Les machines thermiques à système fluide fermé

P1 – Chapitre 5

I. Définitions

Machine monotherme	Machine en contact avec un seul thermostat.
Thermostat	Système de T constante et qui ne travaille pas. $T_{th} = cte$ $\delta W^{th} = 0$
Ensemble système-thermostat	$\underline{\delta Q^{ensemble} = 0}$ $\underline{\delta Q^{th} = -\delta Q^{sys}}$ $\boxed{dS^{th} = \delta S^{r^{th}} = \frac{\delta Q^{th}}{T^{th}}}$
Cycle	Succession de transformations qui ramènent le système dans son état initial.

II. Les transformations monothermes

Cycle monotherme réversible	Cycle monotherme irréversible
$\boxed{\delta Q^{sys} = \delta W^{sys} = 0}$ $T^{sys} = T^{th}$ Il ne se passe « rien » La transformation est <u>isotherme</u>	$\boxed{\delta Q^{sys} = -\delta W^{sys} < 0}$ $\boxed{\underset{irrev}{W^{sys}_{A\to B}} > \underset{rev}{W^{sys}_{A\to B}}}$ et $\underset{irrev}{Q^{sys}_{A\to B}} < \underset{rev}{Q^{sys}_{A\to B}}$

III. Les machines dithermes

1. Principe

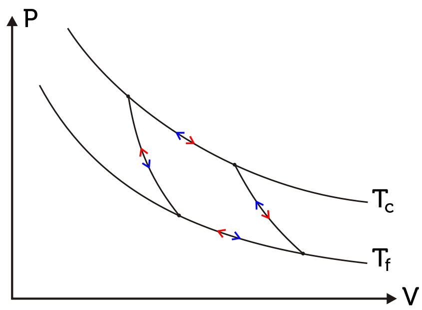
Le système est en contact avec deux thermostats de températures T_c et T_f.

$$\boxed{\Delta U = \underbrace{W}_{W^{r,sys}} + \underbrace{Q_c}_{Q^{r,sys}\text{ venant de } T_c} + \underbrace{Q_f}_{Q^{r,sys}\text{ venant de } T_f} = 0}$$

$$\boxed{S^p + \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0} \quad \text{relation de Clausius}$$

2. Cycle réversible

$$\boxed{W = Q_f\left(\frac{T_c - T_f}{T_f}\right)} \qquad \eta = \left|\frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{financée}}}\right|$$



Cycle de Carnot

3. Cycle de Carnot

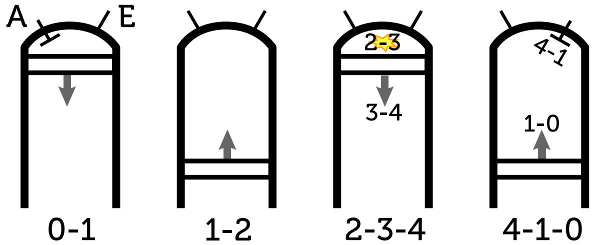
> : Fonctionnement moteur (sens horaire)

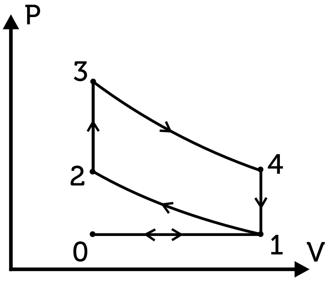
> : Fonctionnement réfrigérateur (sens antihoraire)

4. Fonctionnements

Fonctionnement	Principe	Cycle réversible	Cycle irréversible
Moteur	$Q_c > 0$, M, $W < 0$, $Q_f < 0$	$\eta_{rev} = 1 - \frac{T_f}{T_c} < 1$	$\eta_{irrev} = 1 - \frac{T_f}{T_c} - \frac{T_f \cdot S^p}{Q_c} < \eta_{rev}$
Pompe à chaleur	$Q_c < 0$, M, $W > 0$, $Q_f > 0$	$\eta_{rev} = \frac{T_c}{T_c - T_f} > 1$	$\eta_{irrev} = \frac{1}{1 - \frac{T_f}{T_c} - \frac{T_f \cdot S^p}{Q_c}} < \eta_{rev}$
Réfrigérateur		$\eta_{rev} = \frac{T_f}{T_c - T_f}$	$\eta_{irrev} = \frac{-1}{1 - \frac{T_c}{T_f} - \frac{T_c \cdot S^p}{Q_f}} < \eta_{rev}$

5. Cycle Beaux de Rochas – moteur comb. interne – allumage commandé

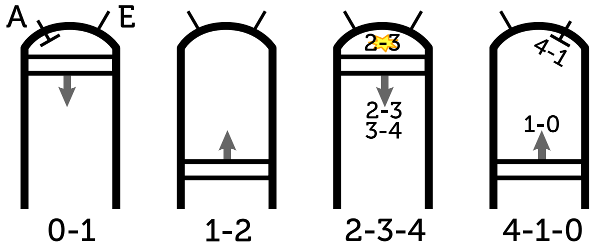


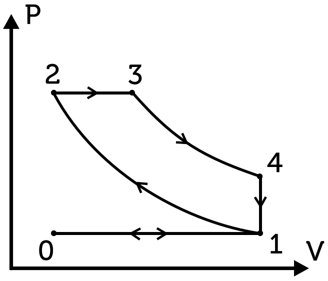


- **0-1 : isobare** La soupape d'admission s'ouvre et le gaz s'engouffre.
- **1-2 : isentropique** Le piston remonte et la pression augmente.
- **2-3 : isochore** Une étincelle provoque la combustion du gaz et une hausse de pression.
- **3-4 : isentropique** Le piston redescend et la pression diminue.
- **4-1 : isochore** La soupape d'évacuation s'ouvre. On retrouve la pression atmosphérique.
- **1-0 : isobare** Le piston remonte, le gaz est évacué.

$$\eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \qquad \eta = 1 - \frac{1}{\alpha^{-\gamma}} \qquad \alpha = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

6. Cycle Diesel – moteur comb. interne – allumage par compression

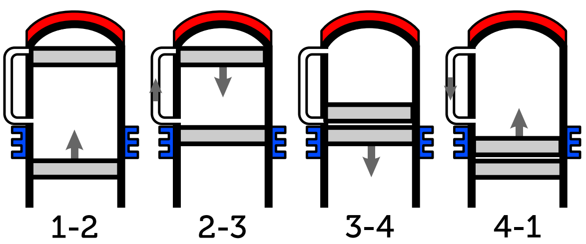


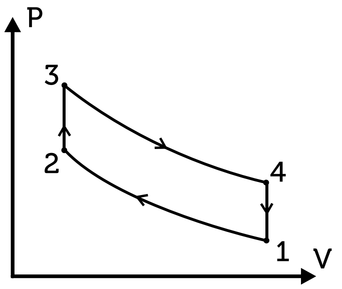


- **0-1 : isobare** La soupape d'admission s'ouvre et le gaz s'engouffre.
- **1-2 : isentropique** Le piston remonte et la pression augmente.
- **2-3 : isobare** Le pression entraine la combustion spontanée du gaz à pression constante.
- **3-4 : isentropique** Le piston redescend et la pression diminue.
- **4-1 : isochore** La soupape d'évacuation s'ouvre. On retrouve la pression atmosphérique.
- **1-0 : isobare** Le piston remonte, le gaz est évacué.

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma}\frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \qquad \eta = 1 - \frac{1}{\gamma}\frac{\beta^{-\gamma} - \alpha^{-\gamma}}{\beta^{-1} - \alpha^{-1}} \qquad \alpha = \frac{V_{max}}{V_{min}} \qquad \beta = \frac{V_{max}}{V_3}$$

7. Moteur Stirling – moteur à combustion externe





- **1-2 : isentropique** Le piston de travail remonte et la pression augmente.
- **2-3 : isochore** Le piston de déplacement descend, le gaz chauffe, sa pression augmente.
- **3-4 : isentropique** Les pistons redescendent et la pression diminue.
- **4-1 : isochore** Le gaz refroidi, la pression diminue, le piston de déplacement remonte.

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$