

Moteur $\Rightarrow$ Sens horaire !

Machines Thermiques

Pour un système fermé, U et S sont des fonctions d'état.

Ainsi, sur un cycle on a toujours $\oint_C dU = 0$ et $\oint_C dS = 0$

et donc $\boxed{\Delta U = 0 \text{ et } \Delta S = 0}$

Ce n'est pas le cas pour W et Q

Néanmoins pour une transfo réversible : $\delta Q_{\text{rev}} = T dS$

donc $\boxed{Q_{\text{rev}} = \oint \delta Q_{\text{rev}} = \oint T dS}$ = aire dans le diag. (T, S)

De même $W = \oint \delta W = \oint -P dV$ = - aire dans le diagramme (P, V)

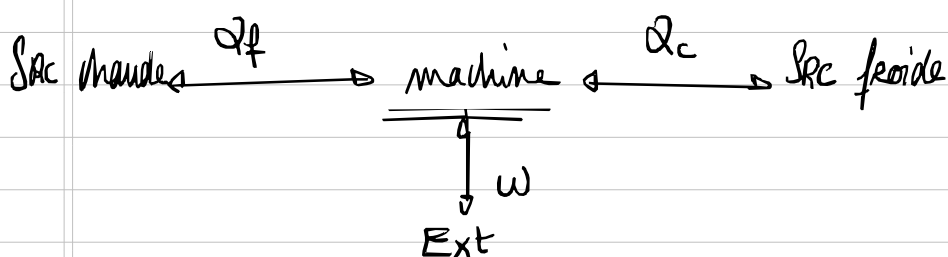
On applique les deux principes à la machine sur un cycle :

$$W + Q = 0 \Rightarrow W = -Q \geq 0$$

Kelvin $\left\{ \begin{array}{l} \text{Un moteur monotherme ne peut (que) recevoir du travail} \\ \text{et céder de la chaleur.} \end{array} \right.$

$$S_e + S_c = 0 \Rightarrow \oint_{\text{frontière}} \frac{\delta Q}{T} = -S_c \leq 0 \text{ (Clausius)}$$

Considérons une machine ditherme :



Le premier principe donne $W + Q_c + Q_f = 0$

Le deuxième principe donne : $\oint \frac{\delta Q}{T} + S_c = 0 \Rightarrow \frac{Q_f}{T_f} + \frac{Q_c}{T_c} = -S_c \leq 0$

$$\text{donc } \frac{Q_f}{T_f} \leq -\frac{Q_c}{T_c}$$

Prenons le cas d'un moteur ($W < 0$, $Q_f < 0$ et $Q_c > 0$)

Le rendement est $\eta \stackrel{\text{def}}{=} \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{payée}}} = \frac{-W}{Q_c}$

$$\text{donc } \eta = \frac{Q_c + Q_f}{Q_c} = 1 + \frac{Q_f}{Q_c} \leq 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

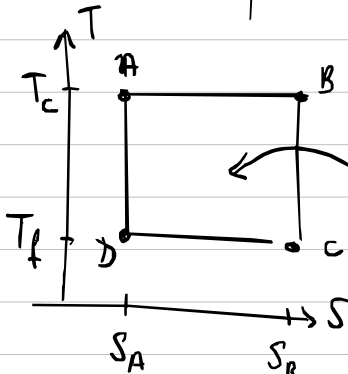
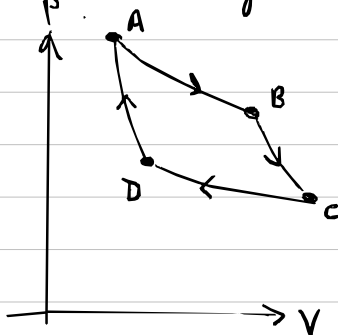
noté η_{Carnot}

d'où le th. de Carnot :

I. Toute machine ditherme a la même efficacité qui ne dépend que de T_f et T_c

II. Aucune machine ditherme réelle n'est plus efficace que son analogue réversible.

Il existe un cycle réversible ditherme optimal : le cycle de Carnot



$$\begin{aligned} Q_c &= T_c \Delta S \\ |Q_f| &= T_f \Delta S \end{aligned}$$

aires

Cycles usuels (à faire)

- * Stirling
- * Beau de Rochas / Otto
- * Otto
- * Diesel
- * Joule / Brayton
- * Rankine