficacité d'une machine frigorifique réelle est de l'ordre de $\eta = 5$. Déterminer dans ce cas le temps réel pour atteindre la température de congélation de la masse d'eau.

3.4 Machines thermiques-Exercice 5

---

a-





- Cycle récepteur donc parcouru dans le sens trigonométrique.

b-• Premier principe pour le fluide du congélateur : $0 = W + Q_C + Q_F$

Deuxième principe pour le fluide du congélateur : $0 = \frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_F}{T}$

Efficacité : $\eta = \frac{Q_F}{W} = \frac{Q_F}{-Q_F - Q_C} = \frac{1}{-1-\frac{Q_C}{Q_F}} = \frac{1}{-1+\frac{T_C}{T}}$ donc : $\boxed{\eta = \frac{T}{T_C - T}}$

- La puissance frigorifique Φ est associée à Q_F, on peut réécrire : $\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{T}{T_C - T}$ => $\boxed{\Phi = \frac{T}{T_C - T}P}$

c-• $\boxed{\delta Q = \delta Q_{machine \to eau} = -\delta Q_F = -\Phi dt}$ et aussi : $\boxed{\delta Q = \delta Q_{machine \to eau} = mc_{eau} dT}$

- En égalant les deux expressions : $mc_{eau} dT = -\Phi dt$ => $mc_{eau} dT = -\frac{T}{T_C - T} P dt$

$$=> dt = \frac{mc_{eau}}{P}(1 - \frac{T_C}{T})dT$$

En intégrant entre l'état initial et l'état final : $\boxed{t = \frac{mc_{eau}}{P}(T_f - T_C - T_C \mathrm{Ln}\frac{T_f}{T_C})}$

- A.N : <u>t = 60 s</u>

d-On suppose maintenant que l'efficacité η est constante.

On a : $mc_{eau} dT = -\Phi dt = -\eta P dt$ => $dt = -\frac{mc_{eau}}{\eta P} dT$

En intégrant entre l'état initial et l'état final : $\boxed{t = -\frac{mc_{eau}}{\eta P}(T_f - T_C)}$

A.N : <u>t = 334 s</u>
