## Réfrigérateur de Carnot

On considère une machine frigorifique qui effectue un cycle de Carnot : deux phases isothermiques et deux phases isentropiques. L'air ambiant est considéré comme une source chaude à la température constante $T_c = 293$ K, et la source froide à refroidir est une masse $m = 10$ kg d'eau de capacité calorifique massique $c = 4,18$ kJ·kg$^{-1}$ qui est à la température $T$. Le compresseur apporte une puissance $\mathcal{P} = 500$ W à la machine thermique.

1) Expliquer le principe d'une machine frigorifique.

2) Dessiner le diagramme de Clapeyron du cycle.

3) Exprimer puis calculer l'efficacité $e_c$ de la machine frigorifique en fonction de $T_c$ et $T_f = 273$ K (température de la source froide en régime permanent).

4) Justifier que le flux thermique prélever à la masse d'eau vaut :

$$\phi = \mathcal{P}\,\frac{T}{T_c - T}$$

En déduire le transfert thermique $\delta Q$ reçu par l'eau entre les instants $t$ et $t + dt$.

5) Calculer la durée $\Delta t$ pour que l'eau passe de la température $T_c$ à une température $T_f$.

Correction

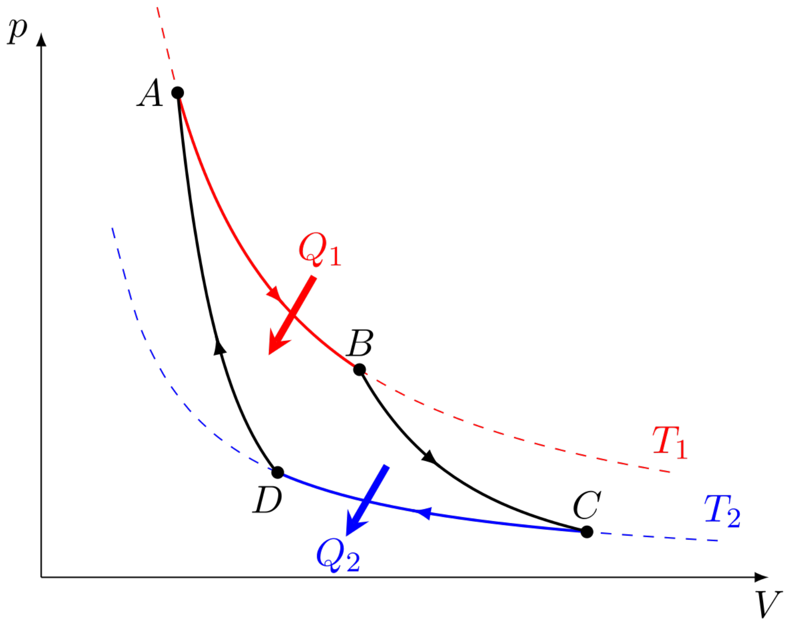


Une question ? Un soucis de QRCode ? nicolasperrissin@gmail.com

## Correction

1) On fournit du travail mécanique à la machine ($W > 0$) afin de créer un flux thermique du froid ($Q_f > 0$) vers le chaud ($Q_c < 0$), ie. dans le sens inverse du flux « naturel ».

2)




3) Par définition :

$$\boxed{e_c = \frac{Q_f}{W} = -\frac{Q_f}{Q_f + Q_c}}$$

Or, le cycle étant réversible :

$$\Delta S = 0 = S_e = \frac{Q_f}{T_f} + \frac{Q_c}{T_c} \quad \Rightarrow \quad \frac{Q_c}{Q_f} = -\frac{T_c}{T_f}$$

Donc :

$$\boxed{e_c = -\frac{1}{1 + Q_c/Q_f} = -\frac{1}{1 - T_c/T_f} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = 13,65}$$

4) La masse d'eau de température $T(t)$ jouant le rôle de source froide, l'efficacité à l'instant $t$ vaut :

$$e = \frac{T}{T_c - T}$$

Cette efficacité est toujours définit comme le rapport entre la chaleur prélevée à la source froide (reçue par le fluide caloporteur) et le travail moteur, ce qui donne en terme de puissance :

$$e = \frac{Q_f}{W} = \frac{\phi}{\mathcal{P}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\phi = \mathcal{P}\,\frac{T}{T_c - T}}$$

Le transfert thermique reçu par l'eau est égal à l'opposé du transfert thermique prélevée à l'eau. Ainsi :

$$\boxed{\delta Q = -\mathcal{P}\,\frac{T}{T_c - T}\,dt}$$

5) On applique le premier principe sur le la masse d'eau.

$$dH = mc\,dT = \delta Q \quad \Rightarrow \quad dt = \frac{mc}{\mathcal{P}}\left(\frac{T_c}{T} - 1\right) dT$$

On intègre entre l'instant initial et l'instant final :

$$\boxed{\Delta t = \frac{mc}{\mathcal{P}} \int_{T_f}^{T_c} \left(\frac{T_c}{T} - 1\right) dT = \frac{mc}{\mathcal{P}}\left(T_c \ln\left(\frac{T_c}{T_f}\right) - T_c + T_f\right) = 60\text{ s}}$$