

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	$\delta Q^{ensemble} = 0$ $\delta Q^{th} = -\delta Q^{sys}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $dS^{th} = \delta S^{rth} = \frac{\delta Q^{th}}{T^{th}}$ </div>
Cycle	Succession de transformations qui ramènent le système dans son état initial.

II. Les transformations monothermes

Cycle monotherme réversible	Cycle monotherme irréversible
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\delta Q^{sys} = \delta W^{sys} = 0$ </div> $T^{sys} = T^{th}$ Il ne se passe « rien » La transformation est <u>isotherme</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\delta Q^{sys} = -\delta W^{sys} < 0$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> $W_{A \rightarrow B}^{sys} > W_{A \rightarrow B}^{sys}$ <i>irrev</i> <i>rev</i> </div> et $Q_{A \rightarrow B}^{sys} < Q_{A \rightarrow B}^{sys}$ <i>irrev</i> <i>rev</i>

III. Les machines dithermes

1. Principe

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

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

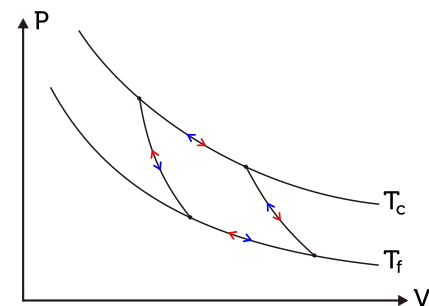
$$S^p + \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0 \quad \text{relation de Clausius}$$

2. Cycle réversible

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

3. Cycle de Carnot

- > : Fonctionnement moteur (sens horaire)
 > : Fonctionnement réfrigérateur (sens antihoraire)



Cycle de Carnot

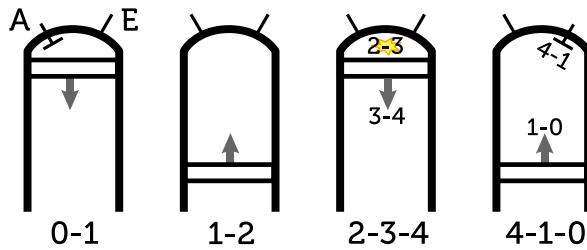
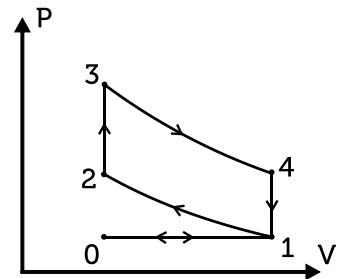
4. Fonctionnements

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

Les machines thermiques à système fluide fermé

P1 – Chapitre 5

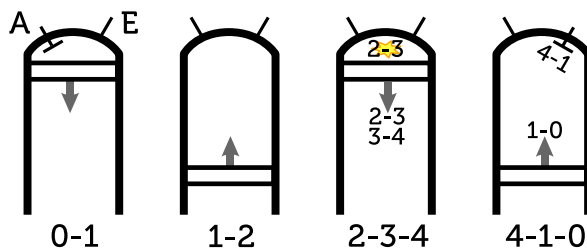
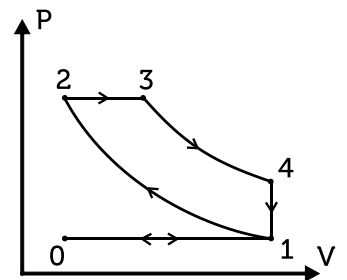
5. Cycle Beaux de Rochas – moteur comb. interne – allumage commandé



- **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.

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

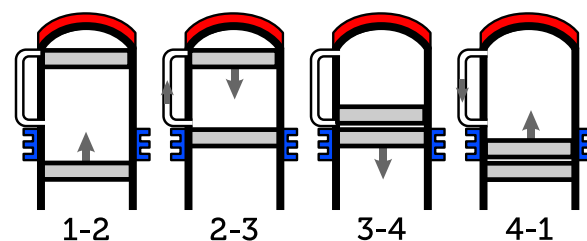
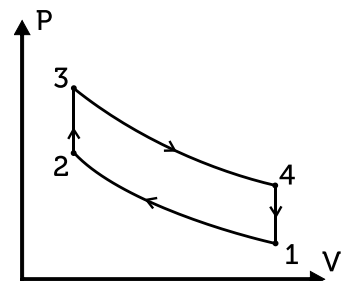
6. Cycle Diesel – moteur comb. interne – allumage par compression



- **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 piston entraîne 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.

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

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.

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