

Formulaire thermodynamique 1^{ère} année

- Cadre d'étude :**

Système fermé : pas d'échange de matière avec l'extérieur

Composition constante : pas de réaction chimique

- Système à l'équilibre :** **Equilibre thermique :** $T_{\text{ext}} = T$ **Equilibre mécanique :** $P_{\text{ext}} = P$

- Premier principe :** $\Delta(U + E_{c,\text{macro}} + E_{p,\text{macro}}) = W_p + W' + Q$

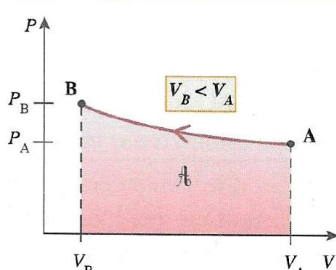
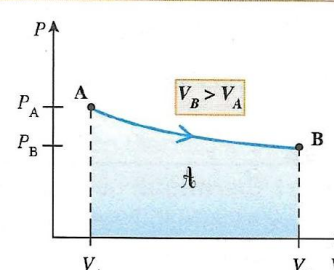
si le système est macroscopiquement au repos sans échanger d'autre travail que celui des forces pressantes, le premier principe devient :

$$\Delta U = W_p + Q$$

- Travail des forces pressantes :** $W_p = \int -P_{\text{ext}} dV$

Transformations entre un état A (P_A, T_A, V_A) et un état B (P_B, T_B, V_B)

Représentation dans un diagramme de Clapeyron :

Diagramme de Clapeyron		
Signe du travail	$W_{A \rightarrow B} = -\int_{V_A}^{V_B} P dV = \mathcal{A} > 0$	$W_{A \rightarrow B} = -\int_{V_A}^{V_B} P dV = -\mathcal{A} < 0$
Conséquence	Le système subit une compression → il reçoit du travail.	Le système subit une détente → il fournit du travail.

Cas des transformations usuelles :

Nature de la transformation	Travail des forces pressantes
Isochore ($V = \text{cste}$)	$W_p = 0$
Monobare ($P_{\text{ext}} = \text{cste}$)	$W_p = -P_{\text{ext}} \times (V_B - V_A)$
Isobare ($P = P_{\text{ext}} = \text{cste}$)	$W_p = -P \times (V_B - V_A)$
Isotherme ($T = T_{\text{ext}} = \text{cste}$) à l'équilibre mécanique ($P = P_{\text{ext}}$) pour un GP	$W_p = -nRT \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) = nRT \ln\left(\frac{P_B}{P_A}\right)$

- Expressions de la variation de l'énergie interne :**

Phase condensée : $\Delta U = C \Delta T$ Gaz parfait (1^{ère} loi de Joule) : $\Delta U = C_V \Delta T = n \frac{R}{\gamma-1} \Delta T$

- Enthalpie :** $H = U + PV$

Transformation monobare, d'un système macroscopiquement au repos ($\Delta E_c = 0$ et $\Delta E_p = 0$), à l'équilibre mécanique avec l'extérieur à l'état initial ($P_i = P_{\text{ext}}$) et à l'état final ($P_f = P_{\text{ext}}$) :

$$\Delta H = Q + W'$$

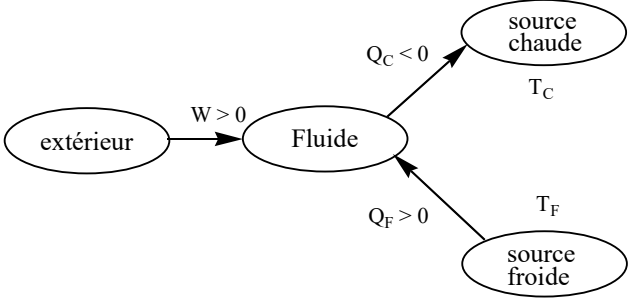
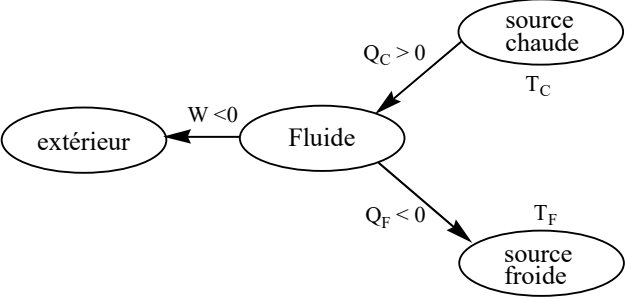
si le système n'échange pas d'autre travail que celui des forces pressantes :

$$\Delta H = Q$$

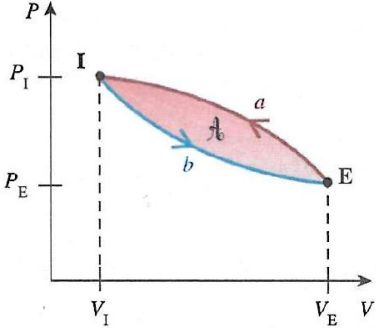
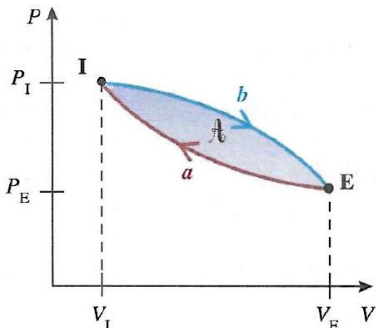
- Expressions de la variation de l'enthalpie :**

Phase condensée : $\Delta H = \Delta U = C \Delta T$ Gaz parfait (2^{de} loi de Joule) : $\Delta H = C_p \Delta T = n \frac{R\gamma}{\gamma-1} \Delta T$

- Application du 1^{er} principe aux machines thermiques cycliques dithermes :

RÉCEPTEUR  Efficacité : pompe à chaleur : $e = \frac{-Q_C}{W} \leq e_{max} = \frac{T_C}{T_C - T_F}$ machine frigorifique : $e = \frac{Q_F}{W} \leq e_{max} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$	MOTEUR  Rendement : $\eta = \frac{-W}{Q_C} \leq \eta_{max} = 1 - \frac{T_F}{T_C}$
Bases de la démonstration pour obtenir les expressions de $e \leq e_{max}$ et $\eta \leq \eta_{max}$: Sur un cycle : $\Delta U = W + Q_C + Q_F = 0$ Sur un cycle (inégalité de Clausius) : $\frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_F}{T_F} \leq 0$	

Représentation dans un diagramme de Clapeyron d'un cycle récepteur et d'un cycle récepteur

Diagramme de Clapeyron		
Sens de parcours	trigonométrique	horaire
Signe du travail	$W_{cycle} = \oint a > 0$	$W_{cycle} = -\oint b < 0$
Conséquence	Cycle récepteur : le système reçoit du travail.	Cycle moteur : le système fournit du travail.